GEORGES IFRAH

Hesabın Destanı



VIII

RAKAMLARIN EVRENSEL TARİHİ

TÜBİTAK



İllüstrasyon *Aytaç Kaya*

RAKAMLARIN EVRENSEL TARİHİ -VIII-

HESABIN DESTANI

Georges Ifrah

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları 123

Hesabın Destanı

RAKAMLARIN EVRENSEL TARİHİ -VIII-

Georges Ifrah

Çeviri: Kurtuluş Dinçer

Lizzie Napoli'nin çizimleri [şekil 1.30-1.36, şekil 2.10] dışında, bu yapıtta bulunan bütün açıklayıcı resimler, levhalar, kaligrafiler -gravürlerin, resimlerin ve belgelerin yeniden çizimleri dahil- yazarın kendisince yapılmıştır.

Histoire Universelle Des Chiffres

L'intelligence Des Hommes Racontée Par Les Nombres Et Le Calcul

© Editions Robert Laffont, S.A., Paris, 1994

© Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, 1995

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitaplarının Seçimi ve Değerlendirilmesi TÜBİTAK Yayın Komisyonu Tarafından Yapılmaktadır

ISBN 975-403-037-5

ISBN 975-403-182-7

1. Basım Mayıs 2000 (5000 adet)

Yayın Yönetmeni: Sedat Sezgen

Teknik Yönetmen: Duran Akca

Grafik Tasarım: Ödül Evren Töngür

Uygulama: Nurcan Öztop

TÜBİTAK

Atatürk Bulvarı No: 221 Kavaklıdere 06100 Ankara

Tel: (312) 427 33 21 Faks: (312) 427 13 36

e-posta: kitap@tubitak.gov.tr

İnternet: kitap.tubitak.gov.tr

Atılım Kâğıt Ürünleri ve Basım San. A.Ş. - İstanbul

GEORGES IFRAH

Hesabın Destanı

ÇEVİRİ
Kurtuluş Dinçer

VIII

RAKAMLARIN EVRENSEL TARİHİ

TÜBİTAK POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

Fransız Kültür Bakanlığı'na
katkıları nedeniyle
teşekkür ederiz.

İçindekiler

İkinci Kısım
Çakıl Taşlarından Bilgisayara Hesabın Destanı 1

28. Bölüm 3
Aritmetik Hesabın, Yazıların ve Sayısal Gösterimlerin Tarihi (Genel Özet)

29. Bölüm 63
Aritmetikten Cebire ya da Tekilden Ortaklaşaya

30. Bölüm 69
Matematiksel Hesabın Tarihi

31. Bölüm 81
İkili Hesabın ve Ondalık Olmayan Dizgelerin Tarihi

32. Bölüm 91
Başlangıcından Bilgisayarların Ortaya Çıkışına Dek Yapay Hesabın Tarihi

İkinci Kısım

Çakıl Taşlarından Bilgisayara Hesabın Destanı

28. Bölüm
Aritmetik Hesabın, Yazıların ve Sayısal Gösterimlerin Tarihi (Genel Özet)

Yazının tarihi ile yazılı sayılamanın tarihi arasında açık bir koşutluk vardır.

Bunun ilk nedeni, eklemli ya da sayısal dili kayda geçirmeyi sağlayan dizgeler olarak iki icadın da insanın varoluşunu allak bullak etmiş olmasıdır.

İkinci neden, yazının ve sayısal gösterimin, ileri bir toplumsal grup içinde yaşayan her bireyin duyduğu bir gereksinimi, özü gereği uçucu olan insan düşüncesini görsel olarak betimleyip kalıcı hale getirme gereksinimini tamamen karşılamasıdır.

Üçüncü neden, bunların her birinin, herkese geçip gitmiş bir ya da birçok sözün yahut daha önce gerçekleştirilmiş bir ya da birçok hesabın, sayının kalıcı bir tanığını saklama olanağını veren eşsiz bir anlatım ve sürekli iletişim aracı olmasıdır.

Öncekilerden çok daha önemli olan son neden ise (Ch. Higounet'nin sözlerini kullanırsak), ikisinin de doğrudan doğruya fikirler dünyasına girmeyi, düşünceyi *kavramayı, düşünceyle uzay ve zamanda* yolculuk yapmayı sağlamasıdır. Dahası, ikisi de, düşünceyi her an saklayıp yeniden canlandırarak disipline sokar, kopya ederek düzenler.

Rakam ile harfin (özellikle yazılı sayılamada im olarak alfabetik harflerin kullanıldığı çağda) kimi zaman aynı kılığa bürünmesi dışında, alfabe ile konumlu sayılama arasında başka bir yakınlık daha vardır.

Çünkü, tıpkı alfabetik bir yazıda bir dilin tüm sözcüklerinin çok sınırlı sayıda harfle yazılabilmesi gibi, tam sayılar da 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0 biçimindeki on rakamımızla betimlenebilir.

Yazının tarihi ile sayısal gösterimin tarihinin son aşamasını temsil eden ve modern insanın en güçlü düşünsel donanımları arasında bulunan bu iki büyük keşif arasındaki benzerlik kesin olarak ortaya konmuştur.

Ne ki koşutluk burada bitmez. Gerçekten, her sayısal gösterim, yüzyıllar boyunca, uyarlandığı dilin ya da geleneklerin kendine özgü özelliklerine uyarak ya da bölgesel yazmanların alışkanlıklarına ve kullanılan yazı malzemelerine boyun eğerek, yazının evrimine çok benzer bir evrim geçirmiştir.

Bundan ötürü, bu özette ele aldığımız aritmetik hesabın ve sayısal gösterimlerin tarihine koşut olan bu tarihin art arda gelen aşamalarını izlemek bize ilginç göründü. Ancak daha açık olsun diye bunları aşağıda bir (E) ile işaretleyeceğiz.

Bununla birlikte, yazı ile sayısal gösterim arasında kökten bir yapısal fark vardır. *Yazının* olması için, onun dizgesini oluşturan imlerin, düşüncenin kendisinden çok daha fazla, sözlü bir dile göndermede bulunması gerekir. Başka deyişle, onu konuşturmak için dizgeli bir çaba gerekir; çünkü, J. G. Fevrier'nin tanımına göre, "yazı, insanın çok belirli anlamları olan ve bir dili temsil eden uylaşımsal imler kullanarak iletişimini sağlayan bir dizgedir; bu imler iletilebilir ve alınabilir, iki dinleyici tarafından aynı şekilde anlaşılır ve sözlü dilin sözcüklerine bağlanır".

Buna karşılık, *sayısal gösterimin* olması için, söz konusu dizgenin sözlü bir sayılamayla bağlantılı olması mutlaka gerekli değildir, çünkü zihinsel sayım işlemi hiçbir sözlü anlatım olgusuna bağlı değildir: Tek bir sözcük söylemlemeden, hattâ düşünmeden istenen bir sayıya ulaşılabilir; bunun için "işmarlı bir sayı dili" yaratmak yeterlidir. Zaten insanlık *sayı adlarını* icat etmeden ve deyim yerindeyse, sesin tınısını somut ya da soyut nicelikleri ölçmenin gerçek bir âleti haline getirmeden önce böyle "sayısal dillerden" geçmiştir (bkz. 1. Bölüm).

Yazı karakterleri eklemli bir dile göndermede bulunduğu halde, sayısal bir gösterimin imleri sözlü bir dilin seslerinden çok daha fazla yapılanmış bir düşüncenin ve ruh durumunun öğeleriyle ilişkilidir. Gerçi bu düşünce kendi başına bir dil (tam olarak sayıların dili) oluşturur, ama edinilmesi herşeyden önce ayrı ayrı birimler kavramının tasarımlanmasını ve bunların bireşimini yapma yetisini gerekli kılan bir dil söz konusudur. Bu, sayısal kavramları, düşünmenin türsel geri dönüş ilkesine bağladığı düşünceye uygun olarak, değişmez bir ardıllık sırası içinde düzenleyen ve sayıları birinci basamağın birimleri, ikinci basamağın birimleri... denen ardışık eşiklerle bölmeyi sağlayan bir ölçek (ya da "taban") kullanan bir dildir. Başka deyişle, çizgesel imlerin bir *yazılı sayılama dizgesi* oluşturması için, ilkin, bu imlerin, on-

ları kullanan zihince art arda biribiri içine geçen sıradüzenli bir dizge olarak kavranabilecek şekilde düzenlenmiş olması; ikincileyin, işlevi bir üst basamağın bir birimini oluşturmak için belli bir basamak içinde öbeklenmesi gereken birimlerin sayısını belirtmek olan, önceden belirlenmiş sabit bir sayının varolması gerekir (buna, söz konusu dizgenin *tabanı* denir (bkz. 2. Bölüm).

Özetle, sayısal bir gösterim, insanın çok belirli bir anlamı olan ve sayısal bir dili temsil eden uylaşımsal imler kullanarak iletişimini sağlayan çok özel bir dizgedir; (*rakam* denen) bu imler iletilebilir ve alınabilir, iki dinleyici tarafından aynı şekilde anlaşılır ve hem *geri dönüş ilkesiyle* hem de *taban ilkesiyle* yönetilen düşünsel bir yapıya uygun olarak doğal tam sayılar dizisinin ardışık terimlerine bağlanır.

Elbette, ilk yazılı sayılamanın doğuşundan bu yana geçen 5000 yıl boyunca, insanlar tek bir tip dizge düşünmüş değildir. Ama, 23. Bölümde yaptığımız, düşünsel bakımdan konuşuldukta, uzaklığın ve zamanın neredeyse mutlak olarak biribirinden ayırdığı dizgelere yaklaşmamızı sağlayan *Tarihin Yazılı Sayılamalarının Sınıflanışı*'nın gösterdiği gibi, bu sayısal gösterimler sınırsız sayıda olmamıştır.

Bu bölümün sonunda, söz konusu her sayılamanın matematiksel yapısını özetle ortaya koymak ve bütün gerekli karşılaştırmaları yapma olanağını sağlamak üzere, bu sınıflamanın başlıca sonuçlarını, bireşimsel olarak, art arda çizelgeler biçiminde yeniden öbekleyeceğiz.

Bundan ötürü, bu çizelgedeki dizgeler salt zamandizinsel bir sırayla değil, deyim yerindeyse, tarihin çeşitli yazılı sayılamalarını en ilkel biçiminden başlayıp en gelişmişine kadar uzanan bir evrime göre ele almayı sağlayan mantıksal-zamandizinsel bir sırayla biribirini izlemektedir.[1]

Bu sınıflama, tarihin çeşitli sayısal gösterim dizgelerinin gerçekte her biri birçok alt türe ayrılan üç büyük kategoriye bölündüğünü ortaya koymaktadır (Şek. 28.40):

A. *Toplamalı sayılamalar kategorisi:* Toplama ilkesine dayanan, her rakamın betimlemelerdeki konumundan bağımsız, kendine özgü bir değer taşıdığı sayılamalar (Şek. 28.14-28.16). Bunlar aslında çok daha arkaik olan somut saymanlık dizgelerinin yazılı çevriyazılarından başka birşey değildir (Şek. 28.12-28.13).

B. *Melez Sayılamalar Kategorisi:* Betimlemelerde toplama ile çarpmayı birarada kullanan, karışık bir ilkeye dayalı sayılamalar (Şek. 28.28-28.32). Bunlar aslında az çok iyi düzenlenmiş sözlü sayılamaların yazılı çevriyazılarından başka birşey değildir (Şekil. 28.20-28.27).

C. Son olarak *konumlu sayılamalar kategorisi:* Rakamların değerlerinin sayıların yazılışındaki konumlarıyla belirlenmesi ilkesine dayanan (Şek. 28.33-28.36) ve sıfır kullanmayı gerektiren sayılamalar (Şek. 28.37). Bundan ötürü bunlar bu alandaki en son soyutlama derecesine işaret eder, dolayısıyla da sayısal gösterimin son aşamasını oluşturur (Şek. 28.38 ve 28.39).

Bu bölümün çizelgelerinde A, B ve C harfleri sırasıyla toplamalı sayılamaları (A kategorisi), melez sayılamaları (B kategorisi) ve konumlu sayılamaları (C kategorisi) gösterecektir. Bunlara eşlik eden rakamlara gelince, onlar da ilgili alt kategorileri (A1: birinci türden toplamalı sayılamalar, B2: ikinci türden melez sayılamalar...) belirtecektir.

Böylece bu sınıflama bugünkü yazılı sayılamamızın[2] gerçek kilit taşını daha iyi görmemizi, bununla da bu yetkin sayılamanın icadından sonra artık sayıların gösteriminde hiçbir gelişmenin gerekli de olanaklı da olmadığını anlamamızı sağlayacaktır: Bu yetkin sayılama onbeş yüzyılı biraz aşkın bir süre önce, üç büyük fikrin olmayacak bir biçimde biraraya gelmesiyle (yani iyi tasarlanmış, konum ilkesine uydurulmuş ve işlevi yalnız belli bir basamağın birimlerinin olmadığını belirtmek değil, yok sayısını da dile getirmek olan bir sıfır imiyle tamamlanmış rakamlar) Hindistan'da doğmuştur.

Böylece bu çeşit bir zaman mantığı insanlık kültürünün derin birliğine açık bir tanıklık oluşturur.

Zaten, ardıllığı yine bu sınıflamanın kendine özgü mantıksal ve matematiksel yapısıyla bozulmuş bulunan, zamanın kendisinin ortaya koyduğu bir sıra söz konu değildir.

Böyle bir sunuş, gerçekte yalnız söz konusu uygarlıkların her birine özgü zinciri değil, ayrıca ve özellikle bir kültürün bir kavramının başka kültürlere aktarım zincirini ve bu tarihte hem üst üste yığılmalara hem de biribirini aşmalara neden olan olguların gerçek zamandizinini gözden uzak tutmaktadır. Çünkü, bu alanda kimi kültürler her çağda kimilerine göre çok önde olmuştur. Gerçekten, biliyoruz ki, kimi halklar yetersiz sayılamaları tarihleri boyunca korumuş, bunu da kendi ilk dizgelerine hapsoldukları için ya da tutuculukları onları yine kötü tasarlanmış geleneksel dizgelere bağlayarak kaçınılmaz bir biçimde engellediği için yapmışlardır.

Dolayısıyla zamandizinsel bir özet de gerekmektedir ve mantıksal-zamandizin anlayışını olabildiğince koruyacak olan aşağıdaki

çerçeveli sayfaların amacı tam olarak budur. Öte yandan, şekil 28.41'de tarihin çeşitli dizgelerinin sınıflanmasıyla ortaya çıkan ardıllığı bunların "görülüşlerinin" zamandizinsel sırasıyla karşılıklılık içine sokan bir çizelge, şekil 28.42'de ise bunun tersini yapan bir çizelge görülecektir.

Dolayısıyla, aşağıdaki zamandizinsel kilometre taşları, ilk amacı daha önce gerçekleştirilmiş hesaplardan ya da sayımlardan çıkan sayıları betimlemek ve insan belleğinin bu eksikliğini gidermek olan çizgesel bir gösterimin tarihini izlemeye izin verecektir.

Bu bölümde ayrıca aritmetik tarihinin başlıca aşamalarını, yani parmakların ve çakıl taşlarının kullanımıyla başlayıp çok renkli iplerin, boncukların, jetonlu tablaların ve mumlu ya da tozlu çörkülerin kullanımından geçen, sonunda bugünkü konumlu sayılamanın ve sıfırın keşfi sayesinde sayısal gösterime ulaşan yazılı sayılamanın tarihine koşut bir evrimi göreceğiz.

Son olarak, *görülüş* sözcüğünün aşağıdaki çizelgelerde kazıbilimin, epigrafinin, paleografinin ... yaptığı tarihlemelere karşılık geldiğini belirtelim. Başka deyişle, bu sözcük kesinlikle bir icadın ya da keşfin gerçekleştiriliş tarihini belirtmemektedir. "X dizgesinin ya da Y kavramının görülüşü" deyiminden her zaman "X dizgesinin ya da Y kavramının varlığını gösteren, bugün bildiğimiz ilk belgenin ya da belgelerin tarihi"ni anlayacağız. Bu alanda mutlak kesinlik olmadığı için de bu tarihler hep yaklaşık olacak.

Bir icadın ya da bir keşfin "tam tarihi" ile onun halka yayılış tarihi arasında da açık bir ayırım yapılması gerekmektedir. Bunun da bugün bilinen ilk tanıkların tarihinden ayırılması gerekecektir.

Gerçekten, bir keşif yaygınlaşmasından birçok kuşak önce gerçekleştirilmiş olabilirler, bu yaygınlaşmanın tarihi ile bizim bugün bildiğimiz en eski tanıklarının tarihi arasında belli bir fark bulunabilir. Bunun da birçok nedeni vardır: Ya söz konusu keşif uzun süre ona tekel olarak sahip olmak isteyen kapalı bir tarikatın, az sayıda seçkin ve kıskanç uzmanın elinde hapsolup kalmış ya kabul edilen tarihten önceki belgeler zamanın karanlığında yok olup gitmiş ya da bu belgeler henüz uykularından uyandırılmamıştır. Kısacası, yeni kazıbilimsel keşifler aşağıda varılan sonuçları ve şemaları her zaman değiştirebilir.

ZAMANDİZİNSEL KİLOMETRE TAŞLARI

? İnsanoğlu, evriminin başlangıcında, henüz *sayı kavramının sıfır derecesindedir*. Doğrudan bir algının bir bakışta tanımayı sağladığı şeyle sınırlı olan bu kavram insan zihninde kendisiyle doğrudan ilişkili nesnelerin doğasının ayrılmaz somut gerçekliği gibi bir görünüm kazanır [3] (bkz. 1. Bölüm).

? İnsanoğlu, gereksinimlerinin zoruyla ve eylemi ile düşünmelerinin yardımıyla, yavaş yavaş gittikçe daha büyük sayıda sorunu çözmeyi öğrenir (bkz. 1. Bölüm). Dörtten büyük niceliklere ulaşmak söz konusu olduğunda, güçlükten kurtulmak için, en azından bir noktaya kadar, o anın gerekleri için kimi doyurucu sonuçlar elde etmesini sağlayan belli sayıda *somut yöntem* geliştirir (bkz. 1. Bölüm). Öğe öğe karşılıklılık ilkesine dayanan bu yöntemler arasında insan için çok yalın ve her an anlaşılabilir birleştirme-modelleri oluşturan, giderek ilgili işmarları yaparken eklemli bir dilde dile getirmeyi öğrendiği *parmak* ve beden teknikleri vardır (bkz. 1. Bölüm).

? Bedenin parçalarının sayılması, somut sayım dizgesi olarak ilk sırası içinde bir kez benimsendi mi, alışkanlığın zoruyla, farkına varılmadan, yarı somut yarı soyut bir hale gelir ve sayıların, özellikle de ilk sayıların adları zihinde zayıf bir biçimde bedenin parçalarının betimlemelerini, güçlü bir biçimde de, varlıklara ya da nesnelere uygulanabilir olması için ötekilerden ayrılması gereken belli sayının kavramını çağrıştırmaya başlar (bkz. 1. Bölüm).

? Simgenin kendisi ile insanın çoktandır kullandığı nesnenin ya da imgenin adının biribirinden ayrılması gereği insanı zamanla önemli bir ayırım yapmaya götürür ve sonunda ikisi arasındaki gerçek bağ bellekten silinir. İnsanoğlu bundan böyle yavaş yavaş sayıları soyutlama yoluyla saymayı ve düşünmeyi öğrenir (bkz. 1. Bölüm). Özellikle, eklemli dili kullanmayı öğrendikçe, sesler giderek kendileri için yaratıldıkları nesnelerin yerini alır. *Doğal ardıllık* kavramı insan zihnine her gün biraz daha fazla yerleştiğinden, somut modellerin türdeş olmayan kümeleri, sözlü ya da yazılı olmadan önce işmarlı olacak olan yapılanmış bir gerçek dizgenin soyut biçimini kazanır. Sayı adları keşfedilince, dizge sözlü ya da "konuşulur" hale gelecektir: Bu da bundan böyle belleğin ve alışkanlığın *sayı adları* olan bu soyutlamalara somut bir biçim vermesini sağlayacaktır. Çok daha sonra, aynı işlem biçimi "yazılı" dizgeleri doğuracaktır: Bu ise her çeşit çizgesel imi (kazınmış, çizilmiş ya da boyanmış çizgiler, kil ya da taş üzerine oyma işaretler, betimleyici imler...) ortaya çıkaracaktır (bkz. 2. Bölüm).

? Sayıları simgeleştirme sorununu etkili bir biçimde çözmek için, insanoğlu bir sayılama dizgesinin *taban* ilkesini (ondalık taban tarih boyunca en yaygın olanıdır) icat eder. Her yolu ve her nesneyi (elin parmaklarını, çakıl taşlarını,

boncukları, çubukları...) kullanarak yavaş yavaş *hesabın* ve aritmetiğin işlemlerinin soyutlamasına ulaşır (bkz. 2-7. Bölümler).

- **35 000/-20 000**. Sayı kavramına malzeme olarak hizmet etmiş olup bugün bilinen en eski kazıbilimsel nesneleri oluşturan, Tarihin ilk *kertikli kemiklerinin* görülüşü. Bunlar, tam amacını bilmesek de, sayılara yüklenmiş gerçek çizgesel betimlemelerdir.
- **20 000.** [E]. Avrupa'da ilk *kaya resimlerinin* görülüşü: Bunlar, kazınmış, boyanmış ya da çizilmiş çizgilerle yapılan, insan düşüncesinin bilinen en eski betimlemelerini oluşturan resimler arasındadır.
- **IX/-VI. binyıllar.** [E]. Anadolu'da (Beldibi), Mezopotamya'da (Asiab Tepe), İran'da (Ganj Dareh Tepe), Sudan'da (Hartum), Filistin'de (Eriha) ve Suriye'de aynı zamanda çeşitli boy ve geometrik biçimlerde (koniler, diskler, küreler, bilyalar, çubuklar, dörtyüzlüler...) küçük *kil jetonların* görülüşü. Bunların kimilerinin üzerinde koşut, kesişen çizgiler ve başka desenler bulunurken kimileri de her çeşit varlığı ve nesneyi (hayvan başları, testiler...) betimleyen yontulmuş şekillerle süslenmiştir. Yaratıcıları ve kullanıcıları için kesinlikle belli bir anlamı olan bu kabartma betimlemeler kuşkusuz simgesel düşüncenin bir ilerlemesine tanıklık etmektedir. Bununla birlikte, bunların dizgeli olarak oluşturulmuş öğeler olup olmadığını, bu aşamanın insan düşüncesinin salt simgesel dizgeli anlatımı ile eklemli dilin salt biçimsel anlatımı arasında ara aşamalardan birine karşılık gelip gelmediğini bilmiyoruz (bkz. 10. Bölüm).
- **IX/-II. binyıllar**. Anadolu ile Filistin'den İran ile Mezopotamya'ya, Suriye'den Sudan'a dek Yakın Doğu halkları, hesaplarını koniler, küreler, bilyalar, çubuklar ve başka küçük kil nesneler *(calculi)* kullanarak yaparlar. Bu nesneler bir sayılama dizgesinin ardışık birim basamaklarını simgeler. Bu çeşit dizgeler, IV. binyılın ikinci yarısından başlayarak, yalnız yazılı saymanlığın değil, belli bir ölçüde, Sümer ve proto-Elâm rakamlarının çizgesel biçimlerinin de kökeninde bulunan çok gelişmiş bir biçim altında, Elâm'da ve Sümer ülkesinde de görülecektir (bkz. 10. Bölüm ve 12. Bölüm).
- **VI./-V. binyıllar.** [E]. Yakın Doğu'da çizimlerle, resimlerle süslü ilk *seramiklerin* ya da pişmemiş (yahut pişmiş) kil üstüne ilk baskıların görülüşü. Bunlar elbette simgesellik taşıyan görsel betimlemelerdir, ama tam anlamını ve amacını bilmiyoruz.
- **VI./-V. binyıllar.** [E]. Küçük Asya'da (Çatalhöyük), sonra da Mezopotamya'da ilk *damga-mühürlerin* (kil gibi yumuşak bir malzeme üzerine kabartma bir baskı yapmayı sağlayan nesneler) görülüşü.
- **IV. binyıl** (?). Sümerler 60 tabanlı sözlü bir sayılama geliştirir (bkz. 8. Bölüm ve 9. Bölüm). Bu taban, Babilliler, sonra da Yunanlılar ve Araplar aracı-

lığıyla, saatler, dakikalar ve saniyeler halinde zamanın, dereceler, dakikalar ve saniyeler halinde yayların ve açıların dile getirilişinde, bize aktarılacaktır.

- **3500.** [E]. Elâm'da ve Mezopotamya'da ilk *silindir-mühürlerin* görülüşü. Bunlar az çok değerli taştan yapılmış, üzerinde oyulmuş bir simgesel imge bulunan küçük silindirlerdir. Belli bir toplumsal konumu bulunan her kişinin sahip olduğu silindir-mühür taşıyıcısının kişiliğini temsil eder, onunla birlikte her türlü iktisadî ve hukuksal etkinliklere girer. Mühür sahibi, imza ya da mülkiyet damgası olarak, onun üzerindeki motifi, silindiri kendi çevresinde döndürerek kil nesnelere işler. (Bu farklı motiflerin sözcüğün tam anlamıyla bir "yazı" olmadığını belirtelim: Bunlar daha çok her türlü yoruma açık bir simgesellikten gelen betimlemelerdir.)
- **3300/-3200.** Bugün bilinen en eski yazılı sayılama dizgeleri olan Sümer rakamları ile proto-Elâm rakamlarının aynı zamanda görülüşü (bkz. 8. Bölüm ve 10. Bölüm).
- **3200/-3100.** [E]. Bugün bilinen en eski yazı olan *Sümer yazısının* imlerinin görülüşü. Bunlar gerçekte kil tabletlerde gördüğümüz, işlevi galiba iktisadî olan ve çeşitli varlıkları ya da nesneleri temsil eden resim-yazı imleridir. Bununla birlikte bu dizge henüz sözcüğün tam anlamıyla bir "yazı" değildir, çünkü bu imler eklemli bir dilin çeşitli öğelerinden çok simgesel bir dilin anlatımıyla ilgilidir. Bu aşama, *fonetik hale gelen çeşitli dilbilgisel öğeleri dile* getiren Sümer dizgesinin sözlü dile bağlandığı M.Ö. III. binyılın başından itibaren aşılacaktır (bkz. 8. Bölüm).
- **3000.** [E]. (Eski İran'da) *proto-Elâm* yazısının imlerinin görülüşü (bkz. 10. Bölüm).
- **3000/-2900.** [E]. *Mısır hieroglif yazısının* imlerinin görülüşü (bkz. 14. Bölüm).
- **3000/-2900.** Mısır hieroglif sayılamasının görülüşü (bkz. 14. Bölüm).
- **2700.** [E]. Sümerlerin kil tabletleri üzerinde *çiviyazısı karakterlerinin* (köşeli ve çivi biçimindeki imlerin) görülüşü (bkz. 8. Bölüm).
- **2700.** Sümer çivi yazısı rakamlarının görülüşü (bkz. 8. Bölüm).
- **2700/-2300.** Sümerler aritmetik işlemlerinde *çörküyü* keşfederek eski *calculi*'lerin kullanımını terk eder. Çörkü, önceden çizilmiş art arda sütunların altmışlı dizgenin ardışık birimlerinin sınırlarını çizdiği bir "çizelgedir" ve üzerindeki küçük bilyalar ya da saz yongaları her türlü hesabı yapmayı sağlar (bkz. 12. Bölüm).
- **2600/-2500.** [E]. *Mısır hieratik yazısının* (hieroglifin, el yazmaları üzerinde hızlı gösterimin gerekleri için onunla birarada kullanılan kısaltılmış işlek biçimi) görülüşü (bkz. 14. Bölüm).

- **2500.** Mısır hieratik rakamlarının görülüşü (bkz. 14. Bölüm).
- **2350.** [E]. Mezopotamyalı Sâmiler kendi yazılarını kayda geçirmek için Sümerlerin çivi yazısı karakterlerini alır: *Akad yazısı* böyle doğar; buradan da Babil ve Asur yazıları çıkacaktır.
- **2350.** [E]. Ebla'da (Suriye'de, Halep'in güneyindeki Tell Mardih'te yerleşik bir Sâmi krallığının başkenti) kil tabletler üzerinde yazının görülüşü: Bu yazı, Ugaritçeye, Fenikeceye ve İbraniceye yakın bir Batı Sâmi lehçesini kayda geçiren bir çivi yazısıdır.
- **2300.** [E]. İndüs vadisinde, Mohenjo-Daro'da ve Harappâ'da (bugünkü Pakistan) proto-*Hint yazısının* görülüşü. Bu, eski İndüs uygarlığının (- XXV./XVIII. yüzyıllar) yazısıdır. Bu yazıyı asıl Hint dili ve yazısıyla yazılmış ilk metinlerden ayıran iki bin yılı aşkın bir kopukluk vardır. Bu boşluğun, eğer kapatıldıysa, nasıl kapatıldığı henüz bilinmiyor.
- **III. binyıl sonu.** Mezopotamyalı Sâmiler öncellerinin yarattığı çivi yazısı sayılamasını yavaş yavaş ondalık bir tabana uyarlarlar (bkz. 13. Bölüm). Bu dizge bundan böyle günlük kullanımda Sümer altmışlı dizgesinin yerini alacaktır (ama Sümer kökenli 60 tabanı Babil bilginlerinin konumlu dizgesinde korunacaktır). Aynı zamanda Sâmiler eski Sümer çörküsünün tasarımını da kökten bir biçimde değiştirirler: Bilyalar ya da ağaç yongaları kullanmak yerine, çivi yazısı rakamlarını birim basamaklarının sınırlarını çizen ardışık sütunların içine yazarlar; böylece hesaplar artık işlemlerin ara sonuçlarını elde ettikten sonra art arda silme yoluyla yapılır (bkz. 13. Bölüm).
- **2000/-1660.** [E]. Girit'te (Knossos ve Mallis sitlerinde), büyük bir olasılıkla saymanlık belgeleri olan belli sayıda paralelyüzlü kalıp ve kil tablet üzerinde, *Minos uygarlığının hieroglif yazısının* görülüşü (bkz. 15. Bölüm).
- **2000/-1660.** Girit hieroglif rakamlarının görülüşü (Minos uygarlığı; bkz. 15. Bölüm).
- **1900.** [E]. Girit'te (Haghia Triada, Mallia, Phaestos, Knossos sitlerinde), kuşkusuz çeşitli dökümlerin sonuçlarını taşıyan kil tabletler üzerinde, Minos uygarlığının "doğrusal A" denen yazısının görülüşü. Pek özensiz çizgeleri olan bu yazı yalnız yönetim birimlerinde değil, tapınaklarda ve ola ki evlerde de yaygındır.
- **1900.** "Doğrusal A" denen Girit rakamlarının görülüşü (Minos uygarlığı; bkz. 15. Bölüm).
- **1900/-1600.** [E]. Mezopotamyalı Sâmilerin çivi yazısı yavaş yavaş Sümer yazısının yerini alır, Yakın Doğu'ya yayılır ve mühürdarların yazısı haline gelir.

- **1900/-1200**. Mezopotamyalı Sâmilerin ondalık çivi yazısı dizgesi Yakın Doğu'ya yayılır.
- **1900/-1800**. Bugün bilinen en eski konumlu sayılamanın görülüşü: Babil bilginlerinin altmışlı sayılaması (çivi yazısı çizgeli dizge). Ancak bu dizge henüz sıfır içermez (bkz. 13. Bölüm).
- **XVII. yüzyıl**. [E]. *Bilinen ilk alfabetik yazı girişimi*: Sinâ üzerinde Mısırlıların hizmetinde bulunan Sâmiler Mısır hieroglifl erinden türetilmiş bazı yalın sescil imler kullanırlar (Serabit al Kadim'in "proto-Sinâ" denen yazıtları).
- **XVII. yüzyıl**. Mısırlılar, yazılı sayılamalarının çok ilksel yapısına karşın, aritmetik işlemler yapmak için hieroglif ya da hieratik rakamlarını kullanmayı bilirler (bkz. 14. Bölüm). Bu yöntemler hesaplayıcıların belleğe başvurmaktan kurtulmalarını sağlayacaktır (çünkü toplamayı ya da 2'yle çarpmayı bilmek yetecektir); ancak bunlar esneklikten ve birlikten yoksundur, bugünkü yazılı hesap yöntemlerimizle karşılaştırıldığında ise çok yavaş ve çok karmaşıktır.
- **XVI. yüzyıl**. Mısır hieratik sayılaması çizgesel evriminin sonuna gelmiştir (bkz. 14. Bölüm).
- **XV. yüzyıl**. [E]. Suriye-Filistin kıyılarında yaşayan Kuzeydoğu Sâmileri, kısaltma kaygısıyla ve Yakın Doğu'da kullanılmakta olan Mısır ya da Asur-Babil tipi karmaşık yazılardan kurtulmak için, tarihin tümüyle alfabetik olan ilk yazısını geliştirir: Bu, *alfabenin* icadıdır. Sözün aktarımının en üstün biçimi olan ve herhangi bir eklemli dilin bükünlerine uyarlanabilen bu icat, herhangi bir dilin tüm sözcüklerini *harf* denen çok az sayıda sescil im kullanarak yazma olanağı sağlar (bkz. 17. Bölüm).
- **XV. yüzyıl**. [E]. Anadolu'da *Hitit uygarlığının hieroglif yazısının* görülüşü: Bu yazı yalnız ayin ve adak amaçları için değil, ayrıca ve özellikle laik amaçlar için de kullanılacaktır (bkz. 15. Bölüm).
- **1350/-1200.** [E]. Girit'te (Knossos sitinde) ve kıta Yunanistan'ında (Pylos, Miken... sitlerinde) Girit-Miken uygarlığının "doğrusal B" denen yazısının görülüşü: "Doğrusal A"nın biraz değiştirilmesinden doğan ve arkaik bir Yunan lehçesini yazıya geçirmeyi sağlayan bir yazı (bkz. 15. Bölüm).
- **1350/-1200.** "Doğrusal B" denen Girit rakamlarının görülüşü (Girit-Miken uygarlığı, bkz. 15. Bölüm).
- **XIV. yüzyıl.** [E]. Ugarit'te (Suriye'de, Halep yakınındaki Ras Şamra) bulunmuş tabletler üzerinde, bugün bilinen en eski tam alfabetik yazının görülüşü: Fenikece ve İbraniceyle akraba olan bir Sâmi dilini kayda geçirme-

ye yarayan alfabesinde yalnız otuz kadar harf bulunan çivi yazısı (bkz. 17. Bölüm).

- **XIV. yüzyılın sonu**. [E]. Xiao dun'da *Arkaik Çin yazısının* bugün bilinen en eski örneklerinden birinin görülüşü: Bunlar kemik ya da bağa üzerindeki yazıtlardır; bu yazının asıl işlevi, kuşkusuz, o çağın anlayışına göre, kâhinlik uygulamaları ve dinsel uygulamalar aracılığıyla, canlılar dünyası ile tanrılar ve ruhlar dünyası arasında iletişim kurmayı sağlamasıdır (bkz. 21. Bölüm).
- **XIV. yüzyılın sonu.** Bilinen en eski Çin rakamlarının görülüşü (Xiao dun'daki kemik ya da bağa üzerine yazıtlarda görülen arkaik Çin sayılaması; bkz. 21. Bölüm).
- **XII. yüzyılın sonu.** [E]. Fenikelilerde, modern alfabelerin habercisi olan, Batı Sâmi "doğrusal" alfabesinin bilinen ilk örneklerinin görülüşü (bkz. 17. Bölüm). Bu büyük tüccarlar ve gözüpek denizciler, çok çeşitli halklarla çok çeşitli ilişkilere girdikleri için, alfabenin icadında ve yayılmasında önemli katkıları olacaktır. Onu ilkin aralarında Aramilerin de bulunduğu yakın komşularına (Moablılara, Edomlulara, Ammonoğullarına) aktaracaklar, onlar da Suriye'den Mısır'a ve Arabistan'a Mezopotamya'dan Hint alt-kıtasının en ücra yerlerine dek yayılmasını sağlayacaklardır. M.Ö. IX. yüzyıldan başlayarak, bu icat bütün Akdeniz'e yayılacak, yavaş yavaş onu kendi dillerine uyarlayan, birkaç im ekleyerek değiştiren batı halklarınca benimsenecektir.
- **IX. yüzyıl**. [E]. Doğrudan doğruya Fenikelilerin 22 harfinden türeyen, *paleo-İbrani karakterleriyle* yazılmış bilinen en eski İsrail yazıtlarının görülüşü (bkz. 17. Bölüm).
- **IX. yüzyıl.** İbraniler Mısır hieratik rakamlarını alır, özellikle yazışmalarında kullanırlar (bkz. 18. Bölüm).
- **IX./-VIII. yüzyıl**. [E]. Fenike kökenli *alfabetik yazının* Yakın Doğu'ya ve Doğu Akdeniz'e (Aramiler, İbraniler, Yunanlılar...) yayılışı.
- **IX. yüzyılın sonu.** [E]. Yunanlılar Fenike kökenli alfabenin ünsüzlerine ünlüler ekleyerek *modern alfabetik yazının* ilkesini tamamlarlar. Yunan yazısı, ünlülerin kesin ve tam bir gösterimini içeren ilk alfabe olacaktır (bkz. 17. Bölüm). O da İtalik (Osk, Umbria, Etrüsk) ve Latin alfabelerini esinleyecek, ardından, çok daha sonra, Kıptî, Gotik, Ermeni, Gürcü ve Kiril (Rus) alfabelerini doğuracaktır.
- **VIII. yüzyıl.** [E]. Mısır hieratik yazısının bölgesel bir dalından çıkan, ondan daha kısa ve işlek olup günlük kullanımda bundan böyle onun yerini alan *Mısır demotik yazısının* görülüşü (bkz. 14. Bölüm).

- **VIII. yüzyıl.** [E]. *İtalik alfabelerin*, özellikle de Etrüsk alfabesinin görülüşü (bkz. 17. Bölüm).
- **VIII. yüzyıl.** Mısır demotik rakamlarının tamamen bireyselleşmiş ilk biçimlerinin görülüşü (bkz. 14. Bölüm).
- **VIII. yüzyıl.** İtalik sayılamaların (Osk, Umbria...), özellikle de Etrüsk rakamlarının görülüşü (bkz. 16. Bölüm).
- **VIII. yüzyıl.** Batı Sâmi gösterimlerinin bilinen en eski tanıklıklarının çağı. Arami sayılamasının görülüşü (bkz. 18. Bölüm).
- **VII. yüzyıl.** [E]. *Arkaik Latin yazısının* görülüşü.
- **VI. yüzyıl.** Arkaik Latin rakamlarının görülüşü (bkz. 16. Bölüm).
- **VI. yüzyıl.** Attika'da akrofonik Yunan sayılamasının görülüşü (bkz. 16. Bölüm).
- **VI. yüzyılın sonu.** Fenike sayılamasının bilinen en eski tanıklarının çağı (bkz. 18. Bölüm).
- **V. yüzyıl.** [E]. Kolomböncesi Orta Amerikasında *Zapotek yazısının* bilinen eski örneklerinin görülüşü.
- **V. yüzyıl.** Zapotekler 20 tabanlı (toplamalı) bir sayılama kullanırlar (bkz. 22. Bölüm). Orta Amerika'nın bütün Kolomböncesi halklarında (Mayalar, Mixtekler, Aztekler), yaklaşık çizgesel ayrıntılarla, hep o sayılamayı görürüz (bkz. 22. Bölüm). Bu halklar, hesap yapmak için gerçekte bu eksik sayılamayı kullanmayacaklardır; tersine bunun için hesap âletlerine başvuracaklardır. (Orta Amerika kazıbilimi bize bu konuda hiçbirşey sunmamıştır; bununla birlikte, çeşitli modeller sağlayan budunbilime ve tarihe başvurarak bir fikir edinebiliyoruz. Örneğin, kimi Afrikalı toplumlar gibi, her biri bir birim basamağına karşılık gelen, üzerlerinde delikli taşların kaydırıldığı çubukları kullanmış olduklarını düşünebiliyoruz. Belki de Kuzey Amerika'nın Apache'ları, Maiduları ve Havasupaileri gibi yapmış, çeşitli renklerde sicimlere boncuk ve kavkılar dizmişlerdir; ya da (bu daha akla yatkın görünür) Güney Amerikalı İnkalar gibi, taştan, pişmiş topraktan ya da ağaçtan yapılmış yahut yere çizilmiş bir çeşit tepsinin üzerindeki deliklerden oluşan gözlere çakıl taşları, fasulye ya da mısır taneleri koymuşlardır (bkz. 12. Bölüm).
- **V. yüzyıl.** [E]. *Arami yazısı* Yakın Doğu'da uluslararası yazışma dizgesi haline gelir ve bundan böyle Asur-Babil kökenli çivi yazısının yerini alır.
- **V. yüzyıl.** Çizgesel evriminin sonuna gelmiş olan Arami sayılaması Yakın Doğu'ya (Mezopotamya, Suriye, Filistin, Mısır, Kuzey Arabistan...) yayılır.

- **V. yüzyıl.** *Yunan çörkülerinin* kullanımına tanıklık eden ilk kazıbilimsel parçalar. Yunan çörküleri, üzerinde küçük kemik ya da maden jetonlarla aritmetik işlemler yapılan ahşap ya da mermer tablolardır (bkz. 16. Bölüm). Darius çağında Persler (bkz. 16. Bölüm), ardından Etrüskler ile Romalılar (bkz. 16. Bölüm) aynı tip çörküleri kullanacaklardır. Batılı Hıristiyan halklar da aynı şekilde onu miras alacak, kullanımını Fransız Devrimine dek sürdüreceklerdir (bkz. 16. Bölüm; 25. Bölüm ve 26. Bölüm).
- **V. yüzyıl.** Akrofonik Yunan sayılamasının Helen dünyasının çeşitli devletlerine yayılışı (bkz. 16. Bölüm).
- **V. yüzyıl.** Saba yazıtlarında Güney Arabistan akrofonik sayılamasının görülüşü (Saba krallığı; bkz. 16. Bölüm).
- **IV. yüzyılın sonu.** Mısır'da Yunan alfabetik sayılamasının ilk tamklarının görülüşü: Bunlar Yunan sayısal harflerinin çoktan yaygın bir kullanımı olduğunu açığa vurur (bkz. 17. Bölüm ve 18. Bölüm).
- **III. yüzyıl.** Tarihin bilinen ilk sıfırının görülüşü: Babil bilginlerinin sıfırı (çivi yazısı imi). Babil konumlu sayılamasında belli bir basamağın altmışta birlerinin yokluğunu göstermek için kullanılan bu sıfır henüz bir sayı olarak tasarlanmış değildir (bkz. 13. Bölüm).
- **III. yüzyıl.** Yunan alfabetik sayılamasının Yakın Doğu'ya ve Doğu Akdeniz'e yayılışı (bkz. 17. Bölüm ve 18. Bölüm).
- **III. yüzyıl.** [E]. İmparator Ashoka'nın fermanlarında *Brahmi yazısının* görülüşü (bkz. 24. Bölüm): Batı Sâmi dünyasının eski alfabetik yazılarından (kuşkusuz henüz örneği bulunmamış olan bir Aramice değişkesi aracılığıyla) türeyen bu yazı tam anlamıyla ilk Hint yazısı olacak, Hindistan alt-kıtası ile Güneydoğu Asya'nın tüm alfabetik yazılarının kökeninde de o bulunacaktır. Bu yazı, yüzyıllar boyunca, az ya da çok belirgin olan birçok değişikliğe uğrayacak, *Gupta, Bhattiprolu* ve *Pâli* yazıları gibi ayrı ayrı yazı tiplerinin doğmasını sağlayacaktır. *Gupta* yazısından *Nâgâri, Siddham, Shârâdâ* üslûpları çıkacak, bunlar da bugün Orta ve Kuzey Hindistan, Nepal ve Çin Türkistanında kullanılan yazılar bütününü doğuracaktır. *Bhattiprolu* yazısı Güney Hindistan ve Seylan yazılarının, *Pâli* ise Güneydoğu Asya yazılarının kaynağı olacaktır. Bu yazıların gösterdiği görünüşte önemli farklılıklar ya bunların uyarlandığı dillerin ve geleneklerin yapısından ya da bölge yazmanlarının alışkanlıkları ile kullanılan yazı malzemelerinin yapısından kaynaklanacaktır (Bkz. **Hint Yazıları*, Sözlük).
- **III. yüzyıl.** İmparator Ashoka'nın fermanlarında, Mauryalar imparatorluğunun bütün eyaletlerinde yaygın olduğunu gördüğümüz *Brâhmi* rakamlarının görülüşü. Tam anlamıyla ilk Hint rakamları olan ve daha sonraki yazıtlarda

(Shonga, Andhra, Shaka, Kshatrapa... yazıtlarında) gittikçe daha çok rastlayacağımız bu rakamlar ileride Hindistan'da, Orta Asya'da ve Güneydoğu Asya'da serpilecek bütün sayısal gösterimlerin ana örnekleri olacaktır. Bu çağda bu rakamlara henüz konum ilkesi uygulanmadığı halde, bu dizgede ilk dokuz birime karşılık gelen rakamlar modern sayılamamızın ve bugünkü Arap sayılamasının dokuz temel rakamının gerçek ilk biçimlerini oluşturacaktır (bkz. 24. Bölüm).

- **III./+IV. yüzyıl.** [E]. *Yunan el yazması yazısı* üç tip halinde çeşitlenmeye başlar: "kitap" yazısı, mühürdarlık yazısı, özel belge yazısı.
- **II. yüzyıl.** Plutarkhos Yunanlılar ile Perslerde *tozlu çörkü* (ayrıca jetonlu çörkü) kullanımından söz eder: Bu, demir kalemle rakamların çizildiği sütunların bulunduğu, ince kumla örtülmüş dört köşeli bir levhadır. Aynı tipten çörkü kullanımı Batı Ortaçağının Hıristiyan halklarında da görülecek, onlar hesaplarını, ya Roma rakamlarıyla ya da Yunan sayısal harfleriyle yapacaklardır (bkz. 16. Bölüm).
- **II. yüzyıl.** [E]. Çinliler *kâğıdı* (kimi kaynaklara göre, bu icat Cai-Lun'a aitmiş; Cai-Lun onu kumaş lifleri ile eski balık ağlarından oluşturulmuş bir bulamaçla yapmış) ve *oymabaskıyı* (basılacak metin bir ağacın düz yüzeyine yazılır, sonra harflerin çevresindeki ağaç çıkarılır, böylece geriye kabartma olarak harfler kalır) icat ederler (bkz. Sözlük).
- **II. yüzyıl.** Çin çörküsünün kullanımına ve "fiş kullanarak hesaba" *(suanzi)* tanıklık eden, bildiğimiz ilk belgelerin görülüşü: Bu fişler, bir dama tahtasında ya da satranç tahtası biçiminde düzenlenmiş bir tablanın ardışık kareleri içinde kullanılan küçük fildişi ya da bambu çubuklardır *(chôu)* (bkz. 21. Bölüm).
- **II. yüzyıl.** Çinli matematikçilerin ondalık konumlu sayılamayı kullandıklarını belgeleyen, bugün bildiğimiz ilk belgenin görüldüğü çağ. "Sayı çubukları" denen bu dizgede sıfır yoktur (bkz. 21. Bölüm). Bu sayılama aslında Çinlilerin kamışlı çörküleri üzerinde "fişli hesabın" sadık bir yazılı karşılığından başka birşey değildir *(suan zi)*.
- **II. yüzyıl.** [E] *Dört köşeli İbrani yazısının* (kalın ve bodur harfleri işlek Aramcanın harflerinden türeyen modern biçimli İbrani yazısının) bilinen ilk tanıklarının görülüşü (bkz. 17. Bölüm).
- **II. yüzyıl.** Alfabetik İbrani sayılamasının kullanımına tanıklık eden, bilinen en eski belgelerin görülüşü (bkz. 17. Bölüm).
- **II./+III. yüzyıl.** Hintli hesap adamları, aritmetik işlemlerini, bir kazı kalemi ya da bir çubukla önceden yere çizilmiş ardışık sütunların içine *Brahmi* gösteriminin dokuz rakamını yazarak yaparlar. Aynı işlem türü daha sonra Arap arit-

metikçilerinde, özellikle de Mağripli ve Endülüslü aritmetikçilerde görülecektir. (Ama bu yöntemde yalnız yerde işlem yapılmaz; ayrıca tozla, ince kumla, unla ya da herhangi bir doğal nesnenin tozuyla kaplanmış bir levha kullanılır; bu levha üzerinde sivri ucu şekilleri çizmeye, küt ucu da silmeye yarayan bir kalemden yararlanılır. Tabletin kendisi daha sonra Arap, Türk ve Fars yönetim birimlerinde kullanılan "hesap masası" gibi ayaklı bir tabladan oluşmadığında, bu levha yerde, bir tabure ya da bir masa üzerinde kullanılacaktır. Kimi zaman da, daha küçük boyutlara indirilip bir kutuya konan bir çeşit âlet takımının bir parçası olacaktır). (Bkz. 24. Bölüm; 25. Bölüm. Ayrıca bkz. **Dhulikarma*, Sözlük).

- **II./+II. yüzyıl.** [E]. *Çin yazısında* düzeltim ve sonradan bugünkü Çin yazısının karakterlerinin biçimine doğru evrim geçirecek olan *li shû* çizgesinin görülüşü (bkz. 21. Bölüm).

- **I. yüzyıl.** Horatius, Romalılarda (jetonlu çörkünün yanı sıra) *balmumlu çörkünün* kullanımından söz eder: Omuza asılabilen "taşınabilir bir âlet" olan bu çörkü, üzerinde ardışık sütunların bulunduğu ve demir bir kalemle rakamların çizildiği, ince bir karabalmumu tabakasıyla kaplı kemikten ya da ahşaptan bir levhadır (bkz. 16. Bölüm).

Milâdi takvimin başı. [E]. Eski Arami yazısının işlek bir kolu yavaş yavaş gelişerek gerçek *Arap yazısını* doğuracaktır.

+ I. yüzyıl. *Roma "cep" çörküsünün* kullanımına tanıklık eden bilinen ilk kazıbilimsel parçaların görülüşü. Bu çörkü, üzerinde her biri bir birimler basamağına ayrılmış, aynı boydaki hareketli boncukların kaydırıldığı belirli sayıda biribirine koşut oluk bulunan bir maden levhadan oluşur (bkz. 16. Bölüm). Uzak Doğu'da ve Doğu'nun kimi ülkelerinde günümüzde hâlâ önemli bir yer tutmaya devam eden şu "sayı boncuklarına" benzer bir hesap âletidir bu (bkz. 21. Bölüm).

II./III. yüzyıl. [E]. Roma yazısında sonradan iki yeni Latin çizgisini, *yeni yaygın yazı* ile *yuvarlak büyük harfle yazıyı* doğuracak olan bir değişiklik meydana gelecektir.

III. yüzyılın sonu [E]. Kolomböncesi Orta Amerikasında Maya yazısının bilinen en eski örneklerinin görülüşü (bkz. 22. Bölüm).

III. yüzyılın sonu. Maya gökbilimcilerinin (*Başlangıç Dizileri* denen) "uzun hesapla" tarihleri ve zaman sürelerini anlatma dizgesini kullanışının bilinen ilk örneklerinin görülüşü (bkz. 22. Bölüm).

III./IV. yüzyıl. [E]. *Eski Cermen yazısının (Futhark alfabesi)* bilinen en eski örneklerinin görülüşü.

IV. yüzyılın başı [E]. Ermenistan ile Kafkasya arasındaki ülkenin ilk kralı Pharnavar, Yunancadan esinlenerek *Gürcü alfabesinin* atası olan *mhedruli* alfabesini icad eder (bkz. 17. Bölüm).

IV. yüzyıl. Abisinya krallığının Aksum yazıtlarında Etiyopya rakamlarının görülüşü (bkz. 19. Bölüm).

IV. yüzyıl. [E]. Çincenin *kăi shū* çizgesinin (bugünkü Çin yazısının biçimi) ilk görülüşleri (bkz. 21. Bölüm.)

IV. yüzyıl (E]. Piskopos Wulfila, bir Cermen dili olan Gotların dilini yazıya geçirmek için, Yunan yazısından esinlenerek *Gotik alfabeyi* icat eder (bkz. 17. Bölüm).

IV./V. yüzyıl. [E]. Kuzey Hindistan, Nepal, Tibet ve Çin Türkistanının tüm yazılarının kendisinden türeyeceği, *Gupta* denen Hint yazısının ilk bireyselleşmiş biçimlerinin görülüşü (bkz. 24. Bölüm).

IV./V. yüzyıl. Kuzey Hindistan, Nepal, Tibet ve Çin Türkistanının tüm yazılarının kendisinden türeyeceği, *Gupta* denen Hint yazısının ilk bireyselleşmiş biçimlerinin görülüşü (bkz. 24. Bölüm ve Sözlük).

IV./V. yüzyıl *Brahmi* gösteriminden çıkan ilk dokuz Hint rakamının ondalık bir tabana göre konumlu bir değer kazandığı, bunların sıfırı temsil eden küçük daire ya da nokta biçiminde bir imle tamamlandığı çağ: Bugünkü yazılı sayılamamızın atası olan Hint ondalık konumlu sayılaması bu çağda doğmuştur (bkz. 24. Bölüm).

IV./VI. yüzyıl. Hint hesap adamları, eski tozlu çörkülerinin sütunlarını kaldırıp dokuz temel birimi temsil eden rakamlara ondalık konumlu bir değer yükleyerek, geleneksel hesap yöntemlerini kökten bir biçimde değiştirirler. Modern sayılama böyle doğar. Ama bu aşama aynı zamanda ve özellikle bugünkü yazılı hesabımızın doğduğu aşamadır. (Başlangıçta, söz konusu teknikler, çörkünün sütunlarından kurtulmuş olmasına karşın, eski hesap yöntemlerinin tıpatıp aynısıydı; eskiden olduğu gibi kullanışlı olmayan tozla kaplı levha üzerinde işlem yapılıyor, ara sonuçlar durmadan silinip düzeltiliyordu. Bu da insan belleğini epey sınırlıyor, ara hesaplarda yapılan hataların görülmesine engel oluyordu. Hint bilginleri, onlardan sonra da Arap bilginleri bu tekniğe rakip olarak, silmenin olmadığı, ara sonuçların üste yazıldığı bir işlem yöntemi geliştirdiler. Ara işlemler sırasında yapılmış hataları görmeyi sağladığı için gerekli sağlamaları yapmakta tam bir üstünlük taşıyan bir yöntemin, sonuçları yazdıkça levhanın fazla dolması ve işlem akışının görülmesini engellemesi gibi bir sakıncası da vardı. İşte bu tür karmaşıklıklardan ötürü, işlem pratiği, dokuz rakam ve sıfırlı hesap yöntemleriyle bile, ölümlülerin ortak kul-

lanımına uzun süre uzak kaldı. Rakamları tebeşirle bir kara tahta üzerine yazmak, ara sonuçları koruyarak ya da daha iyisi bir bezle silerek ara hesaplar yapmak: Bu, tüy ile kâğıdın yaygınlaşmış kullanımından önce, Hint hesap adamlarının istedikleri gibi davranmalarını, hayalgüçlerini özgürce kullanmalarını sağlayan, sonunda da bugünkü yazılı hesap sanatını doğuran tekniklere yol açan çok elverişli ve özellikle az zahmetli bir yöntem olacaktır). (Bkz. 24. Bölüm; 25. Bölüm; ayrıca bkz. **Hint Hesap Yöntemleri,* Sözlük).

IV./VI. yüzyıl [E]. Güney Hindistan ile Güneydoğu Asya'nın tüm alfabetik yazılarının türeyeceği Hint *Bhattiprolu* ve *Pâli* yazılarının ilk bireyselleşmiş biçimlerinin görülüşü (bkz. 24. Bölüm).

IV./IX. yüzyıl. Maya uygarlığının rahip-gökbilimcilerinin 20 tabanlı konumlu sayılaması ile sıfırının görüldüğü olası dönem. Bununla birlikte, (üçüncü konumdan başlayarak, 20 tabanının kullanımında bir kuraldışılık gösteren) bu sayılama, tamamen Maya takviminin gereklerine uyarlanmasından ötürü, hem kendi sıfırından hem de her türlü işlem olanağından yoksun kalacaktır (bkz. 22. Bölüm).

V. yüzyıl. [E]. İslâm-öncesi yazıtlarda *Arap yazısının* bilinen ilk örneklerinin görülüşü: İşlek üslûplu olan bu yazı sonradan İslâm'ın ilk yüzyılları boyunca çeşitlenerek bir yandan *Kûfi* denen yazıyı, bir yandan da *Nashi* denen yazıyı doğuracaktır (bkz. 19. Bölüm; 25. Bölüm).

V. yüzyıl. [E]. Rahip Mesrop Machtots Yunancadan esinlenerek *Arami alfabesini* icat eder (bkz. 17. Bölüm).

V./VII. yüzyıl. [E]. *Ogham yazısının* (İrlanda'nın ve Galler ülkesinin Kelt yazıtlarının) tarihi.

510. Hint gökbilimcisi Âryabhata çok özel bir sayısal gösterim icat eder. Bu gösterim sıfırın ve ondalık tabana dayalı konum ilkesinin bilinmesini gerektirir (bkz. 24. Bölüm; Sözlük). Âryabhata ayrıca kare ve küp kökleri hesaplamak için ilginç bir yöntem kullanacaktır. Bu yöntemin, söz konusu sayıları dokuz ayrı rakam ve sıfırın yerini tutan özel bir onuncu im yardımıyla konum ilkesine göre yazılı olarak dile getirmeden uygulanması olanaksızdır (bkz. *Sözlük*).

628. Hintli matematikçi ve gökbilimci Brahmagupta dokuz rakam ve sıfır aracılığıyla ondalık konumlu gösterimde büyük bir ustalık sergileyen *Brahmasphutasiddhânta*'sını yayımlar (bkz. 24. Bölüm; *Sözlük* ve 25. Bölüm).

VII. yüzyıl. [E] Kuzey ve Orta Hindistan'ın yazılarının (Bengâli, Gucarâti, Oriyâ, Kaithi, Maithili, Manipuri, Marathi, Marwari... bkz. 24. Bölüm ve *Söz-*

lük) türeyeceği *Nâgari* tipindeki Hint yazısının ilk bireyselleşmiş biçimlerinin görülüşü.

VII. yüzyıl. Güneydoğu Asya'nın üslûplaşmış sayısal gösterimlerinin (Khmer, Malay, Çam, Kawi... gösterimlerinin; bkz. 24. Bölüm) kökeninde bulunan Hint rakamlarının ilk bireyselleşmiş biçimlerinin görülüşü.

VII./VIII. yüzyıl. Güneydoğu Asya'nın hintleşmiş uygarlıklarına (Kamboçya, Çampa, Cava, Malezya, Bali, Borneo...; bkz. 24. Bölüm) Hint kökenli sıfırın ve ondalık konumlu sayılamanın girişi.

VII./VIII. yüzyıl. [E]. "Vizigot" tipi Latin yazısının ve "Luxeuil"ün kullanıldığını gördüğümüz, bilinen en eski el yazmaları (Autun ve Lucques el yazmaları).

VII./X. yüzyıl. [E]. Güney Hindistan'ın üslûplaşmış yazılarının (Tamil, Malayâlam, Tulu, Telugu, Kannara...; bkz. 24. Bölüm) kökenindeki ilk bireyselleşmiş biçimlerin görülüşü.

VIII. yüzyıl. "Sayı çubuklu" Çin ondalık konumlu sayılamasında (Hintli Budist rahiplerin etkisiyle) Hint kökenli sıfırın görülüşü (*suan zi* dizgesi; bkz. 21. Bölüm; 24. Bölüm).

VIII. yüzyıl. [E]. "Küçük harfli" Yunan yazısının ilk görülüşü (bu yazı IX. yüzyıldan başlayarak kitaplarda eski yazının yerini alacaktır).

VIII. yüzyıl sonu. Hint kökenli konumlu sayılamanın, sıfırın ve hesap yöntemlerinin İslâm Dünyasına girişi. Söz konusu rakamlar, Arap yazmanların ellerinde kendilerini başlangıçtaki anaörneklerinden uzaklaştıracak olan az ya da çok önemli çizgesel değişikliklere uğrayacak, sonra da görünüşte özgün olan dizilere ulaşacaktır (bkz. 25. Bölüm).

VIII./XI. yüzyıl. [E]. Vikingler çağının İskandinav yazıtları (İsveç'de Uppland bölgesinin yazıtları).

VIII./XI. yüzyıl. [E]. *Caroline yazısının* ilk bireyselleşmiş biçimlerinin görülüşü (Corbie işliği, rahip Maurdramnus'un emri üzerine gerçekleştirilen İncil el yazması).

820-850. Müslüman gökbilimci ve matematikçi Al Harezmi dönemi. Harezmi'nin yapıtları Hint kökenli rakamların ve hesap yöntemlerinin tanınmasına ve yayılmasına geniş ölçüde katkıda bulunacaktır (bkz. 25. Bölüm).

IX. yüzyıl. Mağribli ve Endülüslü Arapların *Ghubâr* denen rakamlarının görülüşü (çizgeleri Ortaçağ ile Rönesans Avrupasının rakamlarının ilk biçimlerini oluşturacak, sonra da bugünkü rakamlarımızı doğuracak olan Hint kökenli imler; bkz. 25. Bölüm).

IX. yüzyıl. [E]. Kuzeybatı Hint yazılarını (Dogri,Tâkari, Multani, Sindhi, Pencabi, Gurumukhi...) doğuracak olan *Shâradâ* tipi Hint yazısının (Gupta yazısının kuzeydeki değişkesi) ilk bireyselleşmiş biçimlerinin görülüşü (bkz. 24. Bölüm).

IX. yüzyıl. Kuzeybatı Hint sayısal gösterimlerini (Dogri, Tâkari, Multani, Sindhi, Pencabi, Grunukhi...) doğuracak olan Shâradâ tipi Hint rakamlarının ilk bireyselleşmiş biçimlerinin görülüşü (bkz. 24. Bölüm).

IX. yüzyıl. [E]. Piskopos Kiril Bulgarların dinini değiştirmek için Yunan alfabesinden esinlenerek *Glagol alfabesini* icat eder.

IX. yüzyıl. [E]. Tam anlamıyla Japon yazısının görülüşü.

X. yüzyıl. [E]. Piskopos Clement, Slav dilinin seslerini dile getirmek için Yunancadan esinlenerek "Kiril" denen alfabeyi icat eder. Bu yazının modern Rus alfabesini yaratmak üzere ilk yalınlaştırılışı XVIII. yüzyılda Büyük Petro zamanında gerçekleştirilecektir.

972-982. 999'da Sylvestre II adıyla papa olacak olan rahip Aurillaclı Gerbert, İspanya'ya yaptığı bir yolculuk sırasında "Arap" rakamlarını öğrenir ve Batı Avrupa'ya getirir (bkz. 26. Bölüm).

976-992. Müslüman olmayan İspanya kaynaklı iki el yazması, dokuz rakamın çizgelerini *Ghubâr* rakamlarına çok yakın bir biçimle verir: Bunlar "Arap" rakamlarının Batı Avrupa'daki bilinen en eski örnekleridir (bkz. 26. Bölüm).

X. XII. yüzyıl. Avrupalı hesap adamları aritmetik işlemlerini Aurillaclı Gerbert ile tilmizlerinin yaptığı Latin kökenli sütunlu çörkü üzerinde gerçekleştirirler: Bunun için her biri 1'den 9'a dek "Arap" rakamlarıyla (ya da α'dan θ'ya dek Yunan sayısal harfleriyle yahut I'den IX'a dek Roma rakamlarıyla) işaretlenmiş olan (ve *apices* denen) boynuzlu jetonlar kullanıyorlardı (bkz. 26. Bölüm).

XI. yüzyıl. [E]. Kaligrafi ustası Lanfranc, Caroline geleneğinde, XII. yüzyılın güzel *papaz yazısı* olacak olan şeyi yaratır.

XI. yüzyılın ortası. [E]. Çinliler *matbaayı* icat eder. Bu iş için ilkin pişmiş topraktan hareketli karakterler kullanırlar; bunları daha sonra kurşundan, ondan sonra da bakırdan yaparlar. (Bu icat, onu 1041 tarihini vererek Bi xing'e atfeden Qin guo'nun yapıtında, 1056 yılında anlatılır).

XII. yüzyıl. Batı Avrupa'ya Hint kökenli sıfır iminin girişi: Avrupalı hesap adamları bundan böyle aritmetik hesaplarını "Hint-Arap" rakamları ve sıfırı aracılığıyla yaparlar; bu rakamlar önceki dönemin *apices*lerinden daha işlek bir üslûpla çizilir; Hint kökenli yazılı hesabın kuralları adını alacak olan *algorizmalar* böyle ortaya çıkar (bkz. 26. Bölüm).

XII./XIII. yüzyıl. [E]. "Gotik" denen yazı yavaş yavaş Caroline yazısının yerini alır.

XII./XIII. yüzyıl. [E] Kolomböncesi Meksika'da Aztek yazısının görülüşü (bkz. 22. Bölüm).

XII./XVI. yüzyıl. Batı Avrupa'da *çörkücüler* (Roma rakamları ya da Yunan sayı harfleri gibi arkaik sayılamalara bağlı kalarak sütunlu çörkü üzerinde jetonlarla hesap yanlıları) ile *Algoristler* (Hint kökenli rakamlar ve sıfırı kullanarak hesap yapmayı savunanlar) arasındaki kavga dönemi (bkz. 26. Bölüm).

XII./XVI. yüzyıl. "Arap" rakamları çizgesel olarak Batı Avrupa'ya yerleşir ve bugün taşıdığı biçimi kazanır (bkz. 26. Bölüm).

1202. Daha çok Fibonacci adıyla bilinen İtalyan matematikçi Pisalı Leonardo, Kuzey Afrika ile Yakın Doğu'ya yaptığı bir yolculuk sırasında öğrendiği Hint kökenli dokuz rakam aracılığıyla hesap sanatını *Liber Abaci* ("Çörkü Üzerine İnceleme") adıyla yayımlar. Bu kitap sonraki üç yüzyıl boyunca, Batı Avrupa'da aritmetik ile cebirin gelişmesinin çok verimli bir kaynağını oluşturacaktır (bkz. 26. Bölüm)

XIII. yüzyıl. Bugünkü Çin sayı boncuğunun *(suan pan) kullanımından söz* eden, halen bilinen ilk belgelerin görülüşü: Sayı boncuğu her birine yedi tahta boncuk dizilmiş belli sayıda şişten oluşan dikdörtgen şeklinde bir çerçevedir. Boncuklar, ikisi hep üstte, beşi de hep altta kalacak şekilde çerçeveyi ikiye bölen enine bir çubukla biribirinden ayırılabilir. Âletin şişlerinden her biri onlu bir basamağa karşılık gelir; bu demektir ki, bir şişin solundaki şiş, her zaman ötekinden on kez daha büyük bir değer taşır. Bu âlet her türlü aritmetik işlemi kolayca ve çabucak gerçekleştirmeyi sağlayan tek âlettir. Batılılar, sayı boncuğunu kullanmayı öğrenmiş olanların ustalığının, kimi zaman çok karmaşık hesapları nasıl rekor süreler içinde yapmalarını sağladığını görünce genellikle pek şaşmışlardır. Aynı âlet modern çağda hâlâ kullanılmaktadır: Rusya'daki adı *şoti*'dir; İran ile Afganistan'da *koreb* adıyla bilinir; Ermenistan'da ise *kulba* adını taşır; ancak bu sayı boncuklarının yapısı Çin *suan pan*'ından farklıdır. Buna karşılık Japon *soroban*'ı önemli bir gelişme gösterecektir: XIX. yüzyılda bu sayı boncuğu üstteki ikinci boncuğunu, İkinci Dünya Savaşından itibaren de her şişin alt kısmındaki gereksiz beşinci boncuğu kesin olarak yitirmiştir. Ancak Japon sayı boncuğuna bir tamlık getiren bu dönüşüm uzun ve zor bir hazırlık gerektirmiş, çok daha dakik, çok daha kesin bir el uzluğu kazanmayı zorunlu kılmıştır (bkz. 21. Bölüm).

XIV./XV. yüzyıl. [E]. İtalyan bilginler IX., X. ve XI. yüzyılların Caroline yazısı modeline göre yeniden yaratılmış bilgin yazısı olan "Hümanist" yazıyı geliştirirler.

1440'a doğru [E]. Hollanda'da ahşap üzerinde oyun kâğıtlarını, sonra da tam metinli sayfaları sanatsal bir biçimde kazıyan Laurens Janszoon (Loster denir), ahşap üstüne ayrı ayrı harfleri kazıyarak ilk *tipografik baskı* denemelerini yapar ve *Horarium* adlı sekiz sayfalık küçük bir kitabı basar.

1540'a doğru. Batıda *matbaanın* yeniden icat edilişi: Bu ilerlemeyi Almanya'da, Mainz'da Gutenberg denen Johannes Gensfleish gerçekleştirmiştir. Ahşaptan yapılmış hareketli karakterlerin elverişsiz olduğunu, iyi bir baskı için uygun olmadığını anlayan Gutenberg tipografi tekniğine tamamen uygun olan modern karakterleri kullanır. Bu değişikliğin en az iki sonucu olacaktır: İlkin, baskı yöntemlerinin hızla yayılması eski gotik ve hümanist kaligrafilerin yerini alacak, el yazması yazılarının evrimini hızlandıracak, bu yazıları gittikçe daha standartlaşmış ana örnekler halinde sabitleşmesini sağlayacaktır; ikincileyin (kuşkusuz bu ötekinden daha önemlidir) her türlü yazınsal, bilimsel, felsefi yapıtın istendiği kadar çoğaltılmasına olanak sağlayacak, bu da Batı Avrupa'da bilginin giderek daha hatırı sayılır ölçüde yayılmasını sağlayacaktır. Böylece bu, insan topluluklarının kökten dönüşümünün başlangıcı, Avrupa'da yeni bir çağın açılışı olacaktır.

XV./XVI. yüzyıl. "Arap" rakamları, görünüşte kökten olan, ama aslında hümanist yazının genel eğilimlerine bağlanan çeşitli dönüşümler geçirdikten sonra, Batı, Avrupa'da matbaanın yükselişi sayesinde, bir daha değişmeyecek çok belirli ana örnekler halinde sabitlenir (bkz. 26. Bölüm).

XV./XVI. yüzyıl. "Arap" rakamları ve sıfır aracılığıyla hesap yöntemlerinin giderek genelleşmesi. Avrupa'da *algorizmacıların* zaferinin, *çörkücülerin* bozgununun başlangıcı. Jetonlu çörkü üzerinde hesap yine de tüccarlar, bankerler, kuyumcular arasında kullanılmaya devam edecek, bu arkaik yöntemlerin tamamen ortadan kaldırılışını görmek için Fransız Devrimini beklemek gerekecektir (bkz. 26. Bölüm).

1478. Bir aritmetik işlem kitabı olan, yazarı bilinmeyen, özellikle Batı Avrupa'da "Arap" rakamlarının yayılmasına ve yazılı hesap yöntemlerinin gittikçe daha çok kabul görmesine tanıklık eden Trévise *Aritmetik*'inin yayımlanışı.

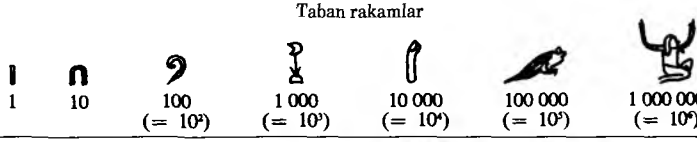
1654. Fransız matematikçi Blaise Pascal, *m*'nin 2'den büyük ya da 2'ye eşit herhangi bir tam sayı olduğu *m* tabanlı sayılama dizgelerinin ilk kez bir tanımını yapar (bkz. şek. 28.39).

ÖZETLEYİCİ ÇİZELGELER

MISIR HİEROGLİF SAYILAMASI

Görülüşü : ≈ M.Ö. 3000-2900
Tip : A1 (1. türden toplamalı sayılama: şek. 28.14). – Taban: 10.
Sıfır imi gereği : Yok – Sıfır imi : Yok.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 14. Bölüm).

Taban rakamlar



1	10	100 (= 10^2)	1 000 (= 10^3)	10 000 (= 10^4)	100 000 (= 10^5)	1 000 000 (= 10^6)

Örnek : 7659



7 000 600 50 9

Toplama ilkesine dayanan betimleme, şu ayrıştırmaya göre yapılır:

7 659 = (1 000 + 1 000 + 1 000 + 1 000 + 1 000 + 1 000 + 1 000)
+ (100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100)
+ (10 + 10 + 10 + 10 + 10)
+ (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1).

Şekil 28.1

PROTO-ELÂM SAYILAMASI

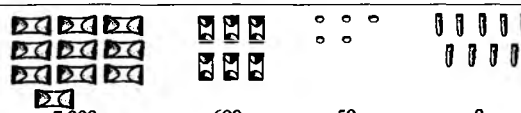
Görülüşü : M.O. ≈ 2900
Tip : A1 (1. türden toplamalı sayılama: şek. 28.14). – Taban : 10.
Sıfır imi gereği : Yok – Sıfır imi : Yok.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. II. Bölüm)

Taban rakamlar



1	10	100	1 000	10 000

Örnek : 7659



7 000 600 50 9

Toplama ilkesine dayanan betimleme, şu ayrıştırmaya göre yapılır:

7 659 = (1 000 + 1 000 + 1 000 + 1 000 + 1 000 + 1 000 + 1 000)
+ (100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100)
+ (10 + 10 + 10 + 10 + 10)
+ (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1).

Şekil 28.2

GİRİT SAYILAMASI

(Hieroglif dizgeler ile doğrusal A ve B)

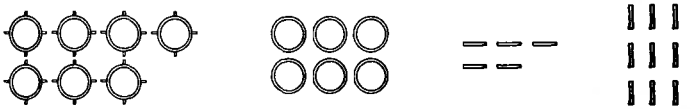
Görülüşü : ≈ M.Ö. 1900 (doğrusal A).
≈ M.Ö. 1700 (hieroglif).
≈ M.Ö. 1350 (doğrusal B).
Tip : A1 (1. türden toplamalı sayılama: şek. 28.14). – Taban: 10.
Sıfır imi gereği : Yok – Sıfır imi : Yok.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 15. Bölüm).

Taban rakamlar (doğrusal B dizgesi)



1 10 100 (= 10^2) 1 000 (= 10^3) 10 000 (= 10^4)

Örnek : 7659



7 000 600 50 9

Toplama ilkesine dayanan betimleme, şu ayrıştırmaya göre yapılır:

7 659 = (1 000 + 1 000 + 1 000 + 1 000 + 1 000 + 1 000 + 1 000)
+ (100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100)
+ (10 + 10 + 10 + 10 + 10)
+ (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1).

Şekil 28.3

HİTİT HİEROGLİF SAYILAMASI

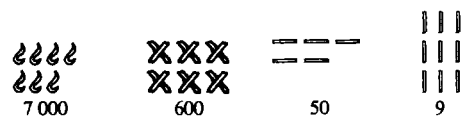
Görülüşü : ≈ M.Ö. 1400
Tip : A1 (1. türden toplamalı sayılama: şek. 28.14). – Taban : 10.
Sıfır imi gereği : Yok – Sıfır imi : Yok.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 15. Bölüm).

Taban rakamlar



1 10 100 (= 10^2) 1 000 (= 10^3)

Örnek : 7659



7 000 600 50 9

Toplama ilkesine dayanan betimleme, şu ayrıştırmaya göre yapılır:

7 659 = (1 000 + 1 000 + 1 000 + 1 000 + 1 000 + 1 000 + 1 000)
+ (100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100)
+ (10 + 10 + 10 + 10 + 10)
+ (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1).

Şekil 28.4

AZTEK SAYILAMASI

Görülüşü : ≈ M.Ö. 1200
Tip : A1 (1. türden toplamalı sayılama: şek. 28.14). – Taban: 20.
Sıfır imi gereği : Yok – Sıfır imi : Yok.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 22. Bölüm).

Taban rakamlar



1 20 400 (= 20^2) 8 000 (= 20^3)

Örnek : 7659



7 600 40 19

Toplama ilkesine dayanan betimleme, şu ayrıştırmaya göre yapılır:

7 659 = (400 + 400 + 400 + 400 + 400 + 400 + 400 + 400 + 400 + 400 + 400 + 400 + 400 + 400 + 400 + 400 + 400) + (20 + 20) + (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1).

Şekil 28.5

SÜMER SAYILAMASI

Görülüşü : ≈ M.Ö. 3300
Tip : A1 (2. türden toplamalı sayılama: şek. 28.15). – Taban: 60.
Sıfır imi gereği : Yok – Sıfır imi : Yok.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 8. Bölüm).

Taban rakamlar (arkaik çizgeler)



1 10 60 600* (= 10 × 60) 3 600 (= 60^2) 36 000* (= 10 × 60^2)

* 60'ın ya da 600'ün imini 10'un imiyle birleştirerek oluşturulan rakam.

Örnek : 7659



9 30 420 7 200

Toplama ilkesine dayanan betimleme, şu ayrıştırmaya göre yapılır:

7 659 = (3 600 + 3 600) + (60 + 60 + 60 + 60 + 60 + 60 + 60) + (10 + 10 + 10) + (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1).

Şekil 28.6

AKROFONİK YUNAN SAYILAMASI

Görülüşü : ≈ M.Ö. 500
Tip : A2 (2. türden toplamalı sayılama: şek. 28.15). – Taban: 10.
Sıfır imi gereği : Yok – Sıfır imi : Yok.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 16. Bölüm).

Taban rakamlar



1 5 10 50* 100 500* 1 000 5 000* 10 000
(= 5 × 10) (= 10^2) (= 5 × 10^2) (= 10^3) (= 5 × 10^3) (= 10^4)

* 10'un, 100'ün, 1000'in imlerini 5 sayısının imiyle birleştirerek (çarpma yoluyla birleştirme) oluşturulan rakamlar.

Örnek : 7659



5 000 2 000 500 100 50 5 4

Toplama ilkesine dayanan betimleme, şu ayrıştırmaya göre yapılır.

7 659 = 5 000 + (1 000 + 1 000) + 500 + 100 + 50
+ 5 + (1 + 1 + 1 + 1).

Şekil 28.7

ROMA SAYILAMASI

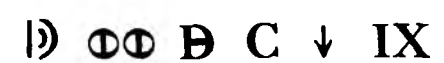
Görülüşü : ≈ M.Ö. 500
Tip : A2 (2. türden toplamalı sayılama: şek. 28.15). – Taban: 10.
Sıfır imi gereği : Yok – Sıfır imi : Yok.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 16. Bölüm).

Taban rakamlar (arkaik çizgeler)



1 5 10 50 100 500 1 000 5 000
(= 5 × 10) (= 10^2) (= 5 × 10^2) (= 10^3) (= 5 × 10^3)

Örnek : 7659



5 000 2 000 500 100 50 (10 – 1)

Hem toplama hem çıkarma ilkesine dayanan betimleme, şu ayrıştırmaya göre yapılır:

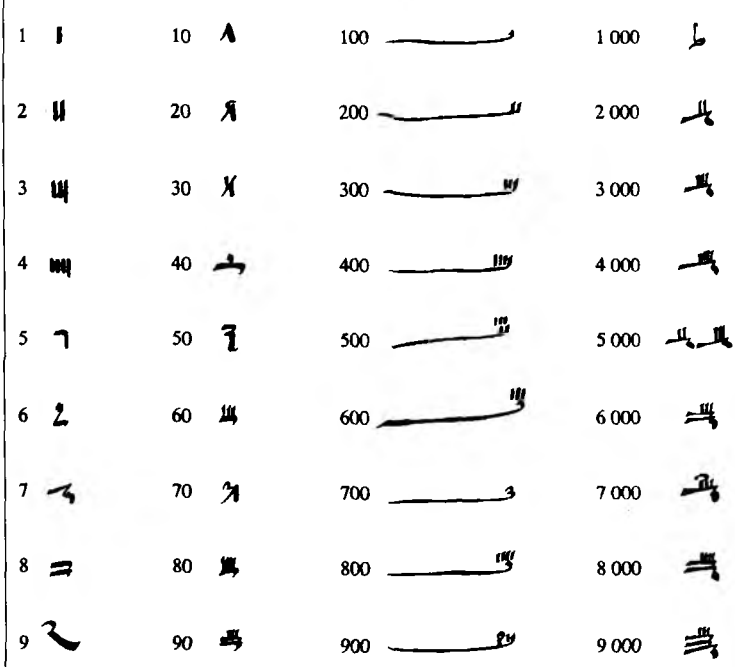
7 659 = 5 000 + (1 000 + 1 000) + 500 + 100 + 50 + (10 – 1).

Şekil 28.8

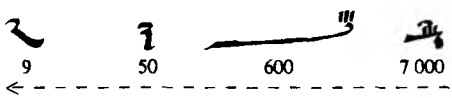
MISIR HİERATİK SAYILAMASI

Görülüşü : ≈ M.Ö. 2500
Tip : A3 (3. türden toplamalı sayılama: şek. 28.16). – Taban: 10.
Sıfır imi gereği : Yok – Sıfır imi : Yok.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 14. Bölüm).

Taban rakamlar (Yeni İmparatorluk dönemi çizgeleri)



Örnek : 7659



Toplama ilkesine dayanan betimleme, şu ayrıştırmaya göre yapılır:

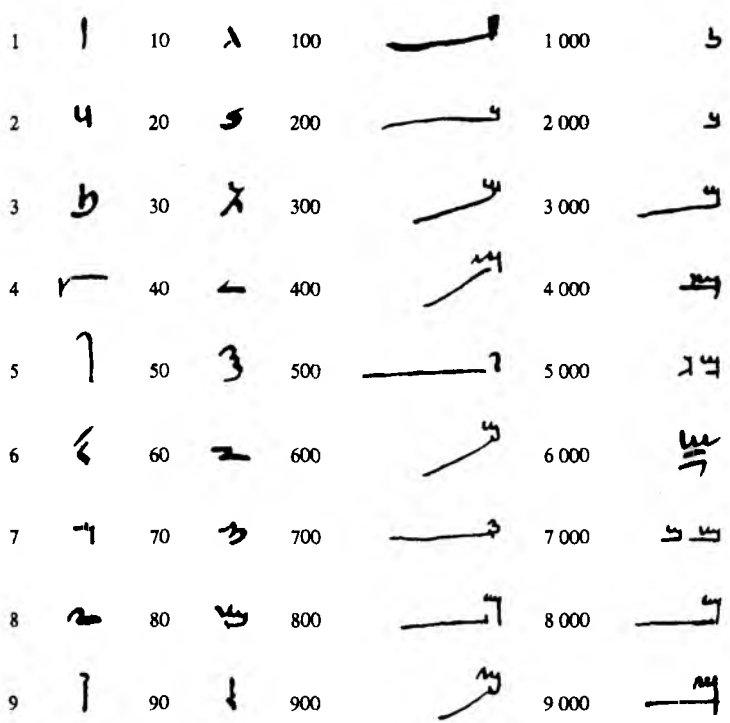
$$7\,659 = 7\,000 + 600 + 50 + 9.$$

Şekil 28.9 *Ref. G. Möller*

MISIR DEMOTİK SAYILAMASI

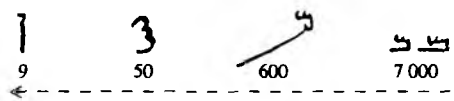
Görülüşü : ≈ M.Ö. 750
Tip : A3 (3. türden toplamalı sayılama: şek. 28.16). – Taban: 10.
Sıfır imi gereği : Yok – Sıfır imi : Yok.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 14. Bölüm).

Taban rakamlar*



* Hieratik rakamlardan türemiş olan bu rakamlar, işleklik bakımından onlardan daha gelişmişti. Bu tür yazıda birleştirme bağları, kısaltmalar, öbeklemeler çok olduğundan okunması zordur.

Örnek : 7659



Toplama ilkesine dayanan betimleme, şu ayrıştırmaya göre yapılır:

$$7\,659 = 7\,000 + 600 + 50 + 9.$$

Şekil 28.10. Ref. R.W. Erichsen

YUNAN (ALFABETİK) SAYILAMASI

Görülüşü : ≈ M.Ö. IV. yüzyıl
Tip : A3 (3. türden toplamalı sayılama: şek. 28.16). – Taban: 10.
Sıfır imi gereği : Yok – Sıfır imi : Yok.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 17. Bölüm).

Taban rakamlar

Α	Β	Γ	Δ	Ε	ϛ	Ζ	Η	Θ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ι	Κ	Λ	Μ	Ν	Ξ	Ο	Π	Ϟ
10	20	30	40	50	60	70	80	90
Ρ	Σ	Τ	Υ	Φ	Χ	Ψ	Ω	Ϡ
100	200	300	400	500	600	700	800	900

Örnek : 7659

͵Ζ Χ Ν Θ
7 000 600 50 9

Toplama ilkesine dayanan betimleme, şu ayrıştırmaya göre yapılır:

7 659 = 7 000 + 600 + 50 + 9.

(7000 sayısının gösterimi 7 sayısının iminin sol üstüne ayırıcı bir küçük im konarak elde edilmiştir).

Şekil 28.11

İBRANİ (ALFABETİK) SAYILAMASI

Görülüşü : ≈ M.Ö. II. yüzyıl
Tip : A3 (3. türden toplamalı sayılama: şek. 28.16). – Taban: 10.
Sıfır imi gereği : Yok – Sıfır imi : Yok.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 17. Bölüm).

Taban rakamlar

א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח	ט
1	2	3	4	5	6	7	8	9
י	כ	ל	מ	נ	ס	ע	פ	צ
10	20	30	40	50	60	70	80	90
ק	ר	ש	ת					
100	200	300	400					

Örnek : 7659

ט נ ר ת ׳ז
9 50 200 400 7 000

Toplama ilkesine dayanan betimleme, şu ayrıştırmaya göre yapılır:

7 659 = 7 000 + 400 + 200 + 50 + 9.

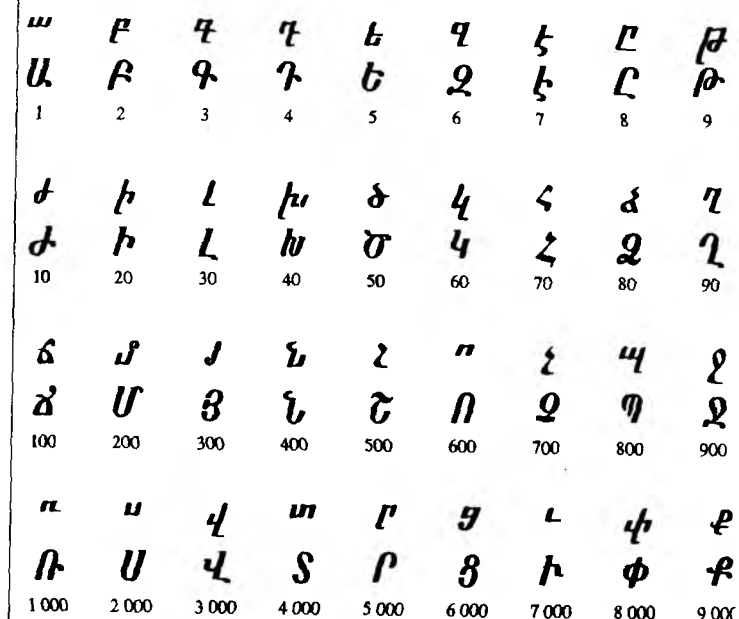
(7000 sayısının gösterimi 7 sayısının imi üzerine iki nokta konarak elde edilir).

Şekil 28.12

ARAMİ (ALFABETİK) SAYILAMASI

Görülüşü : ≈ M.S. 400
Tip : A3 (3. türden toplamalı sayılama: şek. 28.16). – Taban: 10.
Sıfır imi gereği : Yok – Sıfır imi : Yok.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 17. Bölüm).

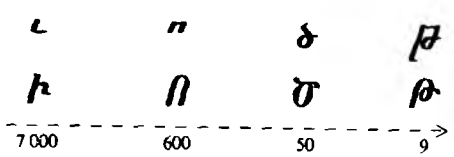
Taban rakamlar
(1. satır: küçük harf; 2. satır: büyük harf)



Örnek : 7659

Küçük harfle :

Büyük harfle :



Toplama ilkesine dayanan betimleme, şu ayrıştırmaya göre yapılır:

7 659 = 7 000 + 600 + 50 + 9.

Şekil 28.13

Toplamalı Sayılamaların Sınıflanışı

Bu tip sayılamalar matematiksel özellikleri 28.14-28.16 arasındaki şekillerde özetlenmiş bulunan üç türe ayrılır: Bunlar büyük sayıları dile getirmek için, belli bir büyüklük basamağından itibaren yeni bir yazı uylaşımının benimsenmesini gerektirir (bkz. 23. Bölüm).

A 1 tipi dizgeler
(birinci türden toplamalı sayılamalar)

m tabanlı sayılamalar
Bunların rakamları aşağıdaki değerlere karşılık gelir:

$1 \quad m \quad m^2 \quad m^3 \quad m^4 \quad \ldots,$

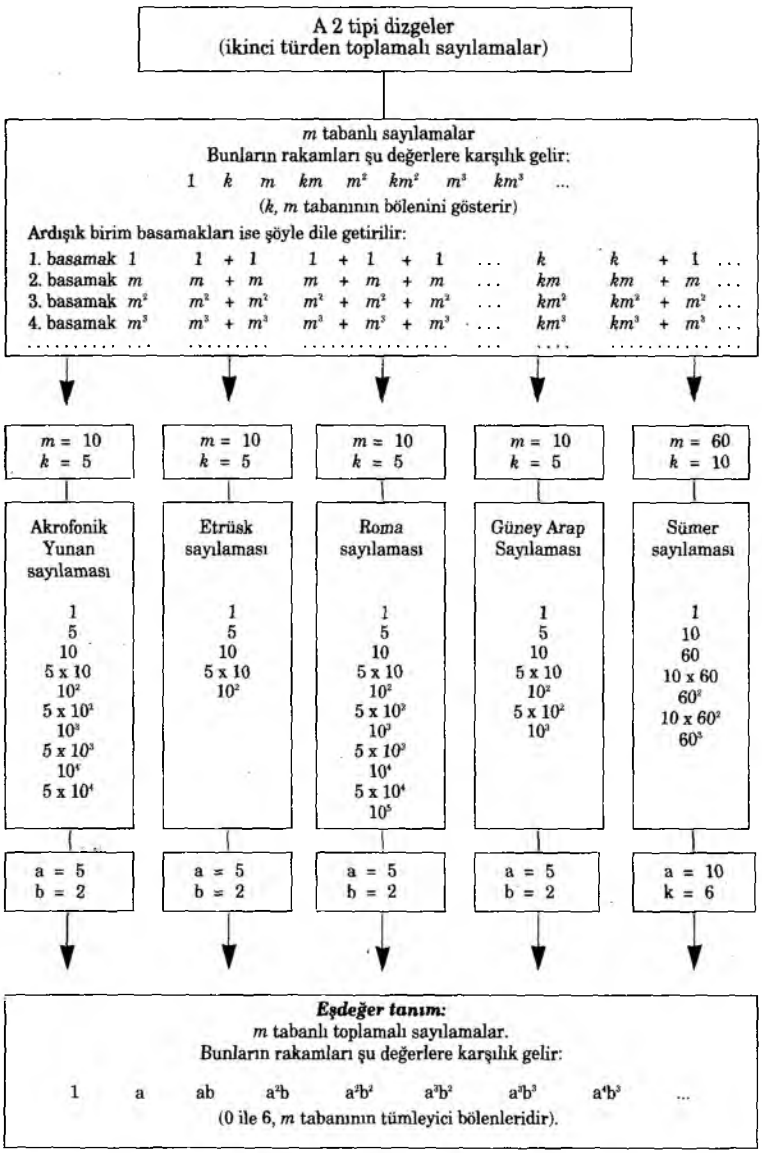
Ardışık birim basamakları ise şöyle dile getirilir:

1. basamak	1	$1 + 1$	$1 + 1 + 1$	...
2. basamak	m	$m + m$	$m + m + m$	...
3. basamak	m^2	$m^2 + m^2$	$m^2 + m^2 + m^2$	...
4. basamak	m^3	$m^3 + m^3$	$m^3 + m^3 + m^3$	...
.....	.....	.....	.....	...

$m = 10$	$m = 10$	$m = 10$	$m = 10$	$m = 20$
Mısır hieroglif sayılaması	Girit sayılaması	Hitit hieroglif sayılaması	Arkaik Yunan sayılaması	Aztek sayılaması
1 10 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6	1 10 10^2 10^3 10^4	1 10 10^2 10^3	1 10 10^2 10^3	1 20 20^2 20^3

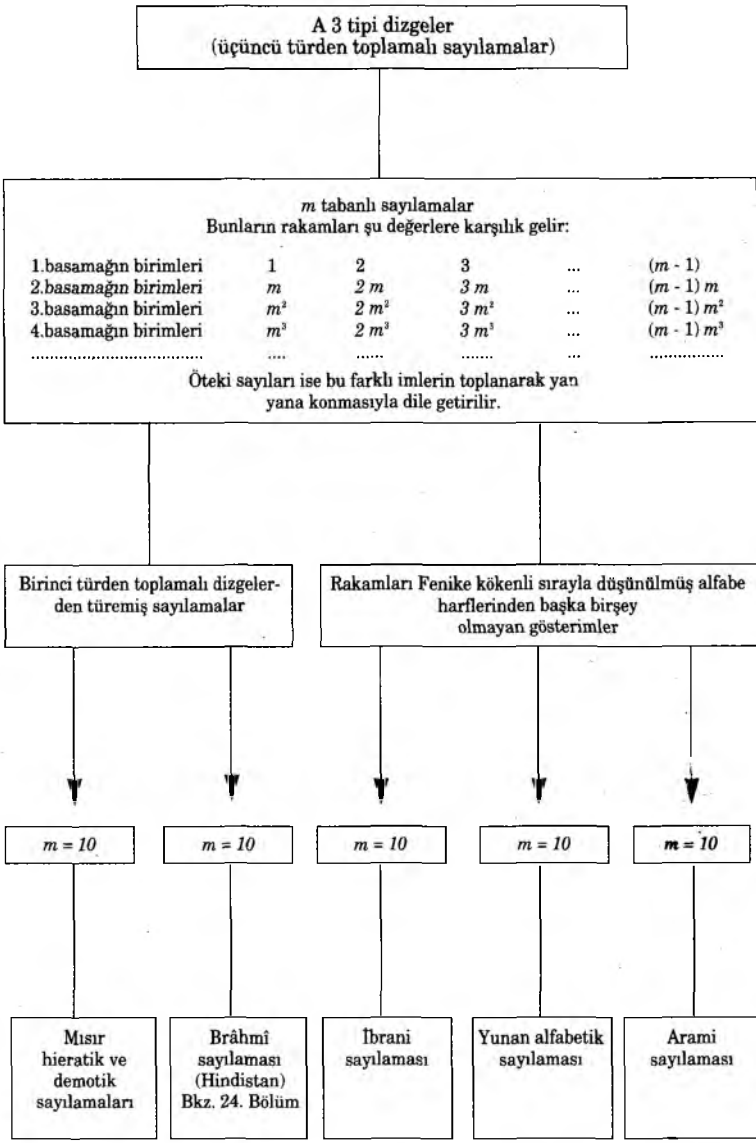
Şekil 28.14

Toplamalı Sayılamaların Sınıflanışı (devam)



Şekil 28.15

Toplamalı Sayılamaların Sınıflanışı (devam ve son)



Şekil 28.16

Çarpma İlkesinin İlk Görülüşleri

Sümerler Örneği

Milâttan önce yaklaşık 3300'den itibaren, Sümerler sayılama dizgelerinin birim basamaklarını boyutları ve biçimleri belirli olan nesnelerle betimlediler.

Birimi, onu, altmışı ve altmışın karesini *calculi*lerle simgelemeye başladılar (bkz. yanda; ayrıca bkz. 10. Bölüm):



1 10 60 3 600

Ama başlangıçtaki simgeleri çoğaltmak istemediklerinden 600'lerin ve 3600'lerin basamağını betimlemek için çarpma ilkesine başvurdular:



600 (= 10 × 60) 36 000 (= 10 × 60²)

Onla çarpmayı da 60 değerindeki büyük koninin ya da 3600 değerindeki kürenin yumuşak kili üzerine küçük bir yuvarlak iz yaparak (bu 10'u simgeleyen bilyanın "yazılı" simgesidir) simgeleştirmeyi akıl ettiler (o çağda çok soyut bir fikirdi bu).

Yazılı sayılamalarını arkaik çizgesiyle yaparken de çivi yazısı çizgesiyle yazarken de sayıları aynı fikre uygun olarak betimlediler (bkz. 8. Bölüm):

Arkaik rakamlar



Çivi yazısı rakamları



600 (= 10 × 60) 36 000 (= 10 × 60²)

Giritliler Örneği (M.Ö. II. bin):

Giritliler 10 000'in rakamını binin imine 10'un yatay çizgisini ekleyerek yazdılar (bkz. 15. Bölüm):



10 000 (= 1 000 × 10)

Yunanlılar Örneği (M.Ö. V. yüzyıldan itibaren):

Yunanlılar aynı ilkeye başvurarak, 5, 50, 500 ve 5000 sayılarının her biri için görünüşte özel bir gösterim getirip akrofonik sayılamalarını tamamladılar (bkz. 16. Bölüm):



5 50 (= 5 × 10) 500 (= 5 × 10²) 5 000 (= 5 × 10³)

Şekil 28.17

Çarpma İlkesinin Kullanımının İlk Genişlemeleri

Tarihin başından beri, insanoğlu bazen aslında toplama ilkesine dayalı olan dizgelere çarpma kuralının kullanımını sokmuştur. Ama bu ilk aşamada, kural yalnızca birkaç yeni simge oluşturmaya yaradığından, bu kullanım birtakım özel durumlarla sınırlı kalmıştır.

Ama sonraki aşamada kuralın aynı imleri durmadan yinelemekten kaçınmayı sağlamakla kalmayıp özgün simgeleri çoğaltmayı da önlediği anlaşıldı.

Böylece başlangıçta ilkel olan kimi gösterimler yüksek niceliklere kadar hatırı sayılır bir biçimde yayılabildi.

Yunanlılar Örneği

Bu fikir Eskiçağın alfabetik sayılamayı kullanan Yunanlı matematikçilerince geliştirildi. Yunanlılar onbinden sonraki sayıları dile getirmek istediklerinde M harfinin ("onbin"in Yunanca adı *Μυριοι*'in baş harfi) üzerine dile getirilecek onbinin sayısını koyarak çarpma kuralını kullanıyorlardı (bkz. 17. Bölüm):

$\overset{\alpha}{\mathrm{M}}$	$\overset{\beta}{\mathrm{M}}$	$\overset{\gamma}{\mathrm{M}}$	$\overset{\iota\beta}{\mathrm{M}}$
10 000	20 000	30 000	120 000
(= 1 × 10 000)	(= 2 × 10 000)	(= 3 × 10 000)	(= 12 × 10 000).

Araplar Örneği

Araplar alfabetik sayılamalarının 28 harfi yardımıyla aynı şeyi yapıyorlardı, ama daha küçük ölçüde: 1000'den sonraki sayıları dile getirmek için, 1000 değerinde olan ve dizgenin en büyük taban rakamı olan *gayn* harfinin sağına birleri, onları, yüzleri temsil eden rakamı yazmaları yetiyordu.

بغ	جغ	يغ	نغ
2 000	3 000	10 000	50 000
(= 2 × 1 000)	(= 3 × 1 000)	(= 10 × 1 000)	(= 50 × 1 000).

Eskiçağ Hintlileri Örneği

Hintliler de İmparator Ashoka döneminden milâdî takvimin başlarına dek Brâhmî yazısına bağlanan sayısal gösterimde aynı fikri kullandılar (bkz. 24. Bölüm). Yüzün katlarını dile getirmek istediklerinde yüzün rakamının sağına ilgili birimlerin imini koyuyor, çarpma ilkesini uygulayorlardı. Binden sonraki sayılarda ise 1000'in rakamının sağına ilgili birimlerin ya da onların imini koyuyorlardı.

𑁔𑁦	𑁒𑁦	𑁒𑁧	𑁒𑁪
400	4 000	6 000	10 000
(= 100 × 4)	(= 1 000 × 4)	(= 1 000 × 6)	(= 1 000 × 10)

Şekil 28.18 A

Mısır Heroglif Dizgesi Örneği *(geç kullanım)*

Mısır anıtsal yazıtlarında (en azından Yeni İmparatorluk'tan itibaren) "klasik" dizgeye göre çok önemli bir kural dışılık görürüz: Küçük bir sayının anlatımının üstüne (100 000'in hieroglif rakamı olan) bir iribaş konduğunda, bu, bir çarpan değeri kazanıyordu. Başka deyişle, örneğin 18'in betimlemesinin üstüne bir iribaş konunca, 100 018 (= 100 000 + 18) değeri değil, 100 000 x 18 = 1 800 000 değeri (klasik dizgede milyonun hieroglifinin yanına 8 iribaş koyarak dile getirilen sayı) dile getirilmiş oluyordu.

Örnek : 27 000 000
100 000 x 270
biçiminde dile getirilişi



Ptolemaios çağından (M.Ö. III. - I. yüzyıl) alınmış örnek; ref. TIA, III, 604

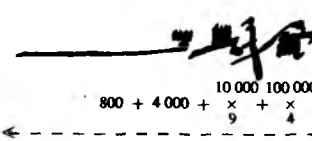
Mısır Hieratik Dizgesi Örneği

Ama bu kural dışılık gerçekte hieratik gösterimin hieroglif dizge üzerindeki etkisinden ileri geliyordu. Hieratik gösterim 10 000'den büyük birimleri söz konusu kurala göre daha dizgeli bir biçimde dile getiriyordu (bkz. 14. Bölüm). (Ref. G. Möller).

	Eski İmparatorluk	Orta İmparatorluk	Yeni İmparatorluk
70 000			
90 000			
200 000			
700 000			
1 000 000			
2 000 000			
10 000 000			

Örnek : 494 800 sayısının gösterimi

(*Harris Büyük Papirüs*ünden alınan örnek; 73, satır 3. Tarih : Yeni İmparatorluk, ref. Birch; Erichsen.)



Şekil 28.18 B

Büyük Sayılarla İlgili Latin Gösterimi (geç dönem)

Romalılar ve Ortaçağın Latin halkları, büyük sayıları yazmak için birçok yazı uylaşımı geliştirmişlerdir. Bunların ilkeleri şunlardır (bkz. 16. Bölüm):

1° *Üstçizgi kuralı:*
Bu kural üzerinde yatay bir çizgi bulunan tüm ifadeleri 1000'le çarpmaktı:

$\overline{X} = 10\,000$ $\overline{C} = 100\,000$ $\overline{CXXVII} = 127 \times 1\,000 = 378\,000.$

2° *Çerçeve kuralı:*
Bu kural, eksik bir dikdörtgenle çerçevelenmiş tüm ifadeleri 100 000'le çarpmaktı:

$\boxed{X} = 1\,000\,000$ $\boxed{CCLXIV} = 264 \times 100\,000 = 26\,400\,000.$

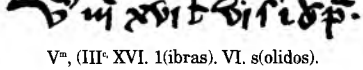
3° *Çarpma kuralı:*
Milâdî takvimin ilk yüzyıllarına ait Latince el yazmalarında kimi zaman, Avrupa Ortaçağının saymanlık belgelerinde ise çok sık rastladığımız kural. 100 ile 1000'in katlarını belirtmek için önce dile getirilecek yüzlerin ya da binlerin sayısı yazılır, sonra da katsayı ya da üs yerine uygun harf (c ya da m) konur (Ref. G.H.F. Nesselmann, s. 90).

100	C		1 000		
200	II.C	ya da II^{c}	2 000	II.M	ya da II^{m}
300	III.C	ya da III^{c}	3 000	III.M	*ya da* III^{m}
.....	.....	.....	.....	.....	.....
900	VIIII.C	ya da VIIII^{c}	9 000	VIIII.M	ya da VIIII^{m}

Plinius'un *Doğa Tarihi*'nden (M.S. I. yüzyıl) alınan örnekler (Ref. kitap VI, 26; kitap XXXIII, 3):

LXXXIII.M	83 000
CX.M	110 000

Ortaçağda, özellikle kral Philippe le Bel'in bize ulaşan en eski Hazine belgelerinden biri olan Hazine kayıtlarında aynı kullanım görülür (bu kayıtlarda "saymanlar Hazinenin gelir ve giderlerini günü gününe belirtiyor, ödemeyi yapan ya da alan kişinin adını, gelirin ya da giderin nasıl gerçekleştiğini yazıyorlardı") (M. Prou). 1299 tarihli bir kitapta, aşağıdaki gibi Latince kaleme alınmış şu ifadeyi görüyoruz (Extraits du Régistre du Trésor de Philippe le Bel [1299], BN, Paris, Lat. el yazım. 9783, f°. 3v, süt. I, satır 22; ref. M. Prou, lev. XXVII):



V^{m}, (III^{c} XVI. 1(ibras). VI. s(olidos). I. d(enarios). p(arisiensium).

"5316 lira, 6 sol ve 1 *son parisis*".

Şekil 28.19

ASUR-BABİL ORTAK SAYILAMASI[4]

Görülüşü : ≈ M.Ö. 2350
Tip : B1 (1. türden melez sayılama: şek. 28.28). – Taban: 10.
Sıfır imi gereği : Yok – Sıfır imi : Yok.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 13. Bölüm; 18. Bölüm).

Taban rakamlar



1 | 10 | 100 (= 10^2) | 1 000* (= 10^3)

* 100 rakamı ile 10 rakamından oluşan im.

Örnek : 7659



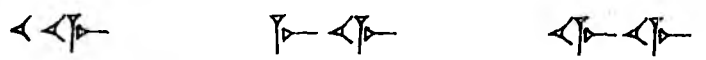
7 | 1 000 | 6 | 100 | 50 | 9

Kısmen melez ilkeye dayalı olan betimleme, şu ayrıştırmaya göre yapılır:

$$\begin{aligned} 7\,659 = {} & (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1) \times 1\,000 \\ & + (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1) \times 100 \\ & + (10 + 10 + 10 + 10 + 10) \\ & + (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1). \end{aligned}$$

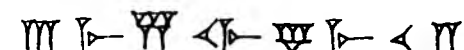
BÜYÜK SAYILARIN GÖSTERİMİ

Bu sayılama binleri yeni bir sayım birimi olarak görmesi ve çarpma kuralını uygulaması sayesinde binlerin gösterimine ulaşmayı başarmıştır.



10 000 (= 10 × 1 000) | 100 000 (= 100 × 1 000) | 1 000 000 (= 1 000 × 1 000)

Örnek : 305 412



= (3 × 100 + 5) × 1 000 + 4 × 100 + 10 + 2

(Kral Sargon'la çağdaş Asur tabletlerinden örnekler; ref. F. Thureau. Dangin).

Şekil 28.20

ARAMİ SAYILAMASI

Görülüşü : M.Ö. yaklaşık 750
Tip : B 1 (1. türden melez sayılama: şek. 28.28). – Taban: 10.
Sıfır imi gereği : Yok – Sıfır imi : Yok.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 18. Bölüm).

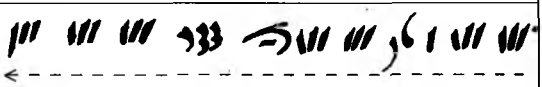
Taban rakamlar (Elephantine papirüs çizgesi)



1 | 10 | 100* (= 10^2) | 1 000* (= 10^3) | 10 000** (= 10^4)

* 10'un rakamının iki değişkesinin üst üste konup çarpılmasından türeyen im.
** 10'un rakamının iki değişkesinin 100'ün rakamıyla birleşmesinden türeyen im.

Örnek : 7659



9 | 50 | 100 | 6 | 1 000 | 7

Kısmen melez ilkeye dayalı olan betimleme, şu ayrıştırmaya göre yapılır:

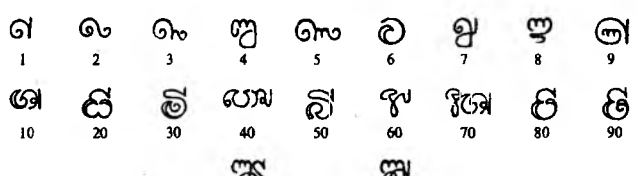
$$7\,659 = (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1) \times 1\,000 + (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1) \times 100 + (10 + 10 + 10 + 10 + 10) + (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1).$$

Şekil 28.21

SİNGHALA SAYILAMASI (Seylan Adası)

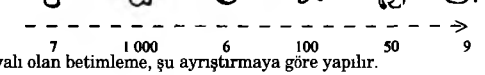
Görülüşü : M.Ö. yaklaşık 600-900
Tip : B 2 (2. türden melez sayılama: şek. 28.29). – Taban: 10.
Sıfır imi gereği : Yok – Sıfır imi : Yok.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 24. Bölüm; Sözlük).

Taban rakamlar



1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9
10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90
100 (= 10^2) | 1 000 (= 10^3)

Örnek : 7659



7 | 1 000 | 6 | 100 | 50 | 9

Kısmen melez ilkeye dayalı olan betimleme, şu ayrıştırmaya göre yapılır.

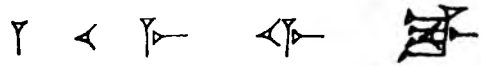
$$7 \times 1\,000 + 6 \times 100 + 5 \times 10 + 9$$

Şekil 28.22. Ref. Pihan; Renou ve Filiozat.

MARİ SAYILAMASI
(Mezopotamya'daki Mari kenti)

Görülüşü : M.Ö. yaklaşık 2000
Tip : B 3 (3. türden melez sayılama). – Taban: 100.
Sıfır imi gereği :
– Melez ilke kesin olarak uygulandığında, yok.
– Aşağıdaki yalınlaştırma kuralı uygulandığında, var.
Sıfır imi : Yok.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 13. Bölüm; 23. Bölüm).

Taban rakamlar

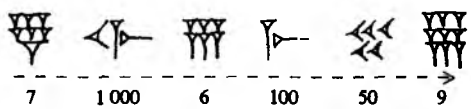


1 10 100 1 000* (= 10 × 100) 10 000** (= 100²)

* Harfle yazılmış sayı.
** Binin iminin 110'un imiyle birarada yazılıp çarpılmasından türeyen im.

Örnek : 7659

Kuralı yazı



7 1 000 6 100 50 9

Tümüyle melez ilkeye dayanan betimleme, şu tip bir ayrıştırmaya göre yapılır.

$$\begin{aligned} 7\,659 = {} & (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1) \times 1\,000 \\ & + (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1) \times 100 \\ & + (10 + 10 + 10 + 10 + 10) \\ & + (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1). \end{aligned}$$

Kısaltılmış yazı

Yukarıdaki betimleme çoğu kez 100'ün rakamının alınmadığı şu yalınlaştırılmış biçime sokulur:



76 59

$$\left(\begin{matrix}10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 10 \\ 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1\end{matrix}\right); \left(\begin{matrix}10 + 10 + 10 + 10 + 10 \\ 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1\end{matrix}\right)$$

Başka deyişle, gösterim kısmen, *konum ilkesinin* yüz tabanına göre uygulanmasına yönelir.

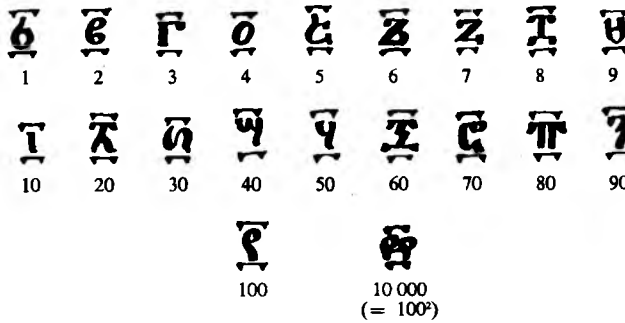
$$7\,659 = [76\,;\,59] = 76 \times 100 + 59.$$

Şekil 28.23

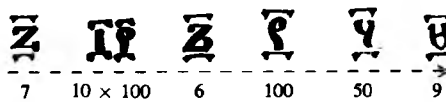
ETİYOPYA SAYILAMASI

Görülüşü : ≈ M.Ö. 350
Tip : B 4 (4. türden melez sayılama). – Taban: 100.
Sıfır imi gereği : Yok – Sıfır imi : Yok.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 19. Bölüm).

Taban rakamların değeri



Örnek : 7659



Tümüyle melez ilkeye dayalı olan betimleme, şu tip bir ayrıştırmaya göre yapılır:

$$7 \times 10 \times 100 + 6 \times 100 + 50 + 9$$

Şekil 28.24

YAYGIN ÇİN SAYILAMASI

Görülüşü : M.Ö. yaklaşık 1450
Tip : B 5 (5. türden melez sayılama: şek. 28.32). – Taban: 10.
Sıfır imi gereği :
– Melez ilke kesin olarak uygulandığında, yok.
– Aşağıdaki yalınlaştırma kuralı uygulandığında, var.
Sıfır imi : Var, ama geç bir dönemde.
Betimleme olanağı : Yalınlaştırılmamış dizgede sınırlı (bkz. 21. Bölüm; 23. Bölüm).

Taban rakamlar (bugünkü çizgeler)

一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	百	千	萬
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	100 ($= 10^2$)	1 000 ($= 10^3$)	10 000 ($= 10^4$)

Örnek : 7659

Kurallı yazı

七 千 六 百 五 十 九

7 1 000 6 100 5 10 9

Tamamen melez ilkeye dayanan betimleme şu ayrıştırmaya göre yapılır:

$7 \times 1\,000 + 6 \times 100 + 5 \times 10 + 9$

Kısaltılmış yazı

Yukarıdaki betimleme kimi zaman on tabanına göre *konum ilkesini* uygulayarak şu yalınlaştırılmış biçime sokulur:

七 六 五 九

7 6 5 9

BÜYÜK SAYILARIN GÖSTERİMİ

Çinliler, bu sayılamanın onüç temel karakteriyle, on bini yeni bir sayım birimi diye görerek, 10'un yüz milyarlar basamağına dek tüm kuvvetlerini (dolayısıyla 1'den 999 999 999 999 999'a dek tüm sayıları) ussal bir biçimde dile getirebildiler:

10 000 = 1 **wàn** = $1 \times 10\,000$
100 000 = 10 **wàn** = $10 \times 10\,000$, ...

Örnek : 487 390 629

四 萬 八 千 七 百 三 十 九 萬 六 百 二 十 九

$(4 \times 10^4 + 8 \times 10^3 + 7 \times 10^2 + 3 \times 10 + 9) \times 10^4 + 6 \times 10^2 + 2 \times 10 + 9)$

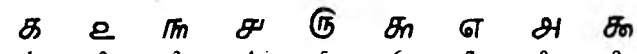
(Ref. Guitel; Menninger; Ore; Tchen Yon-Sun)

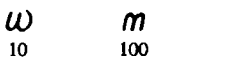
Şekil 28.25

TAMİL SAYILAMASI

Görülüşü : M.Ö. yaklaşık 600-900
Tip : B 5 (5. türden melez sayılama: şek. 28.32). – Taban: 10.
Sıfır imi gereği :
– Melez ilke kesin olarak uygulandığında, yok.
– Aşağıdaki yalınlaştırma ilkesi uygulandığında, var.
Sıfır imi : Modern dönemden önce yok.
Betimleme olanağı : Yalınlaştırılmış olmayan dizgede sınırlı (bkz. 24. Bölüm; 23. Bölüm).
Tamil ülkelerinde (Güney Hindistan, Palicat'tan Comorin Burnuna, Ghatlardan Bengal Körfezine kadar) kullanılan dizge.

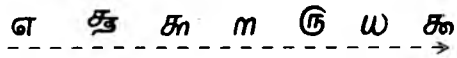
Taban rakamlar (bugünkü çizgeler)





Örnek : 7659

Kurallı yazı

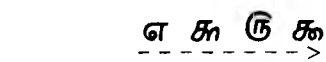


Tamamen melez ilkeye dayanan betimleme, şu ayrıştırmaya göre yapılır:

$$7 \times 1\,000 + 6 \times 100 + 5 \times 10 + 9$$

Kısaltılmış yazı (Modern çağlardan itibaren kullanılmış)

Yukarıdaki betimleme kimi zaman on tabanına göre *konum ilkesini* uygulayarak şu yalınlaştırılmış biçime sokulur:

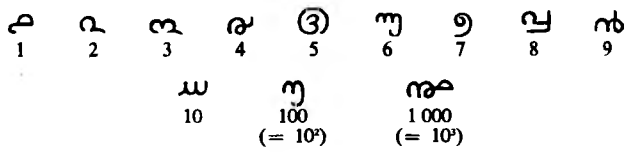


Şekil 28.26. Ref. Pihan; Renou ve Filliozat

MALÂYALAM SAYILAMASI

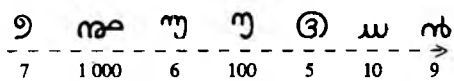
Görülüşü : ≈ M.Ö. 600-900
Tip : B 5 (5. türden melez sayılama: şek. 28.32). – Taban: 10.
Sıfır imi gereği :
– Melez ilke kesin olarak uygulandığında, yok.
– Aşağıdaki yalınlaştırma kuralı uygulandığında, var.
Sıfır imi : Modern dönemden önce yok.
Betimleme olanağı : Yalınlaştırılmış olmayan dizgede sınırlı (bkz. 24. Bölüm; 23. Bölüm).
Malayâlam ülkelerinde (Mangalore'den Trivanderam'a dek Malabar kıyısı boyunca Güney Hindistan) kullanılan dizge.

Taban rakamlar (bugünkü çizgeler)



Örnek : 7659

Kurallı yazı

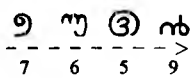


Tamamen melez ilkeye dayanan betimleme şu ayrıştırmaya göre yapılır:

$$7 \times 1\,000 + 6 \times 100 + 5 \times 10 + 9$$

Kısaltılmış yazı (Modern çağlardan itibaren kullanılmış)

Yukarıdaki betimleme kimi zaman on tabanına göre *konum ilkesini* uygulayarak şu yalınlaştırılmış biçime sokulur.



Şekil 28.27. Ref. Pihan; Renon ve Filliozat

Melez Sayılamaların Sınıflanışı

Bu tip sayılamalar, matematiksel özellikleri şek. 28.28-28.32'de özetlenmiş olan üç türe ayrılır (bkz. 23. Bölüm).

B 1 tipi dizgeler
Birinci türden melez sayılamalar
(kısmen melez sayılamalar)

Rakamları aşağıdaki değerlere karşılık gelen
m tabanlı sayılamalar:
$1\ m \quad m^2 \quad m^3 \quad m^4 \quad \ldots,$

Bunların biribirini izleyen çeşitli birim basamakları şöyle dile getirilir:

1. basamak	1	1 + 1	1 + 1 + 1	...
2. basamak	m	m + m	m + m + m^2	...
3. basamak	1 x m^2	(1 + 1) x m^2	(1 + 1 + 1) x m	...
4. basamak	1 x m^3	(1 + 1) x m^3	(1 + 1 + 1) x m^3	...
.....	.....	.....	.....	...

Öteki sayılar toplama ilkesi ile çarpma ilkesini birleştirerek dile getirilir.

$m = 10$

$m = 10$

Asur-Babil
ortak sayılaması

Batı Sâmi sayılamaları
(Arami, Fenike, Palmira,
Nabati,..)

Şekil 28.28

Melez Sayılamaların Sınıflanışı (devam)

B 2 tipi dizgeler
İkinci türden melez sayılamalar
(kısmen melez sayılamalar)

1	2	3	...	$(m-1)$
m	$2m$	$3m$	...	$(m-1)m$
m^2	m^3	m^4	...	

Bunların biribirini izleyen çeşitli birim basamakları şöyle dile getirilir:

1. basamak	1	2	3	...	$(m-1)$
2. basamak	m	$2m$	$3m$	...	$(m-1)m$
3. basamak	$1 \times m^2$	$2 \times m^2$	$3 \times m^2$	...	$(m-1) \times m^2$
4. basamak	$1 \times m^3$	$2 \times m^3$	$3 \times m^3$	...	$(m-1) \times m^3$
.....	.....	.....	.....		.....

Öteki sayılar toplama ilkesi ile çarpma ilkesini birleştirerek dile getirilir.

$m = 10$

Singhala sayılaması

Şekil 28.29

Melez Sayılamaların Sınıflanışı (devam)

B 3 tipi dizgeler
Üçüncü türden melez sayılamalar
(tam melez dizgeler)

Rakamları aşağıdaki değerlere karşılık gelen
m^2 tabanlı sayılamalar:

1 m m^2 m^3 m^4

Bunların biribirini izleyen çeşitli basamakları şöyle dile getirilir:

1. basamak	1	1 + 1	1 + 1 + 1	...
	m	$m + 1$	$m + m + m$	...
2. basamak	$1 \times m^2$	$(1 + 1) \times m^2$	$(1 + 1 + 1) \times m^2$	...
	$m \times m^2$	$(m + m) \times m^2$	$(m + m + m) \times m^2$	...
3. basamak	$1 \times m^3$	$(1 + 1) \times m^3$	$(1 + 1 + 1) \times m^3$	...
	$m \times m^3$	$(m + m) \times m^3$	$(m + m + m) \times m^3$	...
.....	.....	.....	.....	...

Öteki sayılar toplama ilkesi ile çarpma ilkesini birleştirerek dile getirilir.

m tabanı = 100

Mari sayılaması

Şekil 28.30

Melez sayılamaların sınıflanışı (devam)

B 4 tipi dizgeler
Dördüncü türden melez sayılamalar
(tam melez dizgeler)

Rakamları aşağıdaki değerlere karşılık gelen
m tabanlı sayılamalar:

1	2	2	...	$(m - 1)$
m	$2m$	$2m$	...	$(m - 1)\, m$
	m^2	m^3	m^4 m^5	...,

Bunların biribirini izleyen çeşitli basamakları şöyle dile getirilir:

1. basamak	1	2	3	...	$(m - 1)$
	m	$2\, m$	$3\, m$	...	$(m - 1)\, m$
2. basamak	$1 \times m^2$	$2 \times m^2$	$3 \times m^2$	...	$(m - 1) \times m^2$
	m^3	$2\, m^3$	$3\, m^3$	...	$(m - 1)\, m^3$
3. basamak	$1 \times m^4$	$2 \times m^4$	$3 \times m^4$	...	$(m - 1) \times m^4$
	m^5	$2\, m^5$	$3\, m^5$	...	$(m - 1) \times m^5$
.....	.....	.....	.....	...	.....

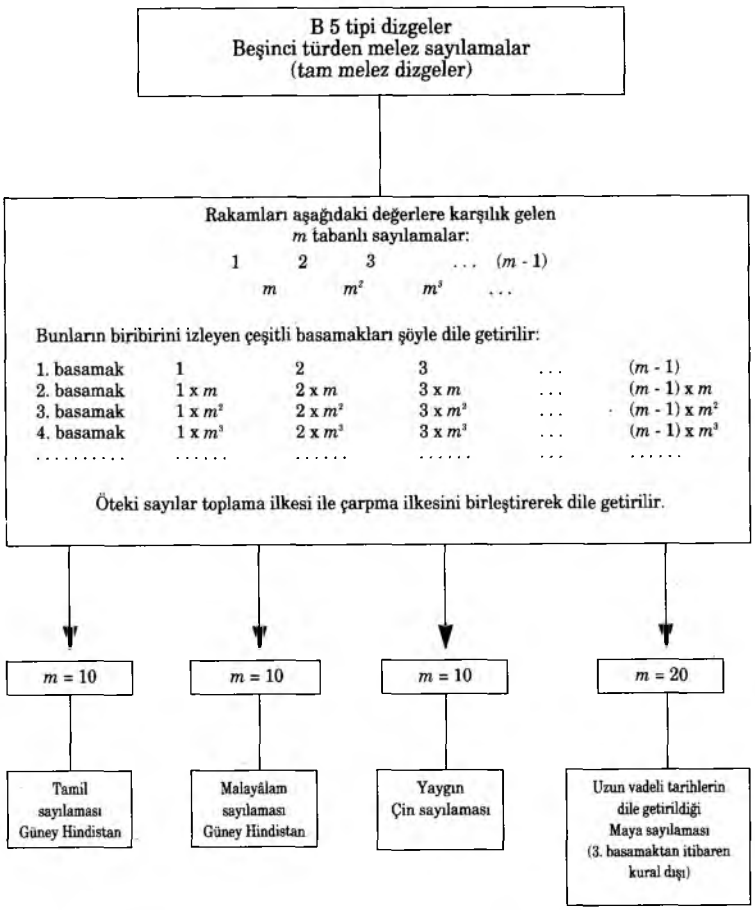
Öteki sayılar toplama ilkesi ile çarpma ilkesini birleştirerek dile getirilir.

m tabanı = 100

Etiyopya sayılaması

Şekil 28.31

Melez Sayılamaların Sınıflanışı (devam ve son)



İlk iki tür melez sayılamalardan farklı olarak, 3. 4. ve 5. kategoridekiler tabana eşit ya da tabandan büyük tüm birim basamaklarının gösteriminde çarpma ilkesini işe karıştırırlar. Bundan ötürü bunlara "tam melez" sayılamalar adı verilir. Dolayısıyla bunlarda sayıların betimlenişi, değişkeni *m* tabanı olan bir çokterimlinin çeşitli sayısal değerlerinin anlatımına uygun olarak yapılır (ardışık birim basamaklarının değerlerinde kural dışılık gösteren Maya dizgesi hariç).

Şekil 28.32

BABİL BİLGİN SAYILAMASI*

Görülüşü : ≈ M.Ö. 1800
Tip : C 1 (1. türden konumlu sayılama: şek. 28.37). – Taban: 60.
Sıfır imi gereği : Var – Sıfır imi : Var, ama ancak geç bir dönemde (M.Ö. yaklaşık IV. yüzyılda).
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 13. Bölüm).

Temel rakamlar



1 2 3 4 5 6 ... 10 20 30 ... 59

(Biri 1 sayısını, öteki 10 sayısını betimleyen iki temel imden yola çıkarak toplama ilkesiyle oluşturulmuş imler.

Konum değerleri

1. aşım :	1		
2. aşım :	60		
3. aşım :	60^2	=	3 600
4. aşım :	60^3	=	216 000
5. aşım :	60^4	=	12 960 000

Örnek : 7659



2 ; 7 ; 39

$(7\,659 = 2 \times 60^2 + 7 \times 60 + 39)$

Konum ilkesine dayanan betimleme, şu tip bir ayrıştırmaya göre yapılır:

[1+1 ; 1+1+1+1+1+1+1 ; 10+10+10+1+1+1+1+1+1+1+1+1]

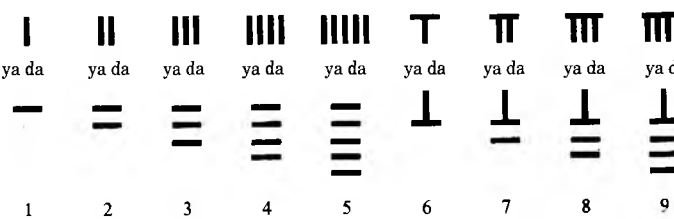
* Bu, tarihin ilk konumlu sayılamasıdır.

Şekil 28.33

ÇİN BİLGİN SAYILAMASI

Görülüşü : ≈ M.Ö. 200
Tip : C 1 (1. türden konumlu sayılama: şek. 28.37). – Taban: 10.
Sıfır imi gereği : Var – Sıfır imi : Var, ama ancak geç bir dönemde (Hint etkisiyle + VIII. yüzyılda).
Betimleme olanağı : Sınırlı.

Temel rakamlar



(Biri 1 sayısını, öteki 5 sayısını betimleyen iki temel imden yola çıkarak toplama ilkesiyle oluşturulmuş imler).

Konum değerleri

1. aşım :	1		
2. aşım :	10		
3. aşım :	10^2	=	100
4. aşım :	10^3	=	1 000
5. aşım :	10^4	=	10 000

Örnek : 7659



$(7\,659 = 7 \times 10^3 + 6 \times 10^2 + 5 \times 10 + 9)$

Konum ilkesine dayanan betimleme şu tip bir ayrıştırmaya göre yapılır:

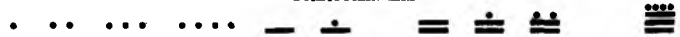
[5+1+1 ; 5+1 ; 1+1+1+1+1 ; 5+1+1+1+1]

Şekil 28.34

MAYA BİLGİN SAYILAMASI

Görülüşü : ≈ M.S. IV. - IX. yüzyıl.
Tip : C 1 (1. türden konumlu sayılama: şek. 28.37). – Taban: 20
(üçüncü basamağın birimlerinden itibaren bir kural dışılık var).
Sıfır imi gereği : Var – Sıfır imi : Var.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 22. Bölüm; 23. Bölüm)

Temel rakamlar



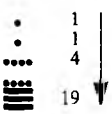
1 2 3 4 5 6 ... 10 11 12 ... 19

(Biri 1 sayısını öteki 5 sayısını betimleyen iki temel imden yola çıkarak toplama ilkesiyle oluşturulmuş imler).

Konum değerleri

1. aşım :	1		
2. aşım :	20		
3. aşım :	18 x 20	=	360
4. aşım :	18 x 20^2	=	7 200
5. aşım :	18 x 20^3	=	144 000

Örnek : 7659



(7 659 = 1 × 7 200 + 1 × 360 + 4 × 20 + 19)

Konum ilkesine dayanan betimleme, şu tip bir ayrıştırmaya göre yapılır.

[1 ; 1 ; 1+1+1+1 ; 5+5+5+1+1+1+1]

Şekil 28.35

MODERN SAYILAMA

Görülüşü : ≈ M.S. IV. yüzyıl.
Tip : C 2 (2. türden konumlu sayılama: şek. 28.38). – Taban: 10
(üçüncü basamağın birimlerinden itibaren bir kural dışılık var).
Sıfır imi gereği : Var – Sıfır imi : Var.
Betimleme olanağı : Sınırlı (bkz. 23. Bölüm; 24. Bölüm; ayrıca bkz. **Hint rakamları*, Sözlük).

Taban rakamlar (bugünkü çizgeler)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Her türlü dolaysız görsel algıdan uzak imler

Konum değerleri

1. aşım :	1		3. aşım :	10^2	= 100
2. aşım :	10		4. aşım :	10^3	= 1 000

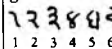
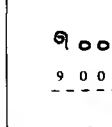
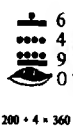
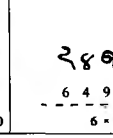
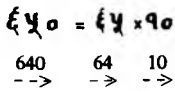
Örnek : 7659

7659

(7 659 = 7 × 10^3 + 6 × 10^2 + 5 × 10 + 9)

Şekil 28.36

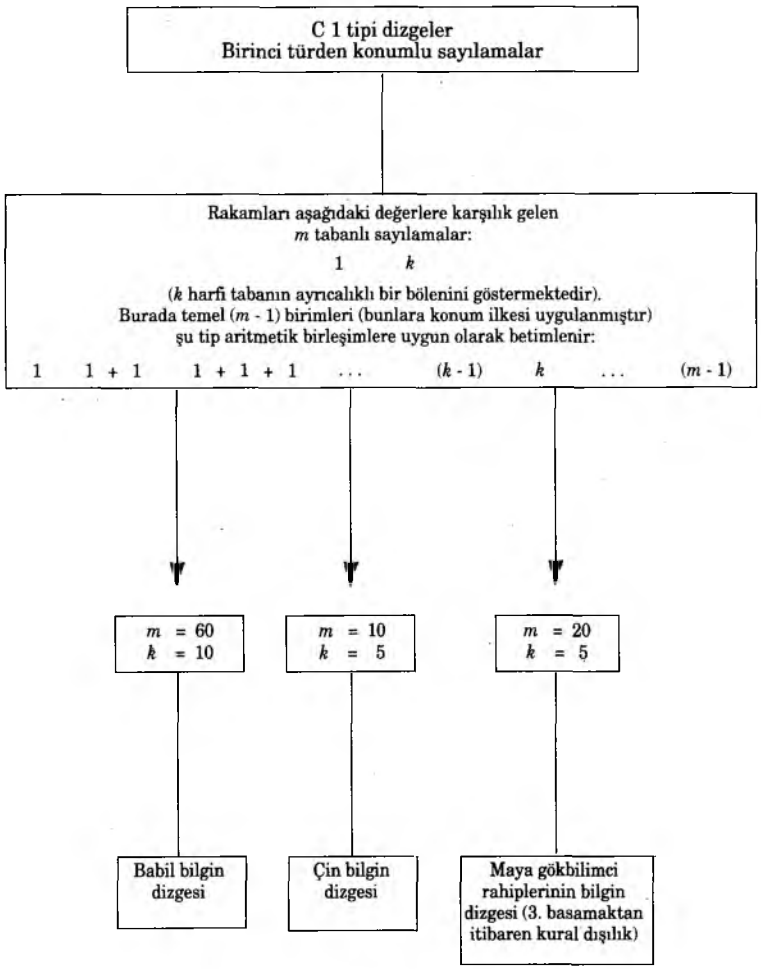
Tarihin Sıfırlarının Sınıflanışı

SIFIRLAR VE DİZGELER	MAYA	BABİL	HİNT	MODERN
	Yirmi tabanı. 3. basamaktan itibaren bir kural dışılık	Altmış tabanı	On tabanı	On tabanı
	Konumlu sayı kuralı			
	Temel imler aşağıdaki imlerden yola çıkarak oluşturulmuştur: 1 5	 1 10	Temel imler her türlü dolaysız görsel algıdan uzaktır:  1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 2 3 4 5 6 7 8 9
		 ya da  ya da 	o	0
	Herşeyden önce "boş"un eşanlamlısı olan bu im, rakamlı betimlemelerde belli bir basamağın birimlerinin yokluğunu belirtir.			
	- Orta konumda  9 0 0 7 9 × 7 200 + 0 × 360 + 0 × 20 + 7	- Orta konumda  9 0 0 7 9 × 60³ + 0 × 60² + 0 × 60 + 7	- Orta konumda  9 0 0 7 9 × 10³ + 0 × 10² + 0 × 10 + 7	- Orta konumda 9 0 0 7
	- Son konumda  6 4 9 0 6 × 7 200 + 4 × 360 + 9 × 20 + 0	- Son konumda (yalnızca Babilli gökbilimcilerde)  6 4 9 0 6 × 60³ + 4 × 60² + 9 × 60 + 0	- Son konumda  6 4 9 0 6 × 10³ + 4 × 10² + 9 × 10 + 0	- Son konumda 6 4 9 0
	Bu sıfır bir aritmetik işlemcidir: Rakamlı bir betimlemenin sonuna eklendiğinde, o betimlemenin değeri tabanla çarpılmış olur. Örnek :  640 64 10			
		Belli bir dönemden itibaren, bu im artık "yok", "hiç" anlamını taşıyan "sıfır sayısı" olarak görülmüştür.		"Sıfır değerini" ya da "yok sayısını" betimleyen im (bkz. **Sıfır*, Sözlük).
				Tüm cebirlerin ve bugünkü tüm matematiğin temelinde bu sıfır vardır.

Şekil 28.37

Konumlu Sayılamaların Sınıflanışı

Bu tip sayılamalar matematiksel özellikleri şek. 28.39'da özetlenmiş bulunan iki türe ayrılır (bkz. 23. Bölüm)



Şekil 28.38

Konumlu Sayılamaların Sınıflanışı (devam ve son)

C 2 tipi dizgeler
ikinci türden konumlu sayılamalar

Konum ilkesine dayanan, içinde sıfır bulunan ve temel rakamları her türlü dolaysız görsel algıdan uzak ve bağımsız olan sayılamalar.

Bugünkü ondalık sayılama ve bütün ondalık denkleri (Hindistan'ın, Güneydoğu Asya'nın ve Arapların... konumlu dizgeleri)

Daha genel olarak: m tabanlı her sayılama onunla aynı yapıyı taşır (m sayısı zorunlu olarak 1'den büyüktür)

Taban
$m = 10$

Taban
m

m TABANLI KONUMLU SAYILAMALARIN TEMEL MATEMATİKSEL ÖZELLİKLERİ

1.- Rakamların sayısı (sıfır dahil) m'ye eşittir.

2.- Her x tam sayısı, hepsi m'den küçük olan katsayılarla, değişkeni m tabanı olan k -1 dereceli bir çokterimli biçiminde ayrıştırabilir. Başka deyişle, herhangi bir x sayısı

$$x = u_k m^{k-1} + u_{k-1} m^{k-2} + \ldots + u_4 m^3 + u_3 m^2 + u_2 m + u_1$$

biçiminde yazılabilir. Burada hepsi m'den küçük olan $u_k . u_{k-1} \ldots u_2 . u_1$ tam sayıları söz konusu sayılama dizgesinin rakamlarıyla simgeleştirilir. Bundan ötürü x sayısı aşağıdaki gibi simgeleştirilebilir (yatay çizgi $u_k u_{k-1} \ldots u_4 u_3 u_2 u_1$ çarpımıyla karışmayı önlemek içindir):

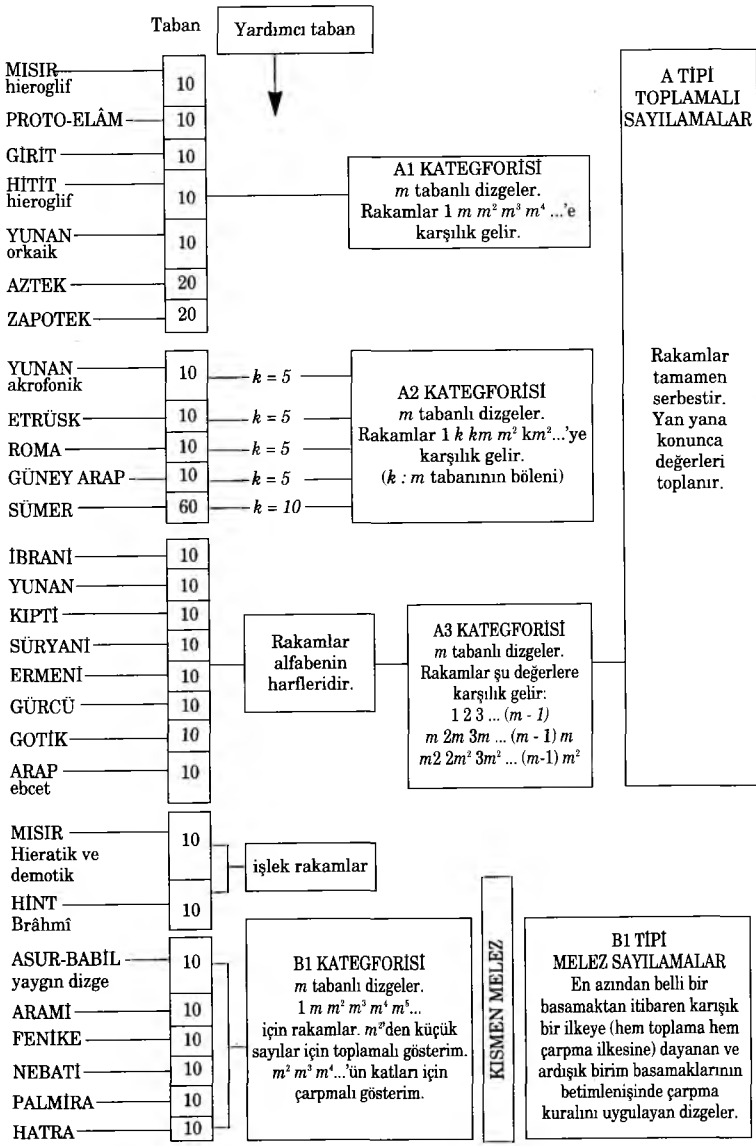
$$\overline{x = u_k u_{k-1} \ldots u^4 u^3 u^2 u^1}$$

3.- Aritmetiğin dört temel işlemi (toplama, çıkarma, çarpma, bölme) böyle bir dizgede söz konusu m tabanından tamamen bağımsız yalın kurallarla kolayca yapılır.

4.- Bu konumlu gösterim bir virgül yardımıyla paydası tabanın bir kuvveti olan üleşkelere ve oranlı oransız tüm sayılara güçlük çekmeden uygulanabilir.

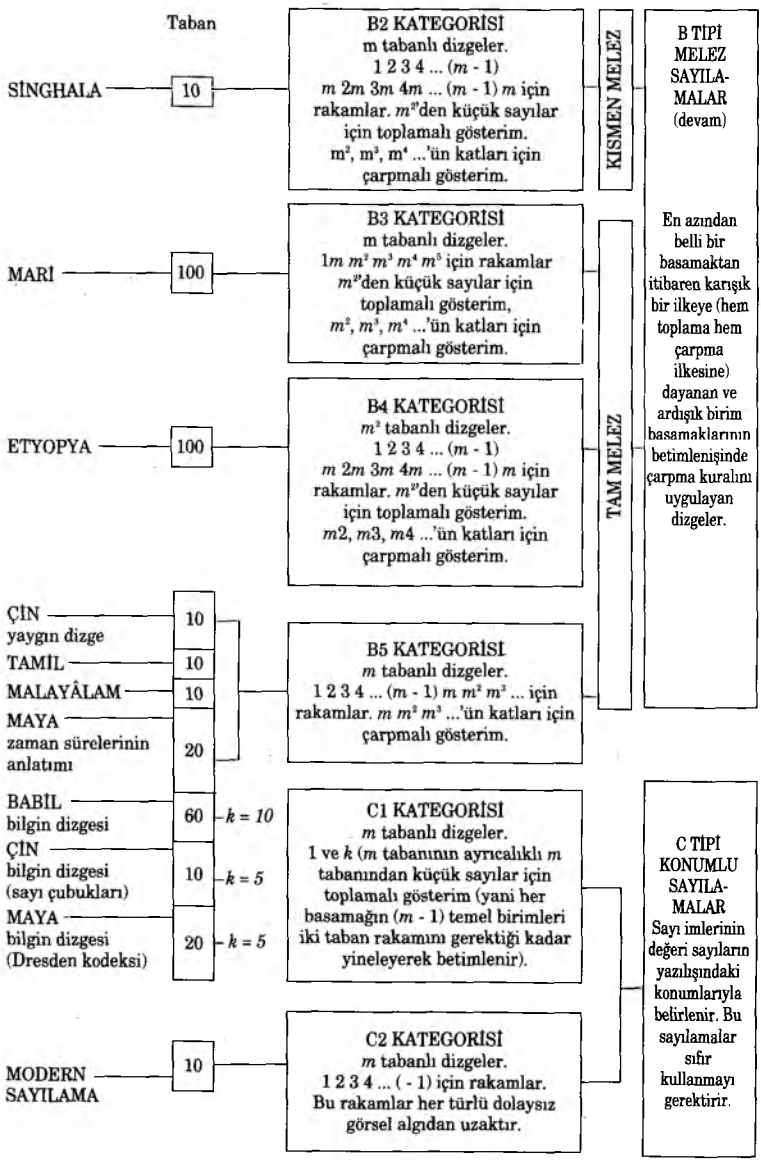
Şekil 28.39

Tarihin Yazılı Sayılamalarının Sınıflanışı



Şekil 28.40A

Tarihin Yazılı Sayılamalarının Sınıflanışı (devam ve son)



Şekil 28.40B.- Yazarın G. Guitel'den [4] uyarladığı çizelgeler.

Uygunluk Çizelgesi
(Sınıflama → Zamandizin)

Tipler	Dizgeler	Şekiller*	Tarihler
A-B-C	*Tarihin yazılı sayılamalarının sınıflanışı* (bkz. 23. Bölüm)	Tipler	
A1	*1. Türden toplamalı sayılamalar*	28.14	
	– Mısır sayılaması (hieroglif)	28.1	– 3000
	– Proto-Elâm sayılaması (2. dizge) (İran)	28.2	– 2900
	– Girit sayılaması (doğrusal A)	28.3	– 1900
	– Girit sayılaması (hieroglif)	28.3	– 1700
	– Hitit sayılaması (hieroglif)	28.4	– 1400
	– Girit sayılaması (doğrusal B)	28.3	– 1350
	– Zapotek sayılaması	28.19	– 450
	– Aztek sayılaması	28.5	+ 1200
A2	*2. Türden toplamalı sayılamalar*	28.15	
	– Sümer sayılaması	28.6	– 3300
	– Yunan sayılaması	28.7	– 500
	– Güney Arap sayılaması	16.19	– 450
	– Etrüsk sayılaması	16.35	– 650
	– Roma sayılaması	28.8	– 500
A3	*3. Türden toplamalı sayılamalar*	28.14	
	– Mısır hiepatik sayılaması	28.9	– 2500
	– Mısır demotik sayılaması	28.10	– 750
	– Yunan alfabetik sayılaması	28.11	– 350
	– Brâhmî sayılaması (Hindistan)	24.70	– 260
	– İbrani alfabetik sayılaması	28.12	– 180
	– Kıptî alfabetik sayılaması (Mısır)	17.48	+ 270
	– Gürcü alfabetik sayılaması	17.50	+ 300
	– Ermeni alfabetik sayılaması	28.13	+ 410
	– Gotik alfabetik sayılaması	17.51	+ 370
	– Süryani alfabetik sayılaması	19.1	+ 550
	– Arap alfabetik sayılaması	19.4	+ 750

Şekil 28.41A

* Soldaki iki rakam bölüm numaralarını, sağdaki rakamlar ise şekil numaralarını göstermektedir.

Uygunluk Çizelgesi
(Sınıflama → Zamandizin)

Tipler	Dizgeler	Şekiller	Tarihler
B1	*1. Türden melez sayılamalar*	28.28	
	Asur-Babil sayılaması (yaygın)	28.20	– 2350
	Arami sayılaması	28.21	– 750
	Fenike sayılaması	18.2	– 550
	Karoşti (Kuzeybatı Hindistan) sayılaması	24.54	– 260
	Nabati sayılaması	18.2	– 150
	Hatra sayılaması	18.2	+ 100
	Palmira sayılaması	18.2	+ 100
B2	*2. Türden melez sayılamalar*	28.29	
	Singhala sayılaması	28.22	+ 600/900
B3	*3. Türden melez sayılamalar*	28.30	
	Mari sayılaması	28.23	– 2000
B4	*4. Türden melez sayılamalar*	28.31	
	Etyopya sayılaması	28.24	– 350
B5	*5. Türden melez sayılamalar*	28.32	
	Çin sayılaması (yaygın)	28.25	– 1350
	Maya sayılaması (uzun vadeli tarihler)		– 292
	Tamil sayılaması (Güney Hindistan)	28.26	+ 600/900
	Malayâlam sayılaması (Güney Hindistan)	28.27	+ 600/900
C1	*1. Türden konumlu sayılamalar*	28.38	
	Babil sayılaması (bilgin)	28.33	– 1850
	Çin sayılaması (bilgin)	28.34	– 200
	Maya sayılaması (bilgin)	28.35	+ 400/900
C2	*2. Türden konumlu sayılamalar*	28.39	
	Modern sayılama (Hint kökenli)	28.36	+ 458
0	*Tarihin sıfırlarının sınıflanışı*	28.39	

Şekil 28.41B

Uygunluk Çizelgesi
(Sınıflama → Zamandizin)

"Görülüş" Tarih	Dizgeler	Sınıflama: Tip	Sınıflama: Tür
– 3300	Sümer sayılaması	A	2
– 3000	Mısır sayılaması (hieroglif)	A	1
– 2900	Proto-Elâm sayılaması (2. dizge) (İran)	A	1
– 2500	Mısır sayılaması (hieratik)	A	3
– 2350	Asur-Babil sayılaması (yaygın)	B	1
– 2000	Mari sayılaması	B	3
– 1850	*Babil sayılaması (bilgin)*	C	1
– 1800	Girit sayılaması (doğrusal A)	A	1
– 1600	Girit sayılaması (hieroglif)	A	1
– 1400	Hitit sayılaması (hieroglif)	A	1
– 1350	Çin sayılaması (yaygın)	B	5
– 1350	Girit sayılaması (doğrusal B)	A	1
– 750	Mısır sayılaması (demotik)	A	3
– 750	Arami sayılaması	B	1
– 650	Etrüsk sayılaması	A	2
– 550	Fenika sayılaması	B	1
– 500	Yunan sayılaması (akrofonik)	A	2
– 500	Güney Arap sayılaması (Minalılar ve Sabalılar)	A	2
– 500	Roma sayılaması	A	2
– 450	Zapotek sayılaması	A	1
– 350	Yunan sayılaması (alfabetik)	A	3
– 260	Karoşti sayılaması (Kuzeybatı Hindistan)	B	1
– 260	Brâhmî sayılaması (Hindistan)	A	3
– 200	Çin sayılaması (bilgin)	C	1
– 180	İbrani sayılaması (alfabetik)	A	3
– 150	Nabati sayılaması	B	1
+ 100	Hatra sayılaması	B	1
+ 100	Palmira sayılaması	B	1
+ 270	Kipti sayılaması (alfabetik) (Mısır)	A	3
+ 292	Maya sayılaması (uzun vadeli tarihler)	B	5
+ 300	Gürcü sayılaması (alfabetik)	A	3
+ 350	Etyopya sayılaması	B	4
+ 370	Gotik sayılama (alfabetik)	A	3
+ 410	Ermeni sayılaması (alfabetik)	A	3
+ 458	*Modern Sayılama* (Hint kökenli)	***C***	***2***
400-900	Tamil sayılaması (Güney Hindistan)	B	5
+ 550	Süryani sayılaması (alfabetik)	A	3
600 – 900	Maya sayılaması (bilgin)	C	1
600 – 900	Singhala sayılaması	B	2
600 – 900	Malayâlam sayılaması (Güney Hindistan)	B	5
+ 750	Arap sayılaması (alfabetik)	A	3
+ 1200	Aztek sayılaması	A	1

Şekil 28.42

1- Aşağıda gönderme olarak verilen şekiller bazan bu kitabın 23. Bölümündeki çizelgelerle bazan da bu bölümün sonundakilerle ilgilidir.

2- Aşağıda, "modern sayılama" deyiminden, yalnız (kullanımı kısa bir süredir tüm gezegene yayılmış olan) bugünkü yazılı sayılamamızı değil, aynı zamanda onunla aynı yapıyı ve aynı olanakları taşıyan ve bugün Yakın Doğu'da, Orta Asya'da, Hindistan'da, Güneydoğu Asya'da kullanılmakta olan bütün yazılı sayılamaları anlıyoruz. Bkz. **Yazılı Hint sayılamaları (~nın matematiksel sınıflanışı)*, Sözlük.

3- Soru işaretiyle belirtilen aşamalar birçok çağdaş "ilkel" halkın ve küçük yaştaki çocukların davranışları üzerinde yapılmış budunbilimsel ve ruhbilimsel araştırmaların sonucu olan akla yatkın yeniden kurmalardır.

4- Mezopotamyalı Sâmiler, kuşkusuz sözlü sayılamalarının yapısından etkilenerek, çarpma ilkesini öteki bırım basamaklarına yaymayı düşünüp, böylece tarihin ilk *melez sayılamasını* yarattılar.

29. Bölüm
Aritmetikten Cebire ya da Tekilden Ortaklaşaya

Cebiri "icat edenlerin" Araplar olduğu söylenir çoğu kez. Burada kuşkusuz sözcük bilgisindeki bir belirsizliğin yarattığı bir yanlış anlama, bu bilimin tarihine ilişkin bir yanlış bilgi söz konusudur.

Gerçekte cebir Eskiçağdan beri vardır. Bunun kanıtı ise Sümerlerin, Babillilerin, Mısırlıların, Yunanlıların ve Çinlilerin, örneğin geometrik hesaplarında, tartışılmaz bir biçimde temel cebir kavramlarını içeren belli sayıda sayısal bağıntıyı kullanmış olmalarıdır. Babillilerin birinci ve ikinci dereceden birçok denklemi çözmüş olduklarını biliyoruz. Çinlilere gelince, onlar da, sayı tahtaları üzerinde çubuklarla oynarken, çok bilinmeyenli denklem dizgelerini bugünkü matrisler ve determinantlar yöntemine oldukça yakın bir yöntemle çözmek için, pozitif ya da negatif sayılara ilişkin uylaşımsal bir betimleme kullanmayı bilmişlerdir (bkz. 21. Bölüm).

Ancak, sıfırsız da olsa (sıfır epey geç girmiştir) ondalık konumlu bir sayılamayı tanımış olan Çinliler dışında, bu halklar bu cebir kavramlarını hiçbir zaman soyut bir biçimde, yani matematiksel bir genellik kazanabilecek bir anlamda düşünmediler.

Zaten başka türlüsü de olamazdı, çünkü eski çağların sayılamaları buna elverişli değildi.

Elde edilen sonuçların bolluğuna karşın, Çin uygarlığının matematikçilerinin bu bilimde daha büyük gelişmeler göstermelerini, gerçekten çağdaş matematik düzeyinde bir bilim yaratmalarını engelleyen de Çin konumlu dizgesinin eksikliğidir (bkz. 28. Bölüm, Şek. 28.34 ve 28.38).

Gerçekte, kavramsal olarak, tamamen soyut bir cebir aşamasına ilk ulaşanlar Hint bilginleridir (bkz. 24. Bölüm; Sözlük). Kuşkusuz, tarihte ilk kez, Hint bilginleri kendi hesap kurallarını herhangi bir büyüklüğe gücül olarak uygulanabilir algoritmalara dönüştürmeyi bil-

mişlerdir. Başka deyişle, gerek sıfırın gerek negatif niceliklerin tümüyle tam sayı olarak görüldüğü, artık yalın kullanım uylaşımları olarak görülmediği yöntemlere uyarak soyut sayılara uygulanabilen kurallar geliştirmişlerdir.

Özetle, A. Marc'ın sözleriyle söylersek, Hint alt-kıtası matematikçileri tekil içinde tümeli ayırt etmeyi bilmiş olan ilk matematikçilerdir diyebiliriz (bkz. *Dialectique de l'affirmation*, s. 128).

Hint matematikçilerinin sıfırı ve konumlu sayılaması, gerçekten, onlara soyut sayı kuramının ve matematiksel bilginin ilerlemesinin yardımıyla bir cebir bilimi geliştirmeye yönelik bakış açıları kazandırmıştır (bkz. 28. Bölüm, Şek. 28.36 ve 28.39). Çünkü, "bu tip gösterimlerle birlikte, artık her biri kendine özgü simgelerle dile getirilmeyen sayısal değerler, kendilerinde taşıdıkları bireysel nitelikleri birdenbire yitirirler. Kısmen kendilerini oluşturan sayıların karşılıklı konumlarının işlevleri haline geldiklerinden, göreli yapıları önem kazanır; yapılışlarının çevrimsel düzenliliği, hepsini hep aynı biçimde, ilişkilerinin tam bilgisini hiçbir zaman yitirmeden içine almayı sağlayan bir yasa oluşturur" (L. Massignon ve R. Arnaldez).

Bununla birlikte Hint cebiri günümüz cebirinin düzeyine ulaşma yolundaki önemli adımı atamamış, her zaman genel bir gösterimden yoksun kalmıştır.

Aşağıdaki özet bunu daha iyi anlamayı sağlayacaktır. Cebirsel gösterimin tarihini özetlemek için, T. Dantzig'in çizdiği şemaya göre, bu tarihin art arda üç aşamadan geçtiğini anımsamak yeter.

İlk aşama, sözcüklerin kendilerinin simgesel anlamlarıyla kullanılması dışında, tam bir simge yokluğuyla ıralanan *terminolojik cebir* dönemi olmuştur.

Örneğin, "iki sayının çarpımı bulundukları sıradan bağımsızdır" dendiğinde, bu ifade modern cebir terimleriyle $a \times b = b \times a$ biçiminde dile getirilse bile, bu cebir kullanılmaktadır.

Sonraki aşamada cebir *ses düşmeli* hale gelir: Sık kullanılan kimi sözcükler kısaltılmış, böylece gerçek "cebirsel düşün-yazı imleri" haline gelmiştir.

Daha sonraki aşamada da kısaltma başlangıçta betimlenmiş işlemlerle tüm bağın kopması noktasına götürülmüş, söz konusu çizgesel imlerin artık ana örnekleri olan seslerle görünür bir bağı kalmamıştır.

Örnek olarak çıkarmayı alalım. Bu işlem önce *moins* sözcüğüyle dile getirilmiş, sonra onun yerini üzerinde yatay bir çizgi bulunan *m*

harfi almış *(m),* sonunda da harf tamamen kaldırılıp işlemi belirtmek **üzere** (–) imi kullanılmaya başlamıştır. Zaten Batı Avrupa'da Latince ***minus***, "eksi" sözcüğüyle olan da tamı tamına budur.

Son aşama *bugünkü simgesel cebir* aşamasıdır ki buna biraz sonra geri döneceğiz.

İmdi, Âryabhata'nın, Bhâskara'nın, Brahmagupta'nın, Mahâvîrâchârya'nın, hattâ Bhâskarâchârya'nın cebiri her zaman *ses düşmeli* olmuştur. Başka deyişle, Hint matematikçileri söz konusu işlemleri adlandıran sözcüklerinin ilk hecelerinden başka simgeler kullanmayı akıl etmemişlerdir hiçbir zaman. Dahası matematiksel çözmecelerinin dile getirilişi ile çözümleri genellikle koşuk halinde yapılmış, dolayısıyla Hint ölçüsünün kurallarına uydurulmuştur. (bkz. **Bijaganita, *Şiir ve sayıların yazılışı,* Sözlük).

Böylece anlaşılıyor ki, Hint cebir simgeleri her zaman yoruma açık boş sözler yığını olarak kalmış, ne kadar kişi varsa o kadar değişikliğe uğramıştır. [Bkz. **Hint matematiği (~ tarihi),* Sözlük].

Deyim yerindeyse, bu alanda Hint uygarlığının attığı tohumlar yabancı topraklarda yeşerecektir.

Gerçekten, cebir biliminin bugünkü cebirimize doğru en göz alıcı gelişmelerini gösterdiğini görmek için (Al Harezmi, Ebû Kâmil, Al Kereci, Ömer Hayyam, As Samaval al Mağrıbî, Nasreddin at Tûsî, Gıyaseddin Cemşid al Kâşî ya da Al Kalaşadî gibi) Arap bilginlerinin çalışmalarını beklemek gerekmiştir. Çünkü bu bilginler pratik ve bireşimci kafalarıyla, aritmetiği cebirleşmiş bir işlemler tekniğine yöneltip, P. Boutroux'nun deyişiyle, onu sonunda "yapıcı ve pozitif bir bilim" haline getirmeyi kuşkusuz Hintli öncellerinden ve öncülerinden daha iyi, daha çok bilmişlerdir (bkz. 25. Bölüm).

Ancak cebir daha sonraki hayranlık veren serpilişini elbette Rönesans'ın ve klasik dönemin Avrupalı matematikçilerinin çok önemli çabalarına ve katkılarına borçlu olacaktır.

Fibonacci, Luca Pacioli, Nicolas Chuquet, Jean Bourrel, Christoph Rudolff, Michael Stiffel, Scipione dal Ferro, Gerolamo Cardano, Raffaele Bombelli, Johannes Buteo, Robert Recorde, François Viète, Johann Widmann, Jacques Petier du Mans, René Descartes, ... Bunlar, temel katkılarıyla *özgül uslamlamadan evrensel uslamlamaya* geçişe damgasını vuracak olan başlıca simalardır.

Doğrusu, Condillac'ın dediği gibi, "Roma rakamları karşısında Arap rakamları neyse, Arap rakamları karşısında da cebir odur" (*Histoire*

moderne, XX, 6). Çünkü (D'Alembert'in söylediğini yinelersek) aritmetik, sayısal ya da rakamlarla yapılan aritmetik ile cebirsel terimlerle yapılan, harflere dayalı, genel olarak büyüklüklere uygulanan bir hesap biçimi olan evrensel aritmetik diye ayrılır (Jean Le Rond d'Alembert, *Explications générales des connaissances humaines*).

"Matematik saygı gören bir bilim ise, cebirin iyi yapılmış tek dil olmasından ötürüdür. Çünkü matematiğin dili bu bilimin terimleri ve deyimleriyle oluşturulmuş bir dilden başka birşey değildir (Condillac, *La Langue des calculs,* Giriş, II, s. 420).

Zaten T. Dantzig'in belirttiği gibi, cebirin tarihi ile aritmetiğin tarihi arasında çarpıcı bir benzerlik vardır. Burada, görmüştük ki, insanlık binlerce yıl boyunca, yalnız konum ilkesinden değil, ayrıca ve özellikle yok niceliğini betimleyen bir simgeden de yoksun olduğu için, elverişsiz sayılamalarla karşı karşıya kalmıştır. "Cebirde genel bir gösterimin eksikliği, bu bilimi her zaman sayısal denklemleri çözmek için rastlantıyla konmuş bir kurallar topluluğu haline getirmiştir; tıpkı sıfırın keşfinin modern aritmetiği yaratması gibi, harfli gösterim de cebirin tarihinde yeni bir çağ açmıştır".

Gerçekten de bu aşama yalnız gösterimin tarihinde değil, ayrıca ve esas olarak simgesel düşüncenin tarihinde de çok önemli olmuştur; çünkü bu gösterim, gramercinin soyutlama derecesinden, kısaltmayı salt bir simge haline getiren saf mantıkçının soyutlama derecesine geçişi yansıtır (bkz. A. Koyré, in: HGS, 2, s. 51).

Buraya dek matematiksel önermeler, ya yorumların rastlantısallığına boyun eğmiş salt bir terminolojik dil içinde kalmış ya da genel bir kuralı izleyen, ama somut durumlar üzerinde iş gören gramercininkine benzeyen yarı somut bir düşünce içerisine sıkışmıştı. Bundan ötürü, harfli gösterimden önce ancak bireysel özelliklerine göre değerlendirilebilecek özgül anlatımlarla iş görülmüştü yalnızca.

Buna karşılık değişkenleri, bilinmeyenleri, belirsiz değişmezleri göstermek için dizgeli olarak harf kullanma fikri cebiri başlangıçtan beri bağlı bulunduğu sözün boyunduruğundan kurtarmıştır. "Sayı" olarak düşünülmüş kavramları dile getirmek için o zamana dek kullanılan çeşit çeşit sözcüklerin ve kısalmaların tersine, birim bugünkü x'imiz betimlediği düşünülen tek tek öğelerin yapısından tamamen bağımsızdır.

Denebilir ki, cebirsel harfli gösterim tekilden ortaklaşaya geçmeyi sağlamıştır; çünkü $ax^2 + bx + c$ gibi bir anlatım artık tikel bir büyük-

lüğün simgesini değil, tüm bir sayılar kategorisinin ıralayıcı biçimini oluşturur.

Başka deyişle, sözel olarak dile getirilmiş matematiksel önermeler ile yalnızca herhangi sayıları betimleyen harflerden ve simgelerden oluşmuş anlatımlar arasında denklik kurarak, özgül özelliklere dayalı tekil uslamlamadan aynı türün tüm örneklerinde ortak olan özelliklere dayanan evrensel uslamlamaya geçilebilmiş, böylece artık cebir bilimi salt bir ayrıntılı stenografi düzeyinden daha yüksek bir düzeye çıkarılmıştır.

Bu da yalnız genel fonksiyonlar kuramını –uygulamalı matematiğin temellerinden birini oluşturan bu bilimi– olanaklı kılmakla kalmamış, ayrıca ve özellikle çözümlemenin cebirselleşmesini ve çözümleyici geometrinin ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Özetle, modern cebir sıradan aritmetiğe göre tartışılmaz bir ilerleme göstermiştir.

30. Bölümde bunun başlıca adımları verilmekte, 32. Bölümde ise bu evrimin yalnız matematiğin ve çağdaş bilimlerin soyutlaşması yolunda değil, bugünkü bilgisayar kavramının ortaya çıkması yolunda da çok önemli bir aşamaya damgasını vurduğu gösterilmektedir.

30. Bölüm
Matematiksel Hesabın Tarihi[1]

Fransız dilinde XV. yüzyıldan beri görülen (Nicolas Chuquet, 1484) *calcul* sözcüğünün Latince "çakıl taşı", genişleme yoluyla da "boncuk", "jeton" ve "piyon" anlamına gelen *calculus*'tan geldiğini anımsatalım. Bu etimoloji yalnız sütunlu çörkü üzerindeki eski hesap tekniklerine değil, ayrıca ve özellikle tarihöncesindeki uzak atalarımızın ilk hesap sanatına başlamalarını sağlayan çok daha eski çakıl taşı yöntemine de göndermede bulunmaktadır (bkz. 1., 2., 11. ve 12. Bölümler).

Romalılar çocuklarına sayı saymayı çakıl taşlarıyla, jetonlarla ya da piyonlarla öğrettikleri için bu sözcük sonunda temel aritmetiğin herhangi bir işlemini (toplama, çıkarma, çarpma, bölme) adlandırmaya başlamıştır. Gerçek anlamları da eğretilemeli anlamları da buradan gelir: *Calcul mental* (zihinden hesap); amaçlarına ulaşmak için ustaca manevra anlamında *calcul* (hesap); ... *Calculateur* ve *calculatrice* sözcükleri de oradan gelir (bunları 1546'da Guillaume Budé getirmiştir): Latince *calculator, calculatrix*'ten gelen bu sözcükler tam olarak "hesaplayan, sayım yapan" ya da "hesap işinde usta olan" ve genişleme yoluyla "tasarılarını gerçekleştirmekte usta olan" anlamına gelir.

Ancak matematiğin ortaya çıkışı zamanla hesap kavramında hatırı sayılır bir genişlemeye yol açmış, bu sözcüğe gittikçe daha geniş bir anlam kazandırmıştır.

Bu çeşitli anlam genişlemeleri arasında ilkin uzun süre kesirli ya da tam, oranlı ya da oransız, cebirsel ya da aşkın herhangi bir yapıdaki sayılar üzerinde yapılan işlemler kümesine karşılık gelmiş olan, ama sayısal çözümlemenin yükselişi sayesinde bugün matematik çözmecelerinin çözüm yöntemlerinin incelenmesinden oluşan *sayısal hesap* bulunmaktadır.

Belirli olmayan türden simgeler üzerinde gerçekleştirilen işlemlerle klasik aritmetiğin kurallarını genelleştiren, amaçlarından biri de cebirsel denklemleri ya da denklem dizgelerini çözmek olan *cebirsel hesabı* da sayalım (bkz. 29. Bölüm).

Ayrıca,

– kuralları bir vektör uzayının öğelerini birleştiren ya da dönüştüren *vektör hesabından*;

– satırlar ve sütunlar halindeki çizelgelerde gerçek ya da karmaşık sayılar üzerindeki işlemlerle ilgili olan *matris hesabından*;

– herhangi bir ilgin (afin) uzayda tanımlanmış, çok bileşenli, gerçek, karmaşık ya da çok daha genel yapıdaki matematiksel varlıklarla ilgili olan *tansörel hesaptan*;

– amacı iyi tanımlanmış bir fonksiyonlar sınıfının her öğesini çok belirli bir fonksiyonla karşılıklılık içine sokan yöntemleri incelemek olan matematik dalı *fonksiyonlar hesabından*;

– amacı bir ya da birçok gerçek değişkenli fonksiyonların türetme ve türevleme kurallarını incelemek olan *türetke hesabından (diferansiyel hesap)*;

– amacı bir ya da birçok gerçek değişkenli fonksiyonları türetkelerine göre belirlemek ve türetik denklemleri çözen değişkenler arasındaki ilişkileri araştırmak olan *integral hesabından*;

– amacı sonsuz küçük değişimleri bulunan değişkenler için bir ya da birçok gerçek değişkenli fonksiyonların değişimini incelemek olan *sonsuz küçükler hesabından*;

– işlemleri belli bir yatırım projesinin kârlılığını belirlemeye yarayan *iktisat hesabından*... da söz edelim.

Özetle, aşağıdaki zamandizinsel çizelgelerde de görüleceği gibi, *hesap (calcul)* sözcüğü hatırı sayılır genişlikte bir anlam alanı kazanmıştır. Sonunda, çok genel bir biçimde, *bir kümenin (sayılar, vektörler, büyüklükler, fonksiyonlar, mantıksal önermeler, kümeler ... kümesinin) öğelerine, sonuç denen çok belirli bir matematiksel varlıklar sınıfını elde etmek üzere uygulanan çok belirli kurallar ve yöntemler kümesinin kullanılmasının* adı haline gelmiştir.

ZAMANDİZİNSEL KİLOMETRE TAŞLARI

– **XVIII. yüzyıl**. Bu dönemden başlayarak, Mezopotamyalı bilginler gerek *ikinci dereceden denklemleri gerek üçüncü ve dördüncü dereceden denklemleri* çözmeyi bilirler. Ayrıca çoğu doğrusal bir denklem ve ikinci dereceden bir denklem içeren çeşitli türden iki bilinmeyenli *eşanlı denklemlerin* çözümlerini de bilirler.

- **XVI. yüzyıl**. Bu dönemde Mısırlıların *ilksel bir cebiri* vardır. Örneğin yiyecek ve eşyanın pay edilmesiyle ilgili, birinci dereceden denklemlerin çözümünü gerektiren çözmeceleri çözmeyi bilirler. Ayrıca temel bir cebirsel gösterim kullanırlar. Örneğin *hau* ("yığın, küme") hieroglifi bu çözmecelerde her zaman bilinmeyeni gösterir. Bacağın resim-yazı imi ise sık sık kâh toplama imi kâh çıkarma imi anlamında (bacak simetrik biçiminde olduğu zaman) gerçek bir matematiksel im olarak kullanılır; aynı imge kimi zaman da karesini alma eylemini dile getirmek için kullanılacaktır.
- **V. yüzyıl**. Eskiçağ Yunan dünyasının büyük matematikçilerinin öncüsü olan, ancak gizemci ve gizlici bir felsefeye dalmış bulunan Yunan matematikçi filozofu Pythagoras'ın çağı. Rivâyet, birinin karesi ötekinin karesinin iki katı olan iki sayı bulmanın olanaksızlığının keşfedilişini ona atfeder; başka deyişle, bir karenin köşegeninin kenarıyla "hiçbir ortak ölçeğinin bulunmadığının" keşfedilişini. Bu ise "ölçekdeş olmayan sayıların" keşfedilişi anlamına gelen, *√2'nin oransızlığının keşfi demektir*. Modern terimlerle söylersek, oransız sayıların keşfi (bunlar ne tam sayıdır ne de üleşkeli). Pythagorasçıların öteki olumlu katkıları ise *tek ile çiftin* incelenişi, *şekilli sayılar* (jetonlarla ya da boncuklarla yapılan betimlemeleri bir zeminde ya da uzayda geometrik bir biçim alabilen sayılar: kare, üçgen, kübik, piramit sayılar...) kuramıdır.
- **III. yüzyıl**. Yunan sayılamasını çok büyük sayıların gösterimine kadar genişletecek olan büyük Yunan matematikçisi Arkhimedes'in çağı (Arkhimedes örneğin evrendeki kum tanelerinin sayısını dile getirmek için bu sayılamayı kullanacaktır; bkz. 17. Bölüm). Arkhimedes ayrıca π *(pi)* sayısının 3,14084 (= 3 x 10/71) ile 3,14285 (= 3 x 10/70) arasında bulunduğunu kanıtlayacak, çemberlerin içine ve dışına çizilmiş, n ve 2n kenarlı düzgün çokgenlerin alanlarını ve çevrel uzunluklarını ölçerek π sayısını belli bir yaklaşıklıkla hesaplamayı sağlayan geri dönüş bağıntılarını elde edecektir (bu yöntem bugün *Arkhimedes algoritması* adıyla bilinir).
- **III. yüzyıl**. Klasik geometrinin temellerini atacak olan büyük Yunan matematikçisi Eukleides'in çağı. Eukleides ayrıca *Öğeler* adlı yapıtının IX. kitabının bir bölümünü tek ve çift sayıların, *asal sayıların* ve *yetkin çift sayıların* incelenmesine, VIII. kitabını ise üleşkelerin tam kuvvetlerine ya da daha iyisi, eski anlayışa göre, geometrik dizili tam sayılara (çünkü üleşkeler o çağda yalnızca tam sayılar arasındaki bağıntılar ya da oranlar olarak görülüyordu) ayıracaktır.

Milâdî takvimin dolayları. Çinlilerin önemli yapıtı *Wiu zhang suan shu* ("Dokuz Bölümde Hesap Sanatı") adlı derlemenin dönemi. Bu yapıt Çinlilerin bu dönemden itibaren farklı türden denklemleri ve denklem dizgelerini, fişli çör-

küleri üzerinde, pozitif ya da negatif sayılarla ilgili uylaşımsal bir betimleme kullanarak çözmeyi bildiklerini göstermektedir. Daha geç olmakla birlikte (XI. yüzyıla doğru), cebir dizgelerinin çözümü için, *matrisler* yardımıyla görece ileri bir hesap yöntemini kullanarak çok etkili bir yöntem bile geliştireceklerdir.

II. yüzyıl. Yeni-Pythagorasçı Yunan matematikçisi Gerasalı Nikhomakhos uzun uzun şekilli sayılar kuramını anlattığı *Aritmetiğe Giriş*'ini yayımlar.

III. yüzyıl. Yunan matematikçisi İskenderiyeli Diophantos, kuşkusuz Yunan matematiği tarihinde ilk kez, üleşkeleri gerçek sayılar olarak kabul ettiği *Aritmetik* adlı kitabını yayımlar. Bu kitapta yalnız birinci dereceden denklemleri değil, daha üst dereceden denklemleri de dizgeli bir biçimde inceler. Ayrıca orada çözmecenin bilinmeyenini "sayı" anlamına gelen Yunanca *arithmos* sözcüğünün ilk hecesinden başka birşey olmayan bir imle göstererek *temel bir cebirsel simge dizgesi* getirir. Onun *belirsiz çözümleme* çözmeceleri, alanı modern denklemler kuramına hazırlayacaktır. Simgesel gösteriminin acemiliğine ve yöntemlerinin kaba sabalığına karşın Diophantos'u modern cebirin öncülerinden biri olarak görebiliriz.

IV.-V. yüzyıl. Sıfırın ve Hint kökenli ondalık konumlu sayılamanın keşfedilişi. Bu keşif bundan böyle genelleyici sayı fikrine, dolayısıyla cebirin ve çağdaş matematiğin yükselişine yol açacaktır.

628. Hint matematikçi ve gökbilimcisi Brahmagupta *Brahmasphutasiddhânta*'sını yayımlar. Brahmagupta bu kitapta *dokuz rakam ve sıfır* aracılığıyla ondalık konumlu gösterimde eşsiz bir ustalık sergiler. Ayrıca bugün kullanmakta olduğumuz yöntemlere çok yakın hesap yöntemlerini betimler, sıfırın gerçek bir sayısal kavram ("yok sayısının kavramı") olarak gösterildiği ve pozitif ya da negatif sayılar içeren bir dizgeleştirme içinde *temel cebir kurallarını* verir. Üstelik açıkça sıfırın tersi diye tanımladığı *matematiksel* Sonsuzdan söz eder (bkz. *Sonsuz*, Sözlük).

629. Hint matematikçisi Bhâskara, *Âryabhatiya* Yorumu'nu yayımlar ve orada çağının Hint matematiği ile gökbilimi üzerine çok değerli bilgiler verir. Yapıtı sıfırın ve ondalık konumlu sayılamanın kullanımında eşsiz bir uzluk sergilemekle kalmaz, (Arap matematikçilerinin birkaç yüzyıl sonra getireceği) yatay çizgi olmamakla birlikte, bizimkine çok benzer bir biçimde göstereceği aritmetik üleşkelerle ilgili hesapların ve üç kuralının çok kolay bir uygulanışını da sergiler.

820-850. Yapıtlarıyla Hint kökenli rakamların, hesap yöntemlerinin ve cebir işlemlerinin İslâm dünyasında ve Batı Avrupa'da yayılmasına geniş ölçüde katkıda bulunacak olan Müslüman gökbilimci ve matematikçi Al Harezmi'nin çağı. Onun *algorismi* ya da *algorismus* biçiminde latinleşmiş, sonra da *algorisme* biçiminde franklaşmış olan adı, ilkin jetonlu çörkü üzerinde hesap işlemlerine karşıt olarak Hint kökenli rakamlarla yapılan yazılı hesabın kurallarını adlandırmış, sonunda bugünkü "dizgeli hesap işlemi" anlamını kazanmıştır. *Cebir (algèbre)* sözcüğüne gelince, o da Al Harezmi'nin cebirsel hesabın temel kurallarını veren yapıtının Arapça başlığından türeyecektir: *Al cabr va'l mukâbala* ("Dönüştürme ve İndirgeme", yani denklemin negatif bir teriminin bir taraftan öteki tarafa geçirilmesi; çünkü *mukâbala* benzer terimlerin indirgenmesinden başka birşey değildir).

X. yüzyıl.

- Al Harezmi'nin çalışmalarını devam ettiren büyük Müslüman cebirci Ebû Kâmil (onun getirdiği cebirsel ilerlemelerden 1202'ye doğru İtalyan matematikçi Fibonacci yararlanacaktır);
- Eukleides'in, Diophantos'un ve Al Harezmi'nin yorumlarını yapan, Arapların (sonra da Avrupalıların) cebir ve sayılar kuramıyla birlikte Diophantos'un *Aritmetica*'sından haberdar olmasını sağlayan Müslüman matematikçi Ebu'l Vefa al Bucani;
- ve *ondalık üleşkeler* üzerine önemli bir açıklama yayımlayan Müslüman matematikçi Al Uklîdîsî'nin çağı.

X. yüzyılın sonu. *Üleşkeler aritmetiği* üzerine önemli çalışmalar yapacak olan Müslüman matematikçi Al Kereci'nin çağı. Al Kereci, Diophantos'un ve Ebû Kâmil'in çalışmalarına dayanarak bir cebir geliştirecek, orada ikinci dereceden alışılmış denklem biçimlerinin yanı sıra kimi *2n dereceli denklemleri* inceleyecektir. Yapıtı, *oransız sayılarla* iş görürken, kesinlik duygusunun Yunan kökenli geometrik cebirin biçimlerinden daha esnek biçimlerle nasıl biraraya gelebildiğini gösterir; bu, özetle, matematiksel simgeselliğin gelişmesiyle birlikte, Arapların aritmetiği ile cebirinde geometrik türden betimlemelerin ortaya konmasıyla sona erecek bir evrimin başlangıcı olacaktır.

XI. yüzyıl.

- Çalışmaları özellikle Hint aritmetiği ve Babil kökenli altmışlı hesapla ilgili olan Kuşiyar bin Labbân al Gili'nin;

– *oranlar kuramı* ve *üçüncü dereceden denklemler* üzerine önemli çalışmalar yapacak olan İranlı büyük şair ve matematikçi Ömer Hayyam'ın çağı.

XII. yüzyıl. Sonradan Müslüman olan, Al Kereci'nin izleyicisi Yahudi matematikçi As Samaval bin Yahyâ al Mağribî'nin çağı.

1202. Daha çok Fibonacci adıyla bilinen İtalyan matematikçi Pisalı Leonardo, Hint kökenli dokuz rakamla hesap sanatını öğrendiği Kuzey Afrika ve Yakın Doğu yolculuklarından sonra, daha sonraki üç yüz yıl boyunca Batı Avrupa'da aritmetiğin ve cebirin gelişmesine çok önemli katkılarda bulunacak olan *Liber Abaci*'sini ("Çörkü Üzerine İnceleme") yayımlar.

XIII. yüzyıl. Özellikle aritmetik ve cebir üzerine önemli çalışmalar yapacak olan Müslüman matematikçi ve gökbilimci Nasreddin at Tûsî'nin çağı.

XV. yüzyıl.

– İslâm bilginlerinin hazırladığı en tam sayısal cetveller arasında bulunan *trigonometri cetvellerinin* yazarı, Semerkant'ın aydın hükümdarı Uluğ Bey'in;

– cebir, altmışlı hesap ve aritmetik üzerine, özellikle de *ikiterimlinin dile getirilişi*, ondalık üleşkeler hesabı, tam üslü *kuvvetler, n'inci kökler*, oransız sayılar... üzerine önemli çalışmalar yapan İranlı matematikçi Gıyaseddin Cemşid al Kâşî'nin çağı.

1478. Yazarı belirsiz, kılgın bir aritmetik el kitabı olan, özellikle "Arap" rakamlarının Batı Avrupa'da yayılışına ve Hint kökenli hesap yöntemlerinin gördüğü giderek artan ilgiye tanıklık eden Trévise "Aritmetik"inin yayımlanışı. Bu yapıt aynı zamanda, o güne dek sözcüklerle dile getirilen temel aritmetik ve cebirsel işlemler için kısaltılmış bir gösterim yaratmayı amaçlayan bilinçli bir çabayı açığa vurur.

1484. Fransız matematikçi Nicolas Chuquet yalnız Hint kökenli sıfırı ve hesap yöntemlerini değil, ayrıca ve özellikle negatif sayıları da ustalıkla kullanır (kuşkusuz negatif sayıları Batı Avrupa'ya getiren ilk kişidir). Sayılamanın kullanımını kolaylaştırmak için binlerden başlayarak *10'un katlarının* gösterimi için *iyice geliştirilmiş bir teknik terminoloji* önerir. Ayrıca pozitif ya da negatif üsleri de kullandığı, bizim kullandığımıza biraz benzer bir üslü gösterim de getirir.

1487. İtalyan Lucas Pacioli önemli bir aritmetik ve cebir yapıtı yayımlar ve orada kendisine kimi kez ikinci bir bilinmez, *quantita* eklediği ayrıcalıklı bir bilinmezi, *cosa*'yı ("şey"i) kullanarak, Hint kökenli hesabın başlıca yöntemlerini ve sayısız cebirsel denklemin çözüm kurallarını sergiler.

1489. Alman matematikçi Egerli Johann Widmann daha önce toplama ve çıkarmayı dile getirmek için kullanılan *piu* ("artı") ve *minus* ("eksi) *sözcüklerinin baş harfleri* olan "p" ve "m"nin yerine + ve – imlerini getirir.

1525. Matematikçi Christoph Rudolf kare kök simgesini getirir: $\sqrt{}$ (bu, Latince *radical* sözcüğünün baş harfi olan R'nin bir kısaltmasıdır).

1544. Alman matematikçi Michael Stifel, cebir ve aritmetik incelemesi olan *Arithmetica integra*'yı yayımlar ve orada geniş ölçüde *oranlı sayılar* ile *oransız sayılardan* söz eder. Bu kitapta ayrıca kuramların ve gösterimlerin yalınlaştırmasına yönelik eğilim açık ve bilinçli anlatımını bulur.

1545-1560. İtalyan matematikçiler Gerolamo Cardano ve Raffaele Bombelli üçüncü dereceden denklemlerin çözüm yöntemlerini aydınlığa kavuşturmak için (bugün daha çok *karmaşık sayılar* adıyla bilinen) "sanal sayıları" getirirler. Sayı kavramının bu genişlemesi sonradan soyut matematiğin gelişmesinde ve uygulamalı matematiğin (özellikle de, XIX. yüzyıldan itibaren, elektrik alanında) ortaya çıkışında temel bir rol oynayacaktır.

1557. İngiliz matematikçi Robert Recorde *eşitlik* simgesini getirir :=.

1582. Hollandalı matematikçi Simon Stevin *De Thiende*'sini yayımlar. Bu kitap *genel ondalık üleşkeler kuramıyla* ilgili Avrupa'da bilinen ilk yapıttır [Bu üleşkeleri ondan önce elbette Araplar Al Uklîdîsî zamanından (952) beri biliyordu; Batı'da ise Emmanuel Bonfils de Trascon (1350), Regiomontanus (1463), Christoph Rudolff (1525), Elie Mizrachi (1535) ve François Viète (11579) biliyordu bunları. Ama çalışmaları Batı'da bilinmeyen Müslüman matematikçi Gıyaseddin Cemşid al Kâşî'yi (XV. yüzyılın ilk yarısı) saymazsak, o zamana dek Stevin dışında kimse bu üleşkelerin yerine bayağı üleşkeleri koymayı akıl etmeyecek, aritmetik kurallarının uygulama alanını tam sayılara uygulanan kurallarla biraraya getirmeyi sağlayan bir gösterim dizgesi geliştirmeyecektir.]

1582. Simon Stevin *ondalık sayıların* bugünkü *gösterimine* götürecek olan büyük adımı atar. Bizim 679 tam birim, 5 birinci basamaktan ondalık birim ve 6 ikinci basamaktan ondalık birimden oluşan sayıyı simgelemek üzere 679, 56 yazdığımız yerde şunu yazar: 679 (0) 5 (1) 6 (2).

1591. Fransız matematikçi François Viète *cebirsel anlatımlarda harfli bir gösterim* getirir ve bilinmeyenleri ünlülerle (A, E, ...), belirsiz değişmeleri ise ünsüzlerle (B, C, ...) betimler.

1592. İsviçreli matematikçi ve saatçi Jost Bürgi ardışık ondalık üleşkeler basamağının (gereksiz) ifadesini kaldırıp yalın birimlerin rakamı üzerine °imini

koyarak Simon Stevin'in tasarladığı *ondalık üleşkeler* gösterimini yalınlaştırır: 679° 56 (= 679,56).

1592. İtalyan Magini, Burgi'nin ondalık üleşkeler için getirdiği gösterimi, küçük yuvarlak (°) yerine birimlerin rakamı ile ondalıkların rakamı arasına bir nokta koyarak yetkinleştirir: 679.56 (= 679,56). Böylece bugün Anglo-Saxon ülkelerinde hâlâ kullanılmakta olan *ondalık noktalı gösterim* doğar.

1594. İskoçyalı matematikçi John Napier of Merchiston (daha çok Neper adıyla bilinir) geometrik bir dizinin terimleri ile aritmetik bir dizinin terimleri arasındaki karşılıklılığı keşfeder. *Logaritmanın* kökeni budur. İsviçreli Jost Bürgi de 1604'de bağımsız olarak aynı keşfi yapacaktır.

1608. Hollandalı Willebrord Snellius bugün hâlâ ondalık sayıları betimlemek için kullandığımız *virgüllü gösterimi* tasarlar.

1614. John Neper *logaritmalar kuramını* ortaya koyar (*logaritma* terimini de o icat etmiştir) ve ilk logaritma cetvelini (*e* tabanlı) yayımlar.

1615. İngiliz matematikçi Henry Briggs, Neper'in logaritma çizelgesini elverişsiz bulduğundan, yine John Neper'e danıştıktan sonra, 14 ondalıkla birlikte ilk 31 000 tam sayı için bir *ondalık logaritmalar cetvelini* (yani 10'un logaritmasının 1'e eşit olduğu cetvel) oluşturur.

1631. İngiliz matematikçi Thomas Hariot *eşitsizlik* simgelerini getirir: < ve >.

1632. İngiliz matematikçi William Oughtred çarpma simgesini getirir: x.

1637. Fransız matematikçi René Descartes *analitik geometriyi* icat eder. Verilenlerin alfabenin ilk harfleriyle (a, b, c, ...), bilinmeyenlerin ise son harflerle (x, y, z) betimlendiği *modern cebirsel gösterimi* yaratır ve bütün pozitif üsler için *modern üslü gösterimi* (a^2, a^3, ...) getirir.

1640. Fransız matematikçi Pierre de Fermat büyülü kareler (her gözünde farklı bir sayı bulunan, aynı satırdaki, aynı sütundaki, hattâ aynı köşegen üzerindeki sayıların toplamının hep belli bir sayıyı verdiği kare tablolar) kuramında *katışımsal çözümlemenin* temellerini atar.

1654. Blaise Pascal, Fransız matematikçiler Pierre de Fermat ve Georges de Méré'yle işbirliği yaparak, daha sonra *olasılıklar hesabı* haline gelecek olan şeyin temel ilkelerini ortaya koyar.

1656. Hollandalı Christiaan Huygens olasılık hesabı üzerine ilk tam kitap olan *De ratiociniis in ludo aleae*'sini ("Zar Oyunu Üzerine Kurgulamalar") yayımlar.

1656. İngiliz matematikçi John Wallis, Descartes'ın *üslü gösterimini negatif ve üleşkeli üslere* ($a^{-1} = 1/a$, $a^{-2} = 1/a^2$, $a^{-3} = 1/a^3$, ... ve $a^{1/2} = \sqrt{a}$, $a^{2/3} = \sqrt[3]{a^2}$, ...). Ayrıca *matematiksel sonsuz* simgesini getirir: ∞.

1670-1684. İngiliz matematikçi Isaac Newton ile Alman filozof ve matematikçi Gottfried Wilhelm Leibniz modern *sonsuz küçükler hesabının* (ilk kez 1670'te ortaya konan, *sonsuz diziler* denen yöntem; ikinci kez 1684'de ortaya konan, "maksimumları ve minimumları belirlemek için yeni yöntem") temellerini atar.

1672. Leibniz *diferansiyel ve integral hesabını* icat eder.

1679-1690. Leibniz *simgesel mantığın* temellerini atar.

1696. Marquis de L'Hospital *integral hesabının* ilk klasik kitabı olan *sonsuz küçükler çözümlemesi* adlı kitabını yayımlar.

1737. Euler *e* (Napier logaritmalarının temeli) ve e^2 *sayılarının oransızlığını* kanıtlar ve logaritmik hesaplara bugünkü biçimini verir.

1748. Leonhard Euler *genel fonksiyonlar incelemesiyle,* özellikle de üslü, logaritmik, trigonometrik fonksiyonlarla, seri açılımlarla, sonsuz çarpımlarla ilgili bir yapıt yayımlar ve orada çembersel fonksiyonlar ile üslü fonksiyonlar arasında bulunan çok sıkı bağları ortaya koyar.

1750. İsviçreli matematikçi Gabriel Cramer *denklem dizgelerine* ilişkin ilk derinleşmiş araştırmaya girişir.

1760. Alman matematikçi Johann Heinrich Lambert π *ile e'nin oransızlığını kanıtlar.*

1770. Fransız matematikçi Alexandre Vandermonde *ikameler (substitutions)* kuramını yaratır.

1786. Fransız matematikçi Legendre *eliptik integrallere* ilişkin derinleşmiş araştırmaya girişir.

1795. *Ölçev dizgesini* düzenleyen III yılı 18 germinal (7 Nisan 1795) yasası metrenin ilk tanımını yapar ve bugünkü ağırlık ve ölçü birimlerini saptar: desimetre, santimetre, kilometre; ar, dekar, metre kare; kilogram, gram, desigram, santigram; frank, santim; ... (bkz. 2. Bölüm).

1797. Fransız matematikçi Louis Lagrange çağdaş matematiksel çözümlemenin temelini oluşturacak olan *çözümleyici fonksiyonlar* kuramını yaratır.

1799. Alman matematikçi Karl Friedrich Gauss *cebirin temel teoreminin* (yani tam katsayılı *n* dereceli her çokterimlinin en az bir karmaşık kökü olduğunun)

kesin ispatını getirir: Bu teorem daha önce dile getirilmiş, ama Gauss'tan önce ispatlanmamıştır. Ayrıca bu teoremin süreklilik kavramı, çözümleme ve topoloji gibi saf cebire yabancı alanlara başvurması da kendine özgüdür.

1799. Ölçev dizgesinin tüm dünyada benimsenmesi sorununu tartışmak üzere ilk uluslararası konferansın Paris'te toplanması. Ancak bu dizge çağın tüm uluslarının benimseyemeyeceği ölçüde devrimci bulunacaktır.

1800. Alman matematikçi Karl Friedrick Gauss bir gerçek sayılar kümesinin *en küçük alt* (ya da *üst) sınırını* ve *eküs* (ya da *ebas*) *limitini* kesinlikle tanımlar.

1807-1822. Fransız matematikçi Joseph Fourier kendi adını taşıyan ve matematik ile fiziğin yükselişinde hatırı sayılır bir rol oynayacak olan *trigonometrik dizileri* inceler.

1821. Temel fonksiyonlara ilişkin kesin bir kuramla birlikte ilk kez *süreklilik kavramının* açık ve dizgeli bir açıklamasını veren Fransız matematikçi Augustin Cauchy'nin *Cebirsel Çözümleme*'sinin yayımlanışı.

1821-1893. Cauchy türetik (diferansiyel) denklemler ile tikel türevli denklemlerin çözümleri olduğunu ispat eder. Türetik denklemler kuramını sonradan Lipschitz (1877) geliştirmiş, ardından Picard'm (11893) ardışık yaklaşıklar yöntemiyle kesin olarak iyileştirilmiştir. Buna karşılık tikel türevli denklemlerin çözüm yöntemlerini biçimsel bir kuram halinde Pfaff (1814-1815) getirecek, bunları daha sonra Hamilton (1834-1835) ile Jacobi (1837, çalışmaları 1866'da düzeltilip biraraya getirilmiştir) daha da geliştirecektir.

1826. Norveçli matematikçi Niels Henrik Abel eliptik fonksiyonlar kavramını doğuracak olan önemli bir keşifle bulunur.

1826-1829. Niels Henrik Abel ve Fransız matematikçi Évariste Galois *cebirsel sayıların* (tam katsayılı cebirsel bir denklemin çözümleri) keşfedilmesiyle sonuçlanacak olan önemli çalışmalar yaparlar.

1828. İrlandalı matematikçi William Rowan Hamilton *karmaşık sayıların* ilk kesin tanımını yapar.

1829-1854. Rus matematikçi Lobaçevski (1829), Macar matematikçi Bolyai (1833) ve Alman matematikçi Riemann (1854) *Eukleidesci olmayan geometrileri* yaratırlar.

1829. Fransız matematikçi Peter Gustave Lejeune-Dirichlet kendi adını taşıyan açılımların varlığını ispatlar.

1830. Évariste Galois *öbekler kuramını* geliştirir.

1830-1859. Cauchy aralarında *dizilerin yakınsaklığı kavramı* üzerine temel araştırmalarının sonuçlarının da bulunduğu 600'den fazla özgün yazı yayımlar.

1840. Bu yılın 1 Ocak'ında, Fransız milli eğitiminde *ölçev dizgesini* zorunlu kılan 4 Nisan 1837 yasası yürürlüğe girer.

1843. Hamilton *dördeyler kuramını* geliştirir ve böylece ilk *değişmeli olmayan cebir* ortaya çıkar.

1843-1844. İngiliz matematikçi Hamilton ile Alman matematikçi Grassmann, hemen hemen aynı anda *vektörler hesabının* temellerini atan ilk çalışmaları yaparlar.

1844. Fransız matematikçi Joseph Liouville *aşkın sayıların* (tam ya da üleşkeli katsayılı hiçbir cebirsel denklemin çözümü olmayan gerçek sayılar) ilk örneklerini verir.

1847. İngiliz matematikçi ve mantıkçı Augustus De Morgan, *Biçimsel Mantık*'ıyla matematiksel mantığın başlıca kurucularından biri olarak kabul edilir.

1847-1854. İngiliz matematikçi George Boole, *Matematiksel Mantık Çözümlemesi* (1847) ve *Düşüncenin Yasaları* (1854) adlı kitaplarını art arda yayımlar. Bu kitaplarda bugün *Boole cebiri* adıyla bilinen temel bir cebir biçimi altında mantıksal işlemleri tanımlar ve çağdaş matematiksel mantığın öncülerinden biri olarak kabul edilir.

1858. İngiliz avukat ve matematikçi Arthur Cayley *matris hesabını* yaratır.

1866. Birleşik Devletlerde ölçev dizgesinin (isteğe bağlı) kullanımına izin verilir.

1872. Çağdaş cebirin başlıca kurucularından biri olan Alman matematikçi Richard Dedekind *oransız sayılar* ile *gerçek sayıların* çok kesin bir tanımını yapar (şöyle diyecektir: "Doğru, tek tek noktalar bakımından, cebirsel sayılar kümesinin yalıtık sayılar bakımından olduğundan sonsuzcasına daha zengindir").

1873. Fransız matematikçi Charles Hermite *e sayısının aşkınlığını* ispatlar.

1882. Alman matematikçi Ferdinand von Lindermann π *sayısının aşkınlığını* ispatlar.

1882. Fransız matematikçi Paul Du Bois-Reymond kendi *fonksiyonlar kuramını* yayımlar. Özel bir fonksiyonlar kuramı ile *(analitik olarak betimlenebilir*

ya da betimlenemez) mutlak dilemsel fonksiyonların özelliklerini incelediği genel bir kuram arasında ayırım yapar.

1882-83. Rus kökenli Alman matematikçi Georg Cantor *"sonluötesi" sayıları* ve *sayılabilirin ya da süreklinin kuvveti* kavramını keşfeder, *modern kümeler kuramı* ile topolojinin temel kavramlarını açıkça önceden görür

1883. Georg Cantor *cebirsel sayılar* kümesinin *sayılabilir bir sonsuz* olduğunu ispat eder (doğal tam sayılar kadar cebirsel sayı vardır).

1893. Maurice d'Ocagne *Mekanik ve Grafik Yöntemlerle Yalınlaştırılmış Hesap* adlı yapıtının ilk baskısını yayımlar.

1897. İngiltere'de *ölçev dizgesinin* (isteğe bağlı) kullanımına izin verilir. Ancak İngiliz para dizgesinin tam ondalıklaşması 1970'den önce olmayacaktır.

1899. Alman matematikçi David Hilbert belli sayıda ilksavdan yola çıkarak temel geometrinin başlıca ilkelerini geliştirdiği *Grundlagen der Geometrie*'sini yayımlar.

1900. İtalyan matematikçiler Ricci ve Levi-Civita bir yayında *gerey hesabının (tensoriel calcul)* ilk dizgeli anlatımını yaparlar.

1931. Avusturya kökenli matematikçi ve mantıkçı Kurt Gödel çelişik olmayan bir aritmetiğin tam bir dizge oluşturamayacağını, çünkü zorunlu olarak karar verilemez bir önerme içerdiğini ortaya koyarak *seçim aksiyomunu* keşfeder.

1937. Rus matematikçi Aleksandr Ossipoviç Guelfond, a^b sayısının, *a* 0 ile 1'den farklı bir cebirsel sayı, *b* de oransız bir cebirsel sayı olduğu zaman *aşkın* olduğunu gösterir.

XX. yüzyılın ilk yarısı. Batılı matematikçi ve mantıkçıların çağdaş matematiğin ve mantığın gelişmesine, özellikle de *algoritmik mantık* ile *simgesel mantığın* kuruluşuna ve yükselişine temel katkıları. (Bunlar arasında, G. Frege, G. Peano, B. Russell, A.N. Whitehead, D. Hilbert, E. Zermelo, E. Steinitz, R. Carnap, E. Artin, K. Gödel, E. Post, S.C. Kleene, A. Turing, A. Church, J. von Neumann, A. Markov, P. S. Novikov, H. Cartan, C. Chevalley, J. Delsarte, J. Dieudonné, A. Weil ve birçok başkaları vardır).

1- Aşağıdaki çizelgeler hiçbir biçimde matematik tarihinin bir zamandizini olarak görülemez. Bunlar yalnızca bu uzun evrime ilişkin küçük bir fikir vermeğe yönelik ana adımlardır.

31. Bölüm
İkili Hesabın ve Ondalık Olmayan Dizgelerin Tarihi

ZAMANDİZİNSEL KİLOMETRE TAŞLARI

? İnsanoğlu bir sayılama dizgesinin *taban* ilkesini icat ederek sayıları simgeleştirme sorununu çözer.

- **IV. binin sonu.** Sümerler 60 tabanlı (konumlu olmayan) yazılı bir sayılama icat eder.

- **1900.** Mezopotamya'daki Mari kenti sakinleri kısmen konum ilkesine dayalı 100 tabanlı yazılı bir sayılama yaratır.

- **1900/-1800.** Babil bilginlerinin altmışlı konumlu sayılamasının görülüşü (Bununla birlikte bu sayılamada -III. yüzyıldan önce sıfır bulunmayacaktır.

- **V. yüzyıl.** Zapoteklerin 20 tabanlı (konumlu olmayan) sayılamasının görülüşü. (Tamamen benzer dizgeler daha sonra Orta Amerika'nın başka Kolomböncesi halklarınca, özellikle Mayalar, Mixtekler ve Azteklerce de kullanılacaktır).

- **IV. yüzyıldan önce**. Çin'de *yin* ve *yang* felsefesinin gelişmesi.

Nota bene. - Çoğu kez sanıldığının tersine *ikili* hesap Çin'in *yin* ve *yang felsefesiyle birlikte doğmuş değildir.*

Yin-yang dizgesinin iki enerjiyi karşıtlık, almaşma, bütünleyicilik ya da etkileşim içine sokan bir kavrama dayalı olduğunu özetle hatırlatalım:

– bunlardan "dişil" olanı, *yin*, çizgesel olarak kesik bir çizgiyle betimlenir: — — ;

– "eril" olanı, *yang* ise çizgesel olarak kesiksiz bir çizgiyle betimlenir: —.

Öğretiye göre, bu ilkeler *Yüce Tanrının*, yer ile göğü oluşturduğu düşünülen somut görünümlerinden, iki kutuplu görünümünden başka birşey değildir.

Bunların betimsel çizgilerinin biraraya getirilmesi yoluyla, *üçlemeler* (örneğin 469. sayfa) yahut *altılamalar* (altı çizginin üst üste konması) halinde doğanın nesneleriyle karşılıklılıklar kurulmuştur. Örneğin üç kesiksiz çizgi etkin tamlığı, göğü, Güneyi, yazı, yaratıcı enerjiyi, erili ve Güneş'i betimlerken, üç kesik çizgi Yerin, Güneyin, kışın, alıcılığın, dişilliğin ve Ay'ın edilgin tamlı-

ğını betimler. Aynı şekilde iki kesiksiz çizgi arasındaki bir kesik çizginin oluşturduğu birleşim yıldırımı, Kuzeydoğuyu, baharın gelişini simgelerken, tersi rüzgârın, Güneybatının, yaz sonunun simgesidir; ... (bkz. R. Wilhelm; M. Granet; K. Friedrichs, I. Fischer-Schreiber, F.K. Erhard ve M.S. Diener; J. Chevalier ve A. Gheerbrant).

Bu dizgeyi ilk kez daha çok *Yijing* (ya da bugün kullanılmayan çevriyazılara göre *Yi King* yahut *I Ching*) adıyla bilinen geleneksel Çin kitabı olan *Değişmeler Kitabı* getirmiştir. Bu kitabın derlenişi ve ilk kaleme alınışı ise (M.Ö. 1000 tarihini verenlerin en hayalci kabullerine karşın) M.Ö. IV.-III. yüzyıllardan öteye gitmez.

Bununla birlikte bu gösterimin ikili sayılamayla hiç ilgisi yoktur. İlgisi olması için, Çinlilerin sıfırı biliyor ve bu dizgeyi yazılı sayılama biçimi olarak kullanıyor olması gerekirdi. İmdi, Çinliler sayıları dile getirmek için ondalık dizgeden hiç de farklı olmayan birçok başka dizge kullanmışlardır. Ancak, Çinlilerin konumlu bir sayılamaları olduğu biliyorsak da, tarihlerinin geç bir dönemine dek bu sayılamada sıfır bulunmadığını da biliyoruz (bkz. 21. Bölüm).

Zaten aşağıda da göreceğimiz gibi sayılamanın ve tam anlamıyla ikili aritmetiğin tarihi gerçekte ancak M.S. XVII. yüzyılda başlamıştır.

Ayrıntılara girmeden, ikili sayılamada sayıların 0 ile 1 yardımıyla yazıldığını, 10, 100, 1000, 11001 ... gibi bir yazımda rakamların bizim ondalık dizgemizdeki gibi 10'un kuvvetlerini değil, iki sayısının ardışık kuvvetlerini betimlediğini söyleyelim. Başlıca sakıncası ondalık dizgeden çok daha fazla sayıda rakamlı betimleme gerektirmesi olan bu sayılamanın birçok kolaylığı da vardır ki, bunlardan biri son derece yalın bir gösterim olmasıdır.

Alman filozof ve matematikçisi Gottfried Wilhelm Leibniz'in *"Omnibus ex nihil ducentis sufficit unum"* ("Hiçten herşeyi çıkarmaya bir yeter") diye yazmasına neden olan da kuşkusuz bu dizgenin yalınlığı ve inceliğidir. Leibniz için bu çok önemli birçok felsefî gelişmenin hareket noktası olacaktır.

XIV. Louis'nin 1685'de Çin'e gönderdiği matematikçi ve misyoner rahip Joachim Bouvet (1656-1730) bir gün Leibniz'e Çinlilerin *Yijing* kitabındaki altılamalardan oluşmuş 64 şekil göndermiş. Bunların ilk altısı aşağıda, soldan sağa doğru:



Leibniz de, kesiksiz çizgiyi 1'le kesik çizgiyi 0'la özdeşleştirip Çinlilerin çok eski çağlardan beri kullandıkları ikili bir sayılamanın bir çevriyazısını yaptığını düşünüyordu. Yukarıdaki şekiller Çinliler için şu sayıları betimliyordu (ikili sayılamayla yazılıp sonra bizim ondalık dizgemize dönüştürüldü):

A	=	0	0	0	0	0	0	= 0
B	=	0	0	0	0	0	1	= 1
C	=	0	0	0	0	1	0	= 2
D	=	0	0	0	0	1	1	= 3
E	=	0	0	0	1	0	0	= 4
F	=	0	0	0	1	0	1	= 5

Böylelikle Leibniz tüm ülkelerin ve tüm ırkların insanlarını biraraya getirebilecek evrensel bir dil bulduğuna inanmıştı. "R. P. Mouvet ile ben, diye yazacaktır sonradan, Fou-Hi'nin [bugün *Fuxi* diye yazılır, Çin yazısının varsayılan icatçısıdır] karakterlerinin görünüşe bakılırsa en gerçek anlamını keşfettik. Bu büyük yasa koyucunun sahip olduğu, benim de ondan binlerce yıl sonra bulduğum şey, ikili aritmetiktir. Bu aritmetikte yalnızca 0 ve 1 şekilleri vardır, onlarla bütün sayılar yazılabilir. Öyle anlaşılıyor ki, Fou-Hi benim de gençliğimde üzerinde küçük bir çalışma yaptığım birleştirmeler bilimine ışık tutmuş."

Burada Leibniz'in ağzından çıkan tek doğru söz Çinlilerin milâdî takvimden önce birleştirmeler bilimini bildiğidir. Ancak, Pierre Simon de Laplace'ın (1749-1827) da belirteceği gibi, bu büyük bilginin işlediği tek hata bu olmayacaktır: "Leibniz ikili aritmetiğinde Yaratma'nın imgesini görmek istiyordu. Bir'in Tanrı ile Hiç-sıfır'ı betimlediğini, tıpkı bir ile sıfırın sayılama dizgesindeki tüm sayıları dile getirmesi gibi Yüce Varlığın da tüm varlıkları hiçten çıkardığını düşünüyordu. Bu düşünce Leibniz'e öylesine coşku veriyordu ki, bu simgenin matematiğe pek düşkün olan Çin İmparatorunu Hıristiyanlık yoluna sokacağı umuduyla, ondan Çin'deki matematik heyetinin başkanı olan Cizvit Grimaldi'ye [Çin'deki mektup arkadaşı] söz etti. Bunu yalnızca en bilgin insanların ufkunun bile çocukça önyargılarla nasıl kararabileceğini göstermek için söylüyorum."

Elbette, *yin-yang* gösteriminin ikili sayılamayla bir ortak yanı vardır. İkisi de iki karşıt simgeyi, ilkin kesiksiz ya da kesik çizgiyi, ikincileyin 0 ile 1 imlerini kullanıyorlar. Ancak benzerlik burada durur, çünkü konum ilkesine dayalı olan ve içinde sıfır bulunan ikili sayılama sayıları yazmaya yarar. Buna karşılık öteki dizge hiçbir zaman yazılı bir sayılama oluşturmamıştır: Gerçek-

te yalnızca, deminki temel ilkenin farklı birleşimleri ile eskiden özellikle kâhinlik amaçlarıyla kullanılan çeşitli öğeler arasında karşılıklılıklar ve gizemli bağıntılar kurmayı sağlayan simgesel bir gösterim olmuştur.

Elbette iki düz çizgiyle betimleme karşıt iki imi biraraya getiren bir dizgeye karşılık gelir; konumlu ikili sayılama da bunlardan biridir, ama onun çok özel bir örneğini temsil eder, çünkü sayıların ikili yazımı 0 ile 1'in bir düzenlenmesinden oluşur.

Özetle, *yin-yang* ilkesi sözcüğün aritmetik anlamıyla ikili bir dizge oluşturmaz; yalnızca *ikici bir felsefedir*; bu ise bambaşka birşeydir.

Eskiçağın felsefeleri hakkında modern çağlara özgü bir bakış açısıyla yapılabilecek hatalı yorumlara güvenmemek gerekir.

Bununla birlikte ikili aritmetiğin de içinde yer aldığı birçok alanda çok temel katkıları bulunan Leibniz gibi çok büyük bir bilgin söz konusu olduğunda bağışlayıcı olmamız kaçınılmazdır.

- **II. yüzyıl.** Çinli matematikçilerin + VIII. yüzyıldan önce içinde sıfır bulunmayan ondalık konumlu sayılamasının ("sayı çubukları" ya da *suan zi* denen dizge) görülüşü.

+IV./IX. yüzyıl. Maya uygarlığının rahip-gökbilimcileri, içinde sıfır bulunan 20 tabanlı konumlu bir sayılama kullanır (bu sayılama takvimin gereklerine uyarlanmasından ötürü, üçüncü konumda bir kural dışılık gösterecektir).

IV.-V. yüzyıl. Sıfırın ve bugünkü yazılı sayılamamızın atası olan Hint kökenli ondalık konumlu sayılamanın görülüşü. Bu, bütün gerçek sayıların yalın ve ussal bir biçimde gösterimini sağlayan, her türlü hesaba da gücül olarak uygulanabilir olan tarihin ilk yazılı sayılamasıdır.

XVI.-XVIII. yüzyıl. Avrupalı aritmetikçiler ile matematikçiler, soyutlama yoluyla, giderek Hint kökenli konumlu sayılamanın özelliklerinin tabanından bağımsız olduğunun bilincine varırlar. Dolayısıyla yavaş yavaş onunla aynı matematiksel yapıyı taşıyan (yani konum ilkesine dayalı, içinde sıfır bulunan ve temel rakamları her türlü görsel algıdan uzak olan) yazılı bir sayılamada, tam sayıların gösteriminin tüm sayıların yalın ve ussal bir betimlemesi için genişleyebildiğini, aritmetiğin temel işlemlerinin (toplama, çıkarma, çarpma, bölme) söz konusu tabandan bağımsız yalın kurallarla kolayca yapılabildiğini anlarlar (bkz. 28. Bölüm, şek. 28.39).

Nota bene. Tarih boyunca en yaygın taban 10 tabanı olacaktır.

İnsanoğlunu bu seçime zorlayan da "fizyolojik bir rastlantı"dır. Çünkü insanın on parmağı vardır (bkz. 2. Bölüm).

Doğa, aritmetik uygulaması bakımından da (çünkü 12 tabanının üç böleni varken 10 tabanının iki böleni vardır) matematikçi açısından da (çünkü, onbirin tersine, on asal bir sayı değildir) en iyi tabanı seçmiş değildir.

Birçok Avrupalı bilgin, kâh pratik açıdan kâh kuramsal açıdan, bundan böyle ondalık olmayan sayılamaların sağladığı olanaklara yönelecek, ondalık dizgenin ve onun elverişsizliklerinin yerine bunlardan birini koymaya çalışacaktır.

Bu girişimler gerçekte boşunadır: 10 tabanı halkın geleneklerine öylesine yerleşmiştir ki kullanımı vazgeçilmez olmuştur.

Bununla birlikte böylesi araştırmalar ve düşünceler giderek *ikili dizge* (2 tabanı), *sekizli dizge* (8 tabanı), *onaltılı dizge* (16 tabanı) gibi özel sayılamalara kapı açacak, bunlar XX. yüzyıl bilgisayar biliminde çok yararlı olacaktır.

1600. İngiliz matematikçi, gökbilimci ve coğrafyacı Thomas Hariot otuz bir asal sayı için 2'nin ardışık kuvvetlerini izleyen bir *ayrışım çizelgesi* hazırlar.

1623. İngiliz filozofu Francis Bacon alfabenin harfleri için *ikili bir yazım* geliştirir, her harfi iki olanak arasından seçilmiş beş karakterle betimler: A harfi aaaaa, B harfi aaaab, C harfi aaaba ... (a'nın yerine o, b'nin yerine i yazılırsa, Francis Bacon'un ikili yazımının harfleri şu biçime soktuğu görülür: A = ooooo, B = ooooi, C = oooio, D = oooii, E = ooioo, F = ooioi, G = ooiio, H = ooiii, I = oiooo ...)

1654. Fransız matematikçi Blaise Pascal *De numeris multiplicus ex sola characterum numericorum additione agnoscendis*'ini ("Rakamlarının toplamından türetilmiş sayıların bölünebilirlik özellikleri üzerine") Bilimler Akademisine sunar. 1665'te yayımlanan bu kitapta Pascal ilk kez *m*'nin 2'ye eşit ya da 2'den büyük herhangi bir tam sayı olduğu *m tabanlı sayılama dizgelerinin genel bir tanımını yapar* (Bkz. *Oeuvres*, 14. cilt, III, s. 311-339, Brunschvicg ve Boutroux, Paris, 1904). Bkz. 28. Bölüm, şek. 28.39.

Nota bene. Avrupalı matematikçiler böylece bizim kullandığımız ondalık aritmetiklerden ve sayısal çözümlemelerden daha genel aritmetikler ve sayısal çözümlemeler geliştirmeyi başarırlar: $\mathbf{p} > 1$ olduğu **p** tabanlı sayılamada sayıların konumlu yazılışına dayalı aritmetikle ve sayısal çözümlemeler. Bu dizgeler, gösterimin genişletilmesiyle, **p** tabanının pozitif ya da negatif kuvvetlerinin açınımlarından başlayarak, bir virgülle oranlı ya da oransız tüm tam sayılara uygulanacaktır. İkili dizgenin "ikili" sayılarını ve ondalık dizgemizin "ondalık" sayılarını çok daha hatırı sayılır ölçüde genelleştiren "**p**'li" sayıların açınımı denen şey budur.

1670. Piskopos Juan Caramuel y Lobkowitz, aralarında 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 20 ve 60 tabanlarının bulunduğu ondalık olmayan sayılamalar ile *ikili sayılama* üzerine matematiksel bir çalışma olan *Mathesis Biceps* adlı yapıtını yayımlar.

1672. Alman matematikçi Erhard Weigel *4 tabanlı sayılama* üzerine çalışmasını yayımlar.

1679. Leibniz ondalık kesirler hesabına katkıda bulunmasını istediği *ikili sayılamaya* duyduğu ilginin ilk ifadesini oluşturan (bunu sonradan kendisi de kabul edecektir) *De Progressio Dyadica* başlıklı bir yazı kaleme alır.

1679. Leibniz hareketli boncukları kullanarak bir *ikili hesap âleti* düşüncesi getirir.

1687. İngiliz matematikçi Joshua Jordaine *12 tabanlı bir aritmetik* tasarlar.

1701. Fransız matematikçi Thomas Fantet de Lagny, Leibniz'den bağımsız olarak, *ikili aritmetik* üzerine bir makale yayımlar ve (Leibniz'in tersine) her türlü dinsel, felsefi ve metafizik anlamdan bağımsız olarak ikili hesabın üstünlüklerini gösterir.

1703. *Bulletin de l'Académie royal des Sciences*'ta Leibniz'in ikili dizgeyi bu çağın bilginleri için moda haline getirecek olan "İkili Aritmetik üzerine Açıklamalar" adlı yazısının yayımlanışı.

1708. İsveçli filozof Swedenborg ondalık sayılamanın yerine günlük kullanım için 8 tabanlı bir sayılama dizgesi koymayı önerir.

1732. İsviçreli matematikçi Leonhard Euler, Saint-Petersburg Akademisiyle mektuplaşmaya başlar ve *üsler için ikili bir gösterim* kullanır.

1746. İtalyan matematikçi Francesco Brunetti *ikili üleşkeler* üzerine çalışmalar yapar ve 2^{40}'a kadar 2'nin kuvvetlerinin ondalık değerler çizelgesini hazırlar.

1764. Fransız matematikçi Étienne Bezout 12 tabanının kullanımını yaygınlaştırmaya çalışır.

1764. Praglı matematikçi Anton Felkel ondalık üleşkeler üzerinde çalışmak için *ikili dizgeyi* kullanır.

1775. Augsburglu Georges Brander *ikili dizgeyi*, "kişisel hesaplarını saygısız bakışlardan sakınmak için" kullanır.

1785. Alman matematikçi Anton Felkel *p'li üleşkelerin* (ondalık üleşkelerin p tabanında genellenmesi, bkz. yukarıdaki not) dönemleri üzerine önemli bir makale yayımlar.

1798. Fransız matematikçi Adrien Marie Le Gendre *ikili dizgenin sekizli ve onaltılı dizgeye dönüştürülmesi* üzerine çalışmalarını yayımlar.

1810. İngiliz bilgin Peter Barlow "bir gösterimin tabanından bir başkasına geçerek bir sayının dönüştürme yöntemi ve bunun *onikilik hesabın* kurallarına uygulamaları" konusunda önemli bir makale yayımlar.

1826. Matematikçi Heinrich W. Stein *ondalık olmayan sayılamalar* arasında karşılaştırmalar yapan bir makale yayımlar.

1834. İngiliz matematikçi Charles Babbage, kendi *Çözümleyici Makinesi (Machine Analytique)* için on tabanından farklı tabanlar, örneğin 2, 3, 4, 5 ve 100 tabanlarını kullanmayı tasarlar (bıraktığı sayısız not bunu ortaya koyacaktır). Ama elbette zamanının teknik olarak tek elverişli tabanı olan on tabanını göz önüne alacaktır yalnızca.

1837. Amerikalı Samuel F. Morse *telgrafı* icat eder: Bu önceden ortaya konmuş *ikili bir şifreye* dayalı, ilk elektrikli aktarım dizgesidir.

1853. Augustus de Morgan *Aritmetiğin Öğeleri* adlı yapıtında ondalık tabanla sayma alışkanlığının geleneklere çok derinlemesine yerleşmiş olduğu, dolayısıyla her zaman günlük kullanımda kalacağı sonucuna varır. Bununla birlikte okulların ve üniversitelerin öğretim programında *ondalık olmayan tabanların* da ele alınması gerektiği kanısındadır.

1862. Amerikalı mühendis John William Nystrom 16 tabanına dayanan bir ağırlık ve ölçü dizgesi önerir.

1863. Moritz Cantor, ikili sayılamayla ilgili olarak, Çin kitabı *Yijing*'in üçlemeleri ve altılamaları konusunda Leibniz'in yaptığı açıklamaların geçerliliğini biçimsel olarak (ve haklı olarak) reddeder.

1876. Amerikalı Benjamin Pierce Leibniz'in ikili (0 ve 1) gösterimi için kendisine göre daha tutumlu olan bir "iyileştirme" önerir (0 için bir nokta, 1 için yatay bir çizgi).

1887. Amerikalı Alfred B. Taylor *Which base is best?* ("En iyi taban hangisi?") başlıklı bir yazı yayımlar. Vardığı sonuç: 8 tabanı.

1889. İskandinavyalı T.N. Thiele kendisine göre en iyi tabanın 4 olduğunu ileri sürer.

1891. Amerikalı William W. Johnson da 4 tabanının iyi bir sayılama tabanı olduğu sonucuna varır.

1896. Fransız E. Gelin de 4'ün en iyi sayılama tabanlarından biri olduğu sonucuna varır.

1899. İtalyan matematikçi Giuseppe Peano 0 ile 1'in yerine sırasıyla . ve : konacak olan ikili bir gösterim önerir.

XX. yüzyılın başı. Bu dönemde elektrik ve elektormanyetik olgular alanında elde edilen önemli bilgiler sayesinde ve elektrik devrelerinin telefon ve radyo-elektrik dizgelerinde daha önce uygulamaya konmuş olan çok ileri teknikleri kullanmaya izin vermesinden ötürü, artık *elektromanyetik ikili hesaba* yol açılmıştır.

1908. İngiliz Herbert McLeod 1771 ile 1900 arasında ondalık olmayan sayılamalar kullanmış olan bilim adamlarının bir listesini yayımlar.

1919. İngiliz W.H. Eccles ile F.W. Jordan *flip-flop* adıyla bilinen elektronik devreyi icat ederler: Bu, girişlerinden birine bir gerilim uygulandığında ani olarak bir halden öbürüne geçen çiftkararlı devredir. Bu icat daha sonra *ilk ikili elektronik devrelerin* yapılmasını sağlayacaktır.

1925. Anton Glaser (1971'de gözden geçirilip düzeltilecek olan) *History of binary and other nondecimal numeration* adlı yapıtını yayımlar.

1930-1940 yılları. *Çözümleyici hesabın (calcul analytique)* gelişmesiyle birlikte Batılı ülkelerin teknisyenleri ile mühendisleri 10 tabanının elverişsizliğinin farkına varırlar; iki halli fizik dizgeleri gerçekleştirmenin kolaylığından ötürü de yavaş yavaş otomatik sayısal hesap makinelerinin düzenlenmesinde iki tabanının pratik üstünlüklerini keşfederler.

Nota bene. Bu makinenin düzenlenişinde *taban* bir sayılama dizgesinin düzenlenişindekiyle aynıdır. Teknik açıdan 2 tabanı ondalık tabandan daha elverişlidir, çünkü böyle bir hesap makinesinde tabanın oluşturucularının sayısı (on yerine iki) önemlidir. Ancak ikili sayılamanın en hatırı sayılır üstünlüğü çarpım cetvelindedir, çünkü çarpım cetveli ondalık dizgedeki gibi on satır ve on sütundan oluşan iki girişli bir cetvel yerine, şuna indirgenmiştir:

×	0	1
0	0	0
1	0	1

Bu elbette çarpmayı toplamadan çok daha karmaşık hale getiren "Pythagoras cetvelinden" daha yalındır.

(Ondalık sayılamayla yapılan çarpmada bu yalınlığın olmayışı, hepsi ondalık tabana dayalı olan hesap makinesi tasarımları sırasında XIX. ve XX. yüzyıl mucitlerini çoğu kez rahatsız etmiştir).

İlk aşamada ikili bir hesap makinesinin gerçekleştirilme olanağı tamamen mekanik aygıtlarla kanıtlanacaktır.

Ancak sonradan ikili dizgenin *elektromekanik hesaba* da hayranlık verecek ölçüde uyduğu anlaşılacaktır. Bunun için *elektromanyetik mıknatıslar* ele alınacak, uylaşım yoluyla mıknatısın kuzey kutbuna 1 güney kutbuna 0 rakamı yüklenince, ikili sayılamanın kuralları sayesinde sıradan mıknatıslar üzerinde temel aritmetiğin işlemlerinin gerçekleştirilebildiği görülecektir.

Sonunda, elektroniğin yükselişiyle, buna benzer olanakların *elektronik devre ler* üzerinde de gerçekleştirilebileceği anlaşılacaktır. Bu da *elektronik ikili hesabın* doğuşu demektir.

1932. İngiliz C.E. Wynn-Williams thratron tüpleri (kendine özgü özellikleri olan gaz tüpleri) kullanarak, çok hızlı hesap yapmayı sağlayan bir *ikili hesap makinesi* yapar.

1932. Fransız Raymond L. A. Valtat 2 tabanını kullanan bir hesap makinesinin planları için Almanya'da (23 Temmuz 1932 tarih, 664012 nolu) bir berat alır.

1936. Raymond Valtat "Mekanik hesap: İkili sayılamanın kullanımına dayalı hesap makinesi" adlı makalesini yayımlar (in: CRAS, 202/1936, s. 1745 vd.). Bu yazıda hesap makinelerinde ikili tabanı kullanmayı tasarlar.

1936. Fransız Louis Couffignal de kendi makalesinde aynı tabanı kullanmayı tasarlar: "Mekanik hesap: Hesap makinelerinde ikili sayılamanın kullanımı üzerine" (in: CRAS, 202)1936, s. 1970 vd.)

1936. İngiliz William Philips ikili bir hesap aygıtının yapılmasının olanaklı olduğunu kanıtlayan *Binary Demonstrator*'ını yapar.

1937. İngiliz Alan Turing elektromekanik bir ikili çarpma makinesi yapmaya çalışır.

1937. Amerikalı W.B. Lewis ikili bir elektronik hesap makinesi geliştirmeye çalışır.

1938. Amerikalı George Stibitz elektromanyetik bir ikili toplama makinesi yapar.

1945. Macar kökenli Amerikalı matematikçi John von Neumann elektronik bilgisayarların temel bilgi birimleri olarak ikili düzeyi kullanmayı tasarlar (bkz. 32. ve 33. Bölümler).

1952. İngiliz Lewis Carl Seelbach oniki tabanının kullanımı konusunda bir kaynakça yayımlar.

1954. Amerikalı William L. Schaaf *Scales of notation* başlıklı, ondalık olmayan sayılamaların kullanımıyla ilgili bir kaynakça listesi yayımlar.

1955. Fransız mühendis Jean Essig, "Oniki, gelecekteki onumuz" başlıklı yapıtını yayımlar. Ertesi yıl Paris'te palais de Découverte'teki bir konferansta 12 tabanını kullanmaktan söz edecektir.

1970. Fransız şarkıcı Boby Lapointe *Système bibinaire* adlı yapıtını yayımlayarak, orada onaltı rakam için yeni bir işlevli çizgenin verildiği onaltılı bir dizgeyi tanımlar (bkz. Font, Quiniou ve Verroust, s. 225 vd.).

32. Bölüm
Başlangıcından Bilgisayarların Ortaya Çıkışına Dek Yapay Hesabın Tarihi[1]

Hesabın Çağdaş Bilimdeki Temel Önemi

Yunan filozofu Platon (-428/-347), *Philebos (Haz Üzerine)* adlı yapıtında, Sokrates'le diyaloğu sırasında, karşısındakine, insan yaşamında ve evrende ruhun düzenleyici öğe olduğunu, bilginin, hesabın ve aritmetiğin ilk sırada yer aldığı çeşitli düzeyleri bulunduğunu söyler: "Hesap yapamıyorsan, geleceğin hazları üzerine de düşünemezsin ve yaşamın, bir insanın yaşamı değil, bir istiridyenin ya da deniz salyangozunun yaşamı olur."

Platon çağımızda yaşasaydı, kuşkusuz, (elbette daha geniş bir anlamda) *hesap işlemleri* denen ve *sonuç* adı verilen şeyi elde etmek için yapılan, çok belirli aritmetik, matematik ya da mantıksal yasalara göre yöntemli olarak düzenlenmiş bu karmaşık düşünsel eylemlerin önemini daha da çok vurgulardı.

Zaten, Maurice d'Ocagne'ın dediği gibi, "hesabın önemi kılgın alanda olduğu kadar kuramsal alanda da doğrulanır. Uygarlığımızın gerçekleştirdiği maddî ilerlemelerin hepsi, az ya da çok doğrudan bir biçimde, bilimden gelir. İmdi, bilim sürekli olarak hesaba başvurmasa hiç ilerleyemez. Üstelik burada eskiden beri hesabın çok önemli bir rol oynadığı mekanik ya da gökbilim gibi *sağın* bilimler söz konusu değildir yalnızca, deney ve gözlem bilimi sıfatını, çağdaş bir evrimin yöntemlerine getirdiği tamlıktan ötürü ancak yeni yeni kazanan bilimler de söz konusudur. Fiziğin tüm dallarında, hattâ kimyada, matematiksel formül çok büyük bir önem taşımıştır. Alanına giren olguları incelerken ölçme kavramını işe karıştırma zorunluluğunu kabul ettikten sonra, fizyoloji bile ona başvurmuştur."

Dünyayı Sayılar mı Yönetiyor Yoksa Sayılar mı Fizik Gerçeklikten Çıkıyor?

Büyük Bertrand Russell'ın bir gün "modern bilimde şaşırtıcı olan, onun Pythagorasçılığa dönüşüdür" demesine neden olan, kuşkusuz, günümüz bilimlerinde sayıların oynadığı temel rolün önemini kavramış olmasıdır.

Ancak bunun, sayılarla sözde bir göksel, kosmik ve iç uyum kurmuş, onları kutsal hakikatlere ve gizemlere yaklaşmanın bir yolu haline getirmiş olan Pythagoransçılık ve onun gizemci düşünceleriyle hiçbir ilgisi yoktur. Çağdaş simgesel mantığın büyük kurucularından biri olan B. Russell aslında sorunu tersinden ele almıştır. O sayıların dünyayı yönetmediğini anlamış olsa gerekti. Evren elbette, son sayılama aşamasına ulaştığında bu evrenin nesneleri üzerinde sürekli bir etki gösteren insan düşüncesince ortaya konmuş sayılarla ve soyut kavramlarla dile getirilebilen özellikler taşıyan bir fizik dünyadaki doğa yasalarıyla yöneltilmektedir. Rivarol şöyle diyordu: "İnsan evinde merdivende oturmaz, ama onu her yere çıkmak ve girmek için kullanır; aynı şekilde insan aklı sayılarda yaşamaz, onlarla bilime ve tüm sanatlara ulaşır." Sayıyı fizik gerçeklik verir ama onu yaratamaz. İnsanoğlu, sayılardan yola çıkarak, varolduğundan beri kendisini ıralayan tüm ilerlemeleri gerçekleştirebildiyse, bu elle tutulur evrenin öğelerindeki çokluğun gizini aralayabildiyse, bu gerçekliğin nesnelerini soyut düşüncenin yalın nesnelerine dönüştürmeyi öğrenmiş olmasından ötürüdür bu, tam olarak."

İnsan Hesabının Güçlüklerini Aşma Gerekliliği

Yine de dilde kullanımın yarattığı aşırılığı kabul ederek –ama felsefenin gizemciliğine de kapılmadan– Platon'la birlikte, hiç çekincesiz "dünyayı sayılar yönetir" diyebiliriz.

Ama bilmek gerekir ki, dünyayı sayılar yönetiyorsa da, kesinlikle onunla eğlenmiyorlar. Sorun, hesabın yavaş, zor ve özellikle usandırıcı olmasından ileri gelmektedir. Usandırıcı olması da yinelenmelerinden ötürüdür. Bilimin ve bilginin ilerlemesi önünde engel oluşturan, her türlü tıkanmaya neden olan da kesinlikle budur. Luigi F. Menabrea'nın sözleri anlamını burada bulur: "Sonuçlarını hesaplamaya yeterli güç bulunmadığı için bilimin ve tekniğin ilerlemesine yararı olmayan öyle değerli gözlemler var ki! Uzun ve kısır bir hesabın korkusu, yalnızca dü-

şünmek için zaman isteyen ve işe yaramaz bir dizgenin işlemleriyle yetindiğini gören dehânın cesaretini kırmaz mı! Oysa çözümlemenin zahmetli yolundan gitmesi gerekir hakikate. Ama sayıların kılavuzluğu olmadan da o yolu izleyemez, çünkü, sayılar olmadan doğanın gizemlerini gizleyen örtüyü kaldıramaz" (bkz. CRAS, 28 Temmuz 1884, s. 179-182).

Bilim adamlarının her zaman çeşitli hesap tekniklerini yalınlaştırmaya çalışmış olmalarının nedeni tam olarak budur.

Gerçekten, "hesap bilimsel araştırmanın vazgeçilmez yardımcısı ise de, bu araştırma sayesinde keşfedilen ilkelerin kılgın uygulamalara sokulmasını sağlayan âletin kendisidir. Örneğin denizci, yerölçümü bilgini, topçu, mekanikçi, elektrikçi, maliyeci, mühendis... durmadan ona başvurmak zorundadır; bunların her biri için hesap günlük çalışmanın, elbette hiç de kolay olmayan önemli bir parçasını oluşturur. Dolayısıyla hesabın yalınlaştırılması araştırmacının yükünü epey hafifletir; ama kimi zaman daha da iyisini yapar, elde edilecek sonuca değmeyecek, hiç kimsenin harcama zahmetine girmeyeceği bir çaba gerektiren işlemleri olanaklı kılar, hattâ kolaylaştırır" (M. d'Ocagne).

Aşırı Uzmanlaşmış İnsan Organizmalar: Olağanüstü Hesap Makineleri

Bununla birlikte bu son söylenen, rastlantıyla ortaya çıkabilen çok ünlü istisnaları göz önüne almamaktadır.

Kimi olağan dışı kişilerde hesap yapma yeteneği mucize denebilecek ölçüde büyüktür.

Özellikle 1867'de Piémont'daki Onorato'da doğmuş olan Jacques Inaudi'nin aritmetik yeteneğini düşünüyoruz. L. Jacob şöyle diyor: "Jacques Inaudi yedi-sekiz yaşından itibaren olağanüstü bir kolaylıkla zihinden hesap yapıyordu. 1880'de Charcot ruhbilimsel açıdan, 1892'de Darboux matematik açısından kendisini inceledi. Darboux onu aynı yılın 8 Şubat'ında Bilimler Akademisine tanıttı.

"Kendisine özellikle şu sorular soruldu:

"4 Mart 1822 hangi güne rastlar?

" 4123 547 238 445 523 831'*den*

1248 126 138 234 128 010'u *çıkar.*

"Kübüyle karesinin toplamı 3600 olan sayı hangisidir? (...)

"Bütün bu sorular, sorularla yanıtlar arasındaki aralık otuz-otuz beş saniyeyi geçmeyecek şekilde yanıtlandı. Broca ile Charcot'nun yap-

tığı sınavdan J. Inaudi'nin zekî olduğu, ancak hesap yeteneğinin uzmanlaşmış, olağan dışı ve alıştırmayla geliştirilmiş bir bellekten ileri geldiği sonucu çıktı. Bir fıkrayı güçlükle aklında tutuyordu. Belleği çoğu kez olduğu gibi görsel değil işitseldi. Kendisine sözlü olarak verilen sayılar üzerinde yazılı olarak verilenlerden daha kolay işlem yapıyordu. İngiliz Vinckler de öyleydi. 5000 rakam kendisine iki kez okunuyor, o da aynı sırayla yineliyordu. İnaudi ise altıncı ya da yedinci kökü bir kare ya da küp kökten daha kolay hesaplıyordu. Hindular gibi soldan sağa doğru toplayıp çıkarıyordu" (L. Jacob).

Bir başka olağan dışı hesaplayıcı da 1826'da Louis-Philippe döneminde pek rağbette olan Neuvy-le-Roi'da (Indre-et-Loire) doğan çoban Henri Mondeux idi. "Okuma yazma bilmiyor ve en karmaşık aritmetik işlemlerini zihinden yapıyordu. 1838'de Tours kurumunun bir müdürü onu yanına almış ve dersler vermek istemişti. Ama onun her türlü çalışma için, hattâ matematik için tamamen ortalama bir zekâsı vardı. 16 Kasım 1840'ta Paris Bilimler Akademisine tanıtıldığında aşağıdaki soruları hemen hemen anında zihinden yanıtladı:

"Öyle bir sayı bulun ki, kübüne 84 eklendiğinde 37'le çarpımına eşit olsun.

"Farkı 133 olan iki kare bulun."

Ayarıca hesap yeteneklerini Burkhardt'ın 7 000 000 ile 10 000 000 arasındaki sayıların asal bölenleri çizelgesinin belirlenmesi için kullanan Zacharia Dahse'yi unutmayalım.

M. d'Ocagne aynı türden birçok ünlünün bir listesini verir: "Sekiz yaşındayken, Floransa'da, İtalya'ya üçüncü yolculuğu sırasında (1664) Balthasar de Monconys'i hayran bırakan genç Lorrain Mathieu Le Coq; Mme de Genlis'in dediğine göre, Restauration salonlarında, konuşma gürültüleri arasında en karmaşık işlemleri zihinden yapan Mme de Lingré; XVIII. yüzyılın sonunda kırk beş yaşında okuma yazma bilmeden ölen, Virginia Eyaletinden zenci köle Tom Fuller; Tyrollü çoban Pierre Annich; İngiliz harmancı Judeiah (ya da Zerald) Buxton; Viktoria'dan Londra'ya uzanan dokları yapan, Instution of Civil Enginers'in başkanı olan ve hesap yeteneklerini kısmen oğlu George'a aktaran Bidder; hesabın yanı sıra dil öğrenmeye de büyük bir yatkınlığı bulunan sicilyalı çoban Vito Mangiamello; Rus Ivan Petrov ile Mikhail Cerebriakov; Oxford Üniversitesi önünde ilginç bir deneye konu olan Vincler..."

M. d'Ocagne şunları ekler: "Çocukluğunu hayvan sürülerini güderek geçirmiş olağanüstü hesaplayıcıların sayısına şaşmamak olanak-

sızdır. Onlar için hesap kırların ortasındaki uzun bekleyişler sırasında can sıkıntısını gidermenin bir yolu olmuştur. Onlarınkiyle karşılaştırılabilir bir hesap yeteneğinin son derece ender görülmesi bir yana bu yetenek başka yeteneklerle birlikte de gelişmez. Galiba tüm gücünü bu işleve yönelten beyin, alıştırmalarını çeşitlendiremiyor. Hesap yapma yeteneği büyük olan birinin matematikte de üstün bir donanımı olmasını beklemek gerçek bir sapkınlıktır. Ancak aynı zamanda becerikli hesaplayıcı olan kimi matematikçilerden söz edebiliriz. Bunlar arasında Wallis, Euler, Gauss ve Ampère vardır... [Ama] bu bilimler alanında başrolü oynayan sezgi de mantık da sayılar üzerinde aritmetiğin kurallarına dayanarak zihinden hesap yapma yeteneğine bağlı değildir. İkisini biribirine karıştırmak parmakların piyanonun tuşları üzerinde olağanüstü bir ustalıkla dolaşmasını büyük bir musiki bestecisinin eşsiz belirtisi olarak görmek kadar ciddî bir hata işlemektir."

Yine de bu doğanın olguları çok ilginçtir; felsefî açıdan aşırı uzmanlaşmış insan organizmasının nereye kadar gidebileceğini gösterirler.

Ölümlülerin Çoğunluğunun Durumu

Ne var ki, istisnaları göz önüne almamak gerekir; M. d'Ocagne'ın dediği gibi "sayısal hesap yöntemlerine getirilen her yalınlaştırma, araştırmacıları hesabın verdiği sıkıntı ve yorgunluktan kurtaran, yapabilecekleri hataları önleyerek zaman kaybına engel olan son derece yararlı bir ilerlemedir."

Uygun birkaç örnek verirsek, bir fizikçi, bir istatistikçi ya da bir iktisatçı bir çözmecenin çözümünde genellikle kuramsal ya da matematiksel türden güçlülüklerle karşı karşıya kalır. Ancak klasik yöntemlerle çözülebilen, çözümleyici betimlemeye elverişsiz çok karmaşık kimi çözmeceleri bir yana bırakırsak, gerekli kuram gerçekte çoğu kez elde hazırdır; sonuçlandırılması haftalar, hattâ aylar gerektiren içinden çıkılmaz hesaplarca çoğu kez yolu kesilmiştir. Çoğu kez de sayısal bir çözümleme her ortalama matematikçinin kuramsal olarak çözmeyi bildiği denklem dizgelerinin çözümüne götürür. İzlenecek yol bellidir, ama bilinmeyenlerin ve denklemlerin sayısı dördü aşınca cesaret kırılır ve çoğu kez işlemi bırakma isteği doğar. Başka bir önemli durum da şudur: En iyi çözümü seçmek üzere incelenecek çözümlerin hatırı sayılır çokluğu araştırmacıyı durdurabilir. İşte tam olarak bundan ötürü

hesabın yapay yoldan yalınlaştırılması, hattâ kaldırılması, herşeyden önce işlem yapmaktan çok düşünsel katkılarda bulunmak üzere kullanılabilecek bir zamanı tutumlu harcama kaygısı içerisindeki bilim adamı için hatırı sayılır bir ilerlemedir.

Ondalık basamakları çok eski zamanlardan beri atılmış bulunan π *(pi)* sayısının tarihi bize bunun çok ıralayıcı bir örneğini sunar.

M.S. 510'a doğru, Hintli matematikçi Âryabhata bu sayının yaklaşık değeri olarak 62 832/20 000 üleşkesini, yani bilinen 4 ondalıklı sayıyı vermiştir: $\pi \approx 3,1416$.

VI. yüzyılda Çinli matematikçiler önce altı, sonra dokuz ondalık basamak belirler, Müslüman matematikçi Gıyaseddin Cemşid al Kâşî ise onaltı ondalık basamak hesaplar.

1719'da Fransız Fantet de Lagny 127 basamak vermiştir. 1794'te Baron Georg von Vega ise 136 basamak. 1844'te Viyanalı C. Burkhardt aynı sayıyı 200 basamaklı yazmıştır, ama gerçek şu ki hesaplar işlemleri yapmak için iki ayını harcayan onaltı yaşındaki genç mucizevî hesaplayıcı Zacharis Dahse'ye havale edilmiştir: Özellikle ortalama bir insan hesaplayıcısının uzun yıllar çalışması gerektiği düşünüldüğünde, kuşkusuz mucize denebilecek bir beceridir bu. Bunun kanıtı da π sayısına ilişkin "insan" hesabında mutlak bir rekor kıran İngiliz William Shanks'ın ondokuz yılın sonunda 707 ondalık basamak belirlemesidir! İşlemler 1855'te başlamış, sonuçlar 1874'te yayımlanmıştır. Üstelik Shanks 528. ondalık basamaktan itibaren şaşırmıştı! Doğrusu, bu hesaplar için yüzlerce rakam içeren bin terimi aşkın bir sayısal diziye başvurması gerekmişti (bkz. PRS, 1874, s. 21-22).

Çok Eski Bir Düşün Somutlaşması

Demek ki yalnızca birkaç yüz ondalık basamağı bulunan π sayısıyla hesap yapmak, bu koşullarda insanın bütün bir ömrünce yapacağı bir iş haline geliyordu.

Böyle bir hesabı yaparken zaman etkeninden ve her türlü düşünsel çabadan kurtulmak; Aristoteles'in de iki bin üç yüz yıl önce kurduğu, o çok eski düşün gerçekleşmesi. Aristoteles şöyle düşlüyordu: "Her âlet buyrukla ya da bilerek kendi işini kendi yapabilseydi, (şairin dediği gibi, kendileri de Tanrılar arasına giren Daidalos'un efsanevî heykelleri ya da Hephaistos'un sacayakları gibi) mekik kendi kendine dokusa, gitar kendi kendine çalsaydı, ustanın çırağa, efendinin de köleye ihtiyacı

kalmazdı." Aristoteles'e göre, o zaman insanlar kendilerine hiç yakışmayan sıradan işleri bırakır, kendilerini yurttaşlık etkinliklerine, bilgi arayışına ve bilgeliğe adarlardı.

Böylece iki bin iki yüz yılı aşkın bir süre önce Aristoteles, elbette bilmeden, XX. yüzyılın olağanüstü teknolojik başarılarını tahmin ediyordu.

Gerçekten, çağdaş yapay makineler ve otomatlar uygarlığında, insanoğlunun çevresi üzerinde egemen olma çabasıyla giriştiği icatçı etkinliğin sonucu olarak, Aristoteles'in düşü tam olarak gerçekleşmiştir. Bu evrim çok yavaş ilerlemiştir, arayışlarla, düşünüşlerle, tıkanmalar, gerilemeler, ilerlemelerle, çok çeşitli araştırmalarla doludur ve (M.P. Shutzenberger'in dediği gibi) "insanın tanımladığı bir işlemler bütününü gerçekleştirerek insan varlığının yerine geçecek şekilde düzenlenmiş cansız varlıklar tasarlamaya ve yapmaya" yöneliktir.

Bilgisayar ya da Kendi Kendini Yöneten Hesap Süreçleri

Aristoteles'inkiyle aynı olan Shanks'ın düşüne (onunki de hesap alanındadır) gelince, o da somutlaşmasını kuşkusuz bilgisayarların gerçekleşmesinde bulacaktır. En son teknolojik ilerlemelerden yararlanan bir kavram dağarcığı sayesinde bu türden işleri gerçekleştirebilen, tamamen olağanüstü bir hızı, hesap yeteneği ve bellek gücü bulunan makineler tasarlanıp üretilebilmiştir.

Bu makineler yukarıdaki tüm çözmeceleri çok kolay ve çabukça çözmeyi sağlamaktadır. Örneğin 7 satır ve 7 sütunlu bir determinant hesabını (ya da 9 bilinmeyenli 9 doğrusal denklemlik bir dizgenin çözümünü) en iyi hesap yapan insanların sürekli olarak aynı iş için ayıracakları zaman aralığından sonsuzcasına daha kısa bir zaman aralığında sona erdireceklerdir.

Ancak bilgisayarların hesaplayıcı yapısı doğal olarak bundan da fazlasını yapmayı sağlar. Bunlar hatırı sayılır çeşitlilikte hesap yapabilirler: Çok çeşitli matematiksel hesaplar (matrisler, cebirsel denklemler ya da dizgeler, diferansiyel denklemler, türetik denklemler...); teknik hesaplar (optik mercekler, yol düzleştirme, metal çatısı, ...); istatistiksel hesaplar (sayım çözmeceleri, anket ve dizi çözümlemeleri); iktisadî hesaplar (eğilim hesabı, iktisadî modeller geliştirme...). Yinelemeli yöntemlerle, taban olarak yaklaşık bir değer kullanarak, bir hesap sonucunun yaklaşıklığını da artırabilirler. Hattâ çözülemeyen tri-

gonometrik ve cebirsel denklemleri, kendi kendine çalışan bir makinenin izleyeceği yolu belirleme gibi çözmeceleri çözebilir ki, bunlar sayısal çizelgelerce tanımlanmış çok karmaşık yasaları kullanmayı gerektiren çözmecelerdir.

π sayısının tarihine –elbette bu kez savaş sonrasına– dönersek, hesabın otomatikleşmesi, sorunu ilk doyurucu çözümlerini bulduğu zaman, bu sayının ondalık basamaklarının hesabı daha da ileri boyutlara götürülmüştür.

1947'de D. F. Ferguson ile J.W. Wrench Jr birkaç aylık çalışmayla ve tamamen sıradan bir otomatik büro hesap makinesi kullanarak π'nin 808 ondalık basamağını belirlemişlerdir.

1940'lı yılların büyük çözümleyici hesap makinelerinin gelişmesiyle birlikte başarı daha da etkileyici bir hale gelir: 1949'da Georg Reitwiesner π sayısının 2037 ondalık basamağını ENIAC denen elektronik hesap makinesiyle 70 saatten daha kısa bir sürede hesaplamıştır.

Elektronik bilgisayarların gittikçe ilerleyen teknolojik gelişmesi sayesinde, hesaplar artık daha hızlı olmakla kalmaz, ayrıca ve özellikle çok daha ileri gitmeye başlar. 1954'te, S. Nicholson ile J. Jeenel IBM NORC'la 12 dakikada 3089 basamak belirlerler. 1958'de, F. Genuys bir IBM 704'le 1 saat 40 dakikada 10 000 basamak belirler. 1961'de, Daniel Shanks (aynı adı taşıyan ilkiyle hiç ilgisi yok) bir IBM 7090'la 9 saatte 100 000'i biraz aşkın sayıda basamak hesaplar. Çağın rekoru 1976'da kırılır ve J. Guilloud ile M. Boyer bir CDC 6600'le iki saatten biraz kısa bir sürede bir milyon basamak belirlerler.

Bugün bu hesap ortalama güçte herhangi bir bilgisayarda bir milyon basamak için bir saatlik bir iştir: Zaten bilgisayarların hızını ve gücünü sınamak için bu hesaptan yararlanılır.

Böylece, π'nin ondalık basamaklarının aranışı –bu arayış *yapay hesabın*, yani insanın özel olarak bu amaçla yarattığı yapay bir aygıt yardımıyla yapılan hesabın tarihinin ardışık aşamalarını çok iyi ortaya koyar– *insan hesabının* köleliğinden kurtulma zorunluluğunun günümüz bilgisayarlarının gerçekleşmesiyle ne ölçüde tam ve etkili çözümünü bulduğunu göstermektedir.

Elbette, bilgisayarlar basit "hesap makinelerinden" fazla birşeydir (hesap makinesi yalnızca sayılar ve büyüklükler üzerinde işlemler yapmayı dile getiren geleneksel anlamıyla anlaşılırsa). Bilgisayarların her türlü aritmetik ya da cebirsel hesabı yaptığı doğrudur, ama çoğu kez sanıldığı gibi dev boyutlu hesap makinelerine karşılık gelmezler.

Şunu belirtelim ki, bilgisayarlar *bir insan hesaplayıcının hiçbir zaman yapamayacağı şeyi* yapar; o da karmaşık bir olguyu gerçek bir zamanda sanal olarak gerçekleştirmektir. Doğrusu, bu olguyu gerçekliğe karşılık gelen parametrelerle güçlük çekmeden dile getirilebilen çok sayıda yinelenen temel olgu halinde ayrıştırmak yeter. Bu şekilde sanal olarak yaratılan olgunun zaman içinde soyut bir biçimde geliştirilmesiyle, istatistiksel bir modele göre yasalar elde edilebilir. İşte bu fizik gerçeklikte başka türlü yapılamayacak olan bir çeşit "kuramsal deneyimdir". Dolayısıyla böyle makineler çok sayıda ölçme yapma olanağı verir, söz konusu büyüklükler arasındaki ilişkileri açıkça seçmeyi sağlar. Bundan ötürü de söz konusu olguların ve onları yöneten yasaların incelenmesini kolaylaştırır; kaydedilmiş modeller arasından belli bir duruma en iyi uyanı seçmeyi sağlarlar.

Bu makinelerle, çözümü bir bireyin ortalama yaşam süresini çok çok aşan bir zaman aralığını kaplayacak kadar karmaşık çözmecelerin üstesinden gelinebilmektedir.

Günümüzde bilgisayarların artık tamamen basit olan bu sorunların çok ötesine geçen, seçme, birleştirme, yönetme, metin işlem, grafik işlem, imge işlem, söz sentezi, biçimleri tanıma gibi birçok sorunu çözebilecek durumda olduğunu ekleyelim. Ayrıca bilgisayarların çok çeşitli alanlarda bir kuşak önce hayal bile edilemeyen uygulamaları vardır: Bilgisayar destekli tasarım, bilgisayar destekli öğretim, otomatik çeviri, musiki besteleme, imge canlandırma vb...

Özetle, *bilgisayarlar en genel otomatik bilgi işlem makineleridir.*

Bilgisayar: Koskoca Bir Bireşimin Ürünü

Denebilir ki, bilgisayarların ortaya çıkışı (çünkü şimdi söz konusu olan onların tarihidir[2]) bugünkü uygarlığımızın tarihinde çok büyülü bir olay olmuştur.

Ancak bu olay büyülü bir değneğin bir dokunuşuyla birdenbire olmamıştır, dâhi bir mucitin apayrı çalışmalarının ürünü ise hiç olamaz.

Her halde, tarihsel gerçeklik halkın diline düşmüş olan "bilgisayarın icadı" gibi bir deyimin anlatmak istediği şey kadar basit değildir.

Çünkü bu "icat" olgusunda biribirinden ayrı ve çok eski birçok adımın çakışması, birçok düşünme etkinliğinin ve aktarım zincirinin art arda gelmesi söz konusu olmuştur (bkz. şek. 32.2 A-32.2D).

Zaten bu devrim ilkin ve herşeyden önce çok eski zamanlardan beri her ülkeden, her çevreden gelen çok sayıda bilgin, filozof, mucit, mühendis, matematikçi, fizikçi ve teknisyenin bitmek tükenmek bilmeyen çabalarıyla gerçekleşmiştir. Ama onun haberini özellikle XIX. yüzyıl sanayi devrimi vermiştir. Sonra makine biliminin ortaya çıkışı ve otomat biliminin gelişmesiyle felsefî ve düşünsel açıdan tasarlanabilir hale gelmiştir. Ardından, özellikle simgesel mantık ile matematik biliminin son zamanlardaki gelişmelerinin sonucu olan büyük bilimsel ilerlemeyle olanaklı kılınmıştır. Teknik olarak gerçekleştirilebilir hale gelmesi ise XX. yüzyılın teknoloji devrimi sayesinde olmuştur. Sonunda da hayal gücünün, gereksinimin, deneyimin, uzmanlığın harekete geçirdiği sanayi toplumlarının yükselişi ve gelişmesi sayesinde gerçek olmuştur. Bu gerçekleşmede toplumsal, iktisadî, ticarî, bilimsel baskılar altındaki rekabetin, hattâ İkinci Dünya savaşı sırasında Nazi barbarlığını önlemeye yönelik askerî ve siyasal rekabetin de rolü olmuştur.

Özetle, bilgisayarların ortaya çıkışı kuşkusuz çok sayıda düşün ve gereksinimin, başlangıcı tartışılmaz bir biçimde çok eski çağlara uzanan ağır bir evrimin sonunda, bir icatlar ve yenilikler çağlayanından oluşmuş dev bir bireşim halinde somutlaşması demektir.

Ancak, aşağıdaki serimlemede biribirini izleyen önemli düşüncelerin kendi çağlarında her zaman buradaki kadar kesin olarak dile getirilmiş olduğunu sanmayalım. Elbette bu düşünceler kuşaklar önce ortaya konmuştur, ama tamamen dağınık bir biçimde, deyim yerindeyse hiçbir eşgüdüm olmadan.

Bertrand Gille'in vurguladığı başka bir önemli nokta da şudur: "Tarihçi çağından söz etmek zorunda kaldığı zaman hep biraz çaresizdir. Uzaktan bakış son derece eksiktir ve çoğu kez olayları yanlış anlama, gözlenen olguları yanlış ölçme, bizi çevreleyen dünya hakkında yanlış yargılarda bulunma kaygısı vardır."

Bütün bunlar aşağıda söylenenleri yayımlamadan önce yıllar boyu hangi ikirciklerle karşı karşıya olduğumuzu anlatmaktadır. Bu düşünceleri, malumat ve belge düzeyinde epeyce bir katkı sağlasalar da, duruk, birikimci bilgi tarihleri olmaktan öteye geçemeyen tarihlerden daha doyurucu biçimde düzenlemeden yayımlamayı reddettik.

Doğrusu, Henri Poincaré'nin şu sözüyle söylersek, tarih bilimi taşlarla yapılır; ama bir taş yığını ne ölçüde bir evse, bir tarihsel olgu yığını da o ölçüde tarihtir (bkz. *La science et l'hypothèse*, s. 168).

Ne ki, öğeleri çoğu kez yapılanmadan, sınıflanmadan ortaya konmuş olan geleneksel bilgisayar bilimi tarihlerinin olgular yığınına bakılırsa, bunların henüz bireşimini kurmamış, düzenlenmemiş bir disiplinin durumunu yansıtmaktan başka birşey yapamadığını kabul etmek gerekir.

Gerçekten, böyle bir tutarlı döküm –daha yirmi yıl önce kesinlikle olanaklı olmayan böyle bir döküm– ortaya çıkabildiyse, bu herşeyden önce, büyük olgunlaşmanın ve birçok kavramın bireşiminin bilgisayar bilimini bu ada lâyık gerçek bir bilimsel disiplin olarak gösterdiği bir uzaktan bakma çağında bulunmasından ötürüdür.

Yapay Hesabın Uzak Kökeni

Bilgisayarların tarihi aslında Rönesans Avrupasında, gökbilimciler ile matematikçiler matematiğin, bilimin ve tekniğin ilerlemesiyle daha karmaşık, daha uzun, daha usandırıcı hesaplar yapmaya giriştiği zaman başlamıştır.

Başka deyişle, XVI. yüzyılın başından başlayarak, Hint rakamları ile hesabının Caesar çağının rakamları ile jetonlu tablalarının tam olarak yerini almaya başladığı sırada, Avrupa bilginleri hesap yapma zorunluluğundan kurtulmaya, en azından hesapları daha az zahmetli, daha hızlı, daha kesin kılmaya çalıştılar.

(Ne ki, bütün inceliklerine ve işlem pratiğine getirdikleri bütün ilginç sadeliklere karşın, Hint kökenli hesap yöntemlerinin bu temel gereksinimi karşılamakta açıkça yetersiz olduğu ortaya çıktı. Gerçekten az çok karmaşık işlemlerde bu yöntemler hep görece yavaştır; sürekli olarak gösterilmesi gereken dikkatten, söz konusu tekniklerin tekdüzeliğinden ötürü çabucak sıkıcı hale gelir. Üstelik bu yöntemler çok sayıda hata riski taşır. Ancak işlemleri birkaç kez yineleyerek ortadan kaldırılabilen okuma hatası, bir sütunun ya da bir satırın sayısal bir çizelgeye yazılması sırasındaki hatalar buna örnektir).

İnsan Hesabının İlk Yardımcıları

Aritmetik âletleri insan hesabının eksiklerini gidermeye yönelik maddî aygıtlar arasında bulunur. Temel hesap pratiğinde aritmetikçilerin yükünü hafifletmek için tasarlanmış olan bu âletler doğrudan doğruya rakamlı betimlemeler üzerinde iş görüyor, belli sayıda görece yalın işlemin ardından sonuç veriyordu[3].

Bunun ünlü bir örneği İskoçyalı matematikçi Merchistonlu John Napier'in (1550-1617) –daha çok John Neper adıyla bilinir– 1617'de icat ettiği âlettir. Bu âlet, 1'den 9'a kadarki sayıların katlarını veren farklı sütunların, çarpılanın rakamlarının sırasıyla yan yana konabileceği biçimde hareketli çubuklar üzerine kaydedildiği özel biçimli bir çarpım cetvelidir. Çarpmadaki ara çarpımlar çarpanın rakamlarının karşısında yatay olarak okunur. Çarpmayı kolaylaştırmak için tasarlanmış olan bu tutumlu, güvenilir ve kesin dizge XX. yüzyılın başına dek Avrupa'da büyük başarı kazanmıştır.

Ama elbette bu türden tek âlet bu olmamıştır: O zamandan beri basit toplama âletinden çarpmayı, bölmeyi, hattâ kare kök almayı kolaylaştıran çok daha gelişmiş aygıtlara dek hatırı sayılır çeşitlilikte âlet tasarlanıp yapılmıştır. Şunları sayabiliriz: Caze'nin *toplama makinesi* (1720); Perrault'nun *toplayıcısı* (1666), Kummer'in *toplayıcısı* (1847); Troncet'nin *aritmografı* (XX. yüzyılın başı); Clabor'un *aritmografı*; Samuel Morland'ın *çarpma âleti* (1666); Çin sayı boncuğu ile Napier'in silindir biçimli çubuklarının ustaca bir birleşimi olan Michel Rous'un âleti (1869); Lucas ile Geneille'in *çubukları* (XX. yüzyılın başı); Sebert'in *toplama-çarpma âleti* (1918); Léon Bollée'nin *çarpma-bölme âleti* (1893);...

Aritmetik Hesabın Mekanikleşmesi Sorunu

Bununla birlikte bu tür âletler gerçek "hesap makineleri" olmamıştır. Bunlar elbette işlem yapmayı kolaylaştırıyordu ama sözcüğün tam anlamıyla "mekanikleştirmiyordu". Gerçek bir makinenin dişli çarklarını, aktarım dişlilerini içermemeleri bir yana, sürekli olarak verileri yazmaya ve sonuçları okumaya kendini veren bir insan işlemcinin işe karışmasını gerektiriyordu. Dolayısıyla bu âletler rakamlarla yapılan insan hesabı için yalnızca bir maddî yardımcı oluşturuyorlardı.

Aritmetik işlem pratiğinde insanın müdahalesini en aza indirmek ve bu hesapları salt mekanik devinimlerle yapmayı sağlayan hızlı, yalın, güvenilir ve kesin bir yol bulmak: İşte aritmetik hesabın mekanikleşmesi sorunu kabaca budur. Bu soruna çözüm bulma çabası basit sayısal hesap makinelerinin icadına götürmüştür.

Mekanik Hesabın Tarihi Niye Daha Erken Başlamadı?

Bize bugün çok açık, hattâ anlamlı gelen bu fizik, topu topu dört yüz yıl önce, böyle makineleri tasarlamanın, dolayısıyla da yapmanın güç olmasından ötürü, gözüpeklikle dile getirilemiyordu.

İlkin, hesabın mekanikleşmesinin mekanik tekniklerinin ilk gelişmeleriyle, dolayısıyla Tarihin en eski uygarlıklarıyla başlamış olan çok ağır bir evrimin son noktası olduğunu belirtelim.

Ancak, doğrusunu söylemek gerekirse, bu tarih kabaca M.Ö. VI. yüzyıldan M.S. III. yüzyıla giden bir dönemde başlamış, bu dönemde Yunanistan'da, aralarında Arkhitas'ın, Arkhimedes'in, Ktesibios'un, Bizanslı Philon'un, İskenderiyeli Heron'un ve birçok başkalarının bulunduğu, dişli çarklar, aktarım dişlileri, kaldıraçlar... gibi katkıları olan birçok mekanikçi yetişmiştir. Bu tarihte mekaniği ilk kez kuramsal bir araştırma alanı haline getiren Aristoteles'e (-384/-322) ve özellikle mekaniğin gerçek kurucusu olan, yerçekimi merkezinin tanımını, kaldıraç ve eğik düzlem ilkesini, (kendi adını taşıyan) suyun kaldırma yasasını, oyma vida, şonsuz vida, palanga, hareketli makara, mancınık gibi icatları kendisine borçlu olduğumuz Arkhimedes'e en baştâ yer vermek yerinde olur.

Matematikçi İskenderiyeli Pappus (+III./+IV. yüzyıl) Arkhimedes'in yapıtını izleyecek, ama çoktan sönmüş bir uygarlığın son alevi olacaktır.

Bununla birlikte Yunan geleneği kaybolmamıştır. Bizans Yunanlıları onların izleyicisi ve bir ölçüde İskenderiyeli Yunan mekanikçileri ile Ortaçağ Avrupasının mekanikçileri arasında aktarım kayışı olmuştur.

Ancak Yunan geleneği ayrıca ve özellikle Arap-Müslüman dünyası mekanikçilerinin çabalarıyla aktarılmıştır. Burada da Arapların aldıkları mirası özümlemiş, bireşimini yapmış, aldıkları tekniklere önemli iyileştirmeler getirmiş, kimi zaman da bu alanda kendilerinin yenilikler yapmayı başarmış oldukları görülecektir (bkz. 25. Bölüm).

Kuşkusuz IX. yüzyıldan itibaren oluşan Arap okulunun temsilcileri İskenderiye Okulunun fikirleri ile tekniklerinin Ortaçağ ve Rönesans Avrupası mühendislerine aktarılmasında önemli bir rol oynamışlardır. Bu mühendisler ve mekanikçiler arasında Villard de Honnecourt, Guy de Vegevanno, Giovanni de Dondi, Konrad Keyser, Errard de Bar le Duc, Leonardo da Vinci, Francesco di Georgio Martini, Giuliano da Sangallo, Giovanni Fontana, Jean Fernel, Oreste Vanocci... gibi isim-

ler vardır. Bunlar, getirdikleri çok önemli gelişmelerle, mekanik, saat teknolojisi ve kesinlik teknikleri konusunda çok temel katkılarda bulunmuşlardır (bkz. A. Feldman ve P. Fold; B. Gille [2]; (Singer). Avrupa'nın, uyanarak, kendi tekniklerini geliştirdiğini, biribirinden daha dakik saatler üretmeye koyulduğunu biliyoruz. *Li Orlogo Amoureus* adlı 1174 dizelik bir şiir yazan Jean Froissart (1337-1410), şunu söyler[4] (bkz. C.H. Baillie, s. 3):

"Çünkü saat, doğrusu,
Çok güzel, çok soylu bir âlettir,
Hem de hoş ve yararlı."

Böylece bir soru ortaya çıkar: Yunan mekanikçileri sonsuz vidayı, dişlileri bildiklerine ve kullandıklarına göre, bu farklı oluşturuculardan yola çıkarak bir hesap makinesi yapmalarını engelleyen nedir? Bunun nedeni, tekniğin, gerekli olmakla birlikte, yeterli olmamasıdır. Sayılama dizgelerinin konum ilkesine dayanmadığı ve içinde sıfır bulunmadığı da doğrudur. Bu koşullarda bir hesap makinesi yapmak, hattâ tasarlamak nasıl olanaklı olsun? Örneğin, kafanızda rakamların konum ilkesine ilişkin çok açık bir kavramınız yoksa, nasıl bir toplama makinesi tasarlayabilirsiniz? Son olarak, her silindiri bir ondalık basamağa bağlama fikrini edinmiş olsalar bile, 0'dan 9'a kadar numaralamanın ne olduğunu bilmeyen insanlar için aktarım dişlileri bulunan birçok silindirden oluşmuş bir âlet neye yarardı?

Denebilir ki, sıfır ve konumlu sayılama olmasaydı, hesabın mekanikleştirilmesi sorunu hiçbir zaman çözülemezdi.

Peki öyleyse Avrupalılar Hint kökenli sıfır ile konumlu sayılamayı Haçlı seferleri sırasında almış oldukları halde bu sorunu niye daha önce çözmeye çalışmadılar?

Bunun birçok nedeni vardır: İlki, çağın bâtıl inançlarının ve gizemci düşünüşlerinin yol açtığı tıkanmadır; ikincisi, Lonca sisteminin katı kurallarıdır; üçüncüsü, teknik ile mekaniğin, Avrupa'da gerekli tamlık derecesine ancak XVII. ve özellikle XVIII. yüzyıldan itibaren, saat biliminin ve kuramsal mekaniğin ilerlemesi sayesinde ulaşmış olmasıdır.

XV. ve XVI. yüzyıllarda, henüz kutsal sözler konusunda dogmacılıktan, gizemcilikten ve köle ruhluluktan ileri gelen belirsiz bir ortamda yaşanıyordu. Bu ortam bilim ile felsefeyi umutsuzca denetimi altında tutmak isteyen, bilim ile felsefenin, günâh, cehennem ve ruhun kurtuluşu gibi öğretilere bağlı olarak, kendi dogmalarına boyun eğmesi için hiçbir çabayı esirgemeyen Kilise tarafından yaratılıyordu.

Bu çağ aynı zamanda bâtıl inançların, engizisyonun ve büyücü avının yaşandığı çağdı.

Örneğin Galileo, 1633'de güneş dizgesiyle ilgili devrimci görüşlerini reddetmeye zorlandı. Büyük Kepler ise, İmparator Rudolphe II'nin resmî gökbilimcisi olduğu sırada, 1618'de Engizisyon tarafından büyücülükle suçlanan annesini savunmak zorunda kaldı. Engizisyon, o karanlığı içinde, Kepler'in kendisi gibi bir dehâya can vermiş olan annesinin şeytanla ilişki kurmamış olamayacağını ileri sürmüştü! Görünüşe bakılırsa annesi hiç işkence görmedi, ama bu iğrenç haksızlığın kurbanı olarak, serbest bırakılışından kısa bir süre sonra öldü.

Bütün bunlar hesap sanatının ancak insan türünün beyinsel etkinliklerinin "kutsal ve çiğnenemez" alanına ait göründüğü bir çağın havasını canlandırmaktadır.

Denebilir ki, bu çağın düşünce yapısında, bu sanat ancak ruhtan, dolayısıyla yalnızca kutsal varlıktan çıkabilirdi ve onu mekanikleştirme düşüncesi saçma geliyordu.

Bunu anlamak için 1593'te Galileo'nun, yirmi yedi yıl sonra da Francis Bacon'un "makine kullanımı Doğaya karşı bir eylem değildir ve onların yaratılmasının tanrısal yasalarca hoş görülmesi gerekir" (Galileo, *La Meccaniche*, 1593; Francis Bacon, *Novum Organum*, 1620) düşüncesini kabul ettirme konusunda yaşadıkları güçlükleri göz önüne getirmek yeter.

Ancak gizemci ya da dinsel düşünceler yapay hesabın tarihinin bu çok önemli dönemecindeki tek engel olmamıştır. Çünkü, doğrusunu söylemek gerekirse, bir hesap makinesinin yapım işi ancak kesinlik mekaniğinin tüm düzenini çok iyi bilen usta bir saatçiye bırakılabiliyordu.

İmdi, şunu belirtmek gerekir ki, "bu dönemde meslekî bir yeniliğin başka bir loncaya devredilmesi, yabancı çalışmaların da kendi loncasının çalışmaları içine alınması kesinlikle önleniyordu. Birçok durumda loncanın katı kurallarına uymayan zanaatçıya maddî, ahlâkî hattâ fiziksel baskılar uygulanıyordu" (R. Ligonnière).

Kendisinden mekanik bir hesap yapması istenen bir saatçinin o çağın meslek kurallarını ciddi biçimde çiğneme anlamına gelebilecek bu işi kesin olarak reddetmesini anlıyoruz şimdi.

Araplar ise, Hint keşiflerinden yararlanmış ve Yunan mekaniğinin kazanımlarından yola çıkarak özellikle aritmetik alanında ilerlemeler göstermiş olmakla birlikte, teknikleri yeterli olmadığı için hesabı mekanikleştirmeyi akıllarına getirmemişlerdir. Bunun için kuramsal me-

kaniğin gelişmesinin ve saat mekaniği ile kesinlik tekniklerinin ortaya çıkmasının zorunlu kıldığı tüm ilerlemeleri göstermeleri gerekmiştir.

Hesap mekaniğinin ilerlemesine engel olan son neden ise şudur: Ne denli incelikli olursa olsun temelde toplumsal bir talebi karşılamayan bir düşünce gelişemez; bilindiği gibi, birçok bilimsel keşif çoğu kez sonuna ulaştırılamamıştır, çünkü toplum onları gerekli olmadığı için reddetmiştir.

KURAMSAL MEKANİĞİN DOĞUŞU VE GELİŞMESİ

Başka bir açıdan baktığımızda, Yunanlılar ile Araplar mekaniğin tekniklerine temel katkılarda bulunmuş iseler de, kuramsal mekanik alanındaki getirileri az olmuştur. Örneğin dinamiğin ilkeleri, her zaman kitapları ve kuramları yorum hatalarıyla dolu olan Aristoteles'in *Fizik*'i ile *Mekanik Sorunlar*'ı tarafından düzenlenmiştir. Aristoteles mekaniği Avrupa'daki anlayışa en azından XV. yüzyıla dek egemen olmuştur.

Gerçekten bu alandaki ilk önemli gelişmeleri ancak XVI. yüzyıldan itibaren görürüz. İtalyan matematikçi Tartaglia (1499-1557) mekanik ve balistik araştırmaları yaparken, Gerolamo Cardano (1501-1576) bir mekanik kitabı yayımlar ve kendi adını taşıyan *contayı* icat eder. Bunların yanı sıra, Giambattista Benedetti (1530-1590) *momentlerin dengesini* belirlerken, Flaman matematikçi ve fizikçi Simon Stevin (1548-1620) *ağırlıkların dengesi, eğik bir düzlem üzerindeki cisimlerin dengesi,* hidrostatik... üzerine çalışmalar yayımlar.

Ancak en önemli an dinamiğin temel yasalarını ortaya koyan Galileo'nun (1564-1642) büyük katkısının gerçekleştiği andır. Galileo 1603'te *güç* kavramı ile *eylemsizlik ilkesini* kendisinden çıkardığı *cisimlerin düşmesi* yasasını keşfetti; Stevin'in statik alanında keşfettiği *güçlerin koşutluğu* ilkesini dinamiğe aktardı; 1638'de yayımladığı devinimlerin birleşimi ya da güç etkilerinin bağımsızlığı ilkesi konusundaki yapıtında şöyle diyordu: "Düzlem sınırlıysa, çekime uğrayan katı cisim ilk birörnek ve sona ermez devinimine, ağırlığından ötürü aşağıya doğru olan eğilimini ekleyecektir"; başka deyişle izlenen yol paraboldür; bu ise *atılan cisimlerin parabolik devinim* yasalarından biri olacaktır.

Sonra bayrağı, *merkezkaç gücün* varlığının keşfini, *eylemsizlik momentinin* tanımını ve 1659'dan itibaren saat mekaniğine uyguladığı sarkaç devinimi kuramını kendisine borçlu olduğumuz Hollandalı matematikçi ve fizikçi Christian Huygens (1629-1695) devralır. Huygens ayrıca *canlı güçler* teoremine bir tanıtlama getirmiş, çarpma sorununa canlı gücün korunması kavramıyla bir çözüm önermiştir (1669).

1671'de, İngiliz gökbilimci ve matematikçi Robert Hooke (1635-1703) kendi adını taşıyan *cisimlerin elastikliği* yasasını keşfetti ve (matematik bilgisinin yetersizliğinden ötürü sonuçlarını devşiremeden) çekim gücünün gerçekliğini gördü. Aynı dönemde İngiliz bilginler John Wallis (1616-1703) ile Christopher Wren (1632-1723), Stevin'in ardından *hidrostatiğin yasalarıyla* ilgilendiler. İtalyan Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679) ise Galileo dinamiğinin yasalarını yıldızların devinimine uygulamaya çalıştı.

Galileo'nun yapıtını İngiliz matematikçi Isaac Newton (1642-1727) tamamladı ve bir kütlenin karşıt yönde bir kuvvetle karşı karşıya kalmadan başka bir kütle üzerine bir kuvvet uygulayamayacağını ileri sürdü. Bu da *etki ile tepkinin eşitliği* yasasının keşfi demekti. Newton sonsuz küçükler hesabı tekniklerini getirmesinin yanı sıra mekaniğin yasalarını gökbilime yayarak *evrensel çekim* yasasını ilk kez dile getirdi.

Ardından İsviçreli matematikçi Jacques Bernoulli (1654-1705) ile kardeşi Jean (1667-1748) kuramsal mekaniğin uygulamalarını hatırı sayılır ölçüde genişleterek dinamiğin sorunlarını çözmeye çalıştılar. Ayrıca Pierre Varignon (1654-1722) *momentler teoremini* ortaya koydu.

Mekanik Üzerine Tam Kitap adlı yapıtında çözümlemeyi *devinim bilimine* uygulayan İsviçreli matematikçi Leonard Euler (1707-1783) de önemli bir katkıda bulundu. Aynı disiplini *sıvılar mekaniğine* uygulamış olan bir başka İsviçreli matematikçi, Daniel Bernoulli'yi (1700-1782) de sayalım. Son olarak, 1743'te bir *Dinamik Kitabı* yayımlayan ve orada dinamiğin sorunlarının statiğin sorunlarına dayandığını gösteren Fransız matematikçi Jean Le Rond d'Alembert'i analım.

D'Alembert'in çalışmalarından önce dağınık olarak gerçekleştirilen tüm bu keşiflerin ardından bir dizgeleştirme çalışması gerekmiştir. D'Alembert böylece klasik mekaniğe ilişkin şu genel tanımı yapacaktır: "*Mekaniğin* nesnesi devinen ya da devinmeye eğilimli cisimlerde söz konusu olan *niceliktir*. Mekaniğin iki dalı vardır: *Statik* ve *dinamik*. Statiğin nesnesi denge halindeki ya da yalnızca devinmeye eğilimli cisimlerde söz konusu olan niceliktir. Dinamiğin nesnesi ise halen devinmekte olan cisimlerde söz konusu olan niceliktir" *(İnsan Bilgisine İlişkin Genel Açıklamalar).*

Ancak asıl büyük katkı, *gücül hızlar* teoremi gibi teoremler ortaya koymakla kalmayan, yukarıdaki icatları uyumlu bir bireşim halinde biraraya getirip *Analitik Mekanik* (1788) adlı kitabında özetleyen Fransız matematikçi Louis de Lagrange'dan (1736-1813) gelecektir: "Mekanik kuramını ve onunla ilgili sorun-

ları çözme sanatını, yalın açılımı her sorunun çözümü için gereken bütün denklemleri veren genel formüllere indirgemeyi önerdim... Bu yapıtın başka bir yararı olacaktır: Mekaniğin sorunlarının çözümünü kolaylaştırmak için o zamana dek bulunmuş farklı ilkeleri aynı bakış açısıyla ortaya koyacak, karşılıklı bağlarını ve bağımsızlıklarını gösterecek, doğrulukları ve yaygınlıkları konusunda yargıda bulunmayı olanaklı kılacaktır."

Böylece koca bir öğretiler bütünü olarak kurulan kuramsal mekanik son olağanüstü atılımını gösterebilmiştir (bkz. Bouveresse, Itard ve Sallé; T. de Galiana).

Elbette mekanik tekniklerinin ilerlemesi hesabın mekanikleşmesinin gelişmesine yol açmıştır. Ancak bu koşullarda, kuramsal mekaniğin ilerlemesininin bu çeşitli mekanik eşleşmelerin bilimsel olarak incelenmesine ne ölçüde izin verdiğini, hesabın güçlükleriyle karşı karşıya kalan insanın, yüzyıllar önce, matematik işlemlerini yaparken kendi zihninin yerine çok belirli yöntemleri koymaya çalıştığını da görmüş oluyoruz.

Tarihin İlk Hesap Makinesi

Bu yöndeki ilk adım, 1623'te Alman gökbilimci Wilhelm Schickard (1592-1635) kendi *Hesap Saati*'ni (icadına bu adı vermiştir) yaptığı zaman atılmış oldu. Bu, toplama ve çıkarma için tamamen mekanik yoldan, çarpma ve bölme içinse Napier'in çubukları gibi tasarlanmış silindirler yardımıyla, işlemcinin birkaç müdahalesi sonucunda dört işlemi yapabilen bir makineydi.

20 Eylül 1623'te, Schickard arkadaşı Kepler'e bir mektup gönderdi: "Senin elle yaptığın hesabı, ben tamamen mekanik olarak yapmaya çalıştım... Verilen sayıları çabucak ve kendiliğinden sayan, toplayan, çıkaran, çarpan ve bölen bir makine kurdum..." O sırada gezegenlerin devinimlerini betimleyen çizelgeleri hazırlamakla uğraşan gökbilimci, ancak Napier'in icat ettiği logaritmalarla yapılabilen hesaplardan kurtulmayı sağlayacak böyle bir icadın değerini verecek durumdaydı.

Bununla birlikte bu icadın ne halk üzerinde (halk için mekanik hesap uzun süre yalnızca bir düşünce oyunu olarak kalmıştır) ne de daha sonraki başarılar üzerinde hiçbir etkisi olmamış, Schickard'ın makinesinin tek örneği de 22 Şubat 1624'te dikkatsizlikten çıkan bir yangında yok olmuştur.

Bu yangın belki de kasıtlı olarak çıkarılmıştı: Kuşkusuz çağın karanlık düşüncelerine mahkûm olmuş kötü niyetli biri, tıpkı "kutsal insan ruhu" gibi hesap yapabilen, cehennemin derinliklerinden gelmiş olabilecek böyle bir makineyi yok etmek için bu yangını kundaklamış olabilirdi.

Pascal'in Aritmetik Makinesi

Gerçekte aritmetik hesabın mekanikleştirilmesi olanağı ilk kez 1642'de, o sırada yalnız ondokuz yaşında olan ve öncellerinin çalışmalarından tamamen habersiz bulunan Fransız filozof ve matematikçi Blaise Pascal (1623-1662) ünlü *Pascaline*'inini yaptığı zaman açıkça gösterilmişti. Pascal bu makineyi, Rouen'de levazım müdürü olan babası adına sütunlu çörkü üzerinde jetonlarla yaptığı bitmez tükenmez idarî hesapları kolaylaştırmak için icat etmişti.

Pascal'in makinesi 0'dan 9'a dek numaralanmış ve her birinin bir tam dönüşü bir sonrakini bir derece ilerletecek şekilde biribirine bağlanmış bir dizi dişli çarktan oluşan mekanik bir kendiliğinden aktarım âletiydi.

Bu makine aslında *tersine çevrilemez bir düzeneği* bulunan bir toplama makinesiydi. Ama yine de *aritmetik tümleyenler yöntemini* kullanan ustalıklı bir aygıt sayesinde çıkarmalar da yapabiliyordu.

Yepyeni Bir Çağın Başlangıcı

Pascal her türlü hesap makinesi konusunda hep gümdemde kalmış bir temel kavramı dile getiren şu düşünceyi ortaya atacaktır: "*Aritmetik makinesinin* düşünceye hayvanların yaptığı herşeyden daha fazla yaklaşan etkileri vardır; ne ki hayvanlar gibi istenci vardır dedirtebilecek hiçbirşey yapmaz" (Pensées, 486).

Mme Périer (Gilberte Pascal) de şöyle diyecektir: "Kardeşim yalnız hiçbir jeton kullanmadan hesap yapmayı değil, hiçbir aritmetik kuralını bilmeden hesap yapmayı da sağlayan, bunu da şaşmaz bir kesinlikle yapan bu aritmetik makinesini icat etti. Bu âlet, uslamlamaya başvurmaksızın bütün işlemleri mutlak bir tamlıkla tamamlamanın yolunu bularak, kaynağı ruhta olan bir bilimi makine derecesine indirmiş olmasından ötürü bir mucize olarak görüldü."

Pascal'in kızkardeşi, yaşadığı coşkuyla, Pascaline'in "şaşmaz kesinliğini" bir parça abartmıştı ama bu âlet aslında hiç de güvenilir değildi: Temel parçası olan *atlatıcı,* döndürdüğü düşünülen çarkın dişlerine iyi oturmuyordu; *kendiliğinden aktarmaya* gelince, o da pek iyi değildi, çünkü birden fazla çark aynı 9 rakamını gösterdiği zaman, düzenek kilitleniyordu.

Ancak Pascal'in başarısı yeni araştırmalara yol açmıştır. (Şunu da unutmadan ekleyelim ki, Pascaline aynı zamanda hesap makinelerinin ticarî tarihindeki ilk önemli aşamayı geçmiştir; çünkü birçok örneği –en az on, kuşkusuz elli örneği– yapılmış ve Avrupa'da ticarîleşmiştir.)

Bunun kanıtı, birçok ülkeden çok sayıda mucitin, ondan bir kuşak sonrasından başlayarak, benzer toplama makineleri yapmaya koyulmalarıdır. Bunlar arasında İngiliz Samuel Morland'ı (1664), İtalyan Tito Livio Buratini'yi (1670), Fransız René Grillet de Roven'i (1678), Fransız De Lépine'i (1724-1725), Fransız Hillerin de Boistissandeau'yu (1730), Alman Christian Ludwig von Gersten'i (1735), Fransız Pereire'i (1750), İngiliz lord Stanhope'u (1780) ... sayabiliriz.

(Bununla birlikte bu fikirlerin hepsi aynı değildi; kimisi temel düzeneğe kimi iyileştirmeler getirirken, kimileri ancak Pascaline'in çok gerisinde kalan makine tasarımlarına ulaşıyordu).

Şurası kesin ki, Pascal'in kızkardeşi, mektubunda kardeşinin düpedüz açmış olduğu çağı epey kavrayışlı bir biçimde görmüştü. Bu, mekanik tekniği alanındaki iki bin yıllık bir evrimi tamamlamaya ve bilgisizliğin, bâtıl inancın, gizemciliğin insanoğlunun birtakım zihin işlemlerini doğru sonuçlar almak için mekanik öğelerden oluşan fizik yapılara bırakmasını engellediği uzun bir döneme son vermeye geldiği bir çağdı.

Şair Charles Vion Dalibray (1600?-1665?) dostunun onuruna şu güzel soneyi yazarak, Pascal'in başarısını selâmlayacaktır:

Cher Pascal, qui comprend par un subtil savoir
Ce que la mécanique a de plus admirable,
Et de qui l'artifice aujourd'hui nous fait voir
D'un merveilleux génie une preuve durable,

Après ton grand esprit, que sert-il d'en avoir?
Compter fut l'action d'un homme raisonnable,
Et voilà, maintenant ton art inimitable,
Aux esprits les plus lourds en donne le pouvoir.

Il ne faut pour cet art ni raison ni mémoire,
Par toi chacun l'exerce et sans peine et sans gloire,
Puisque chacun t'en doit et la gloire et l'effet.

Ton esprit est semblable à cette âme seconde
Qui va s'insinuant par tout dedans le monde
Et préside et supplée à tout ce qui s'y fait.

(in: J. MESNARD, *Pascal, l'Homme et l'(Oeuvre,* Paris, 1951, t. II, p. 692)

Kısacası, Pascal'le birlikte, insanoğlunu bıktırıcı hesabın ve yinelenen işlemlerin ağırlığından kurtarmakla kalmayan, aynı zamanda gittikçe genişleyen bir düşünsel işler kategorisinin gerçekleştirilmesinde insanın yerini alabilen, hiçbir uzmanlığı olmayan, hattâ işleyişini yöneten fiziksel ve matematiksel yasaları bilmeyen kullanıcılara bile kolaylıkla hesap yapma olanağı sağlayan makinelerin yükselişiyle damgalanan bir çağ açılmış oldu.

Tarihin İlk Toplayıcıları

Bununla birlikte Pascal'in *aritmetik makinesi* ile Schickard'ın *Hesap Saati* doğrudan doğruya rakamları kullanan ilk mekanik aygıtlar olmamıştır. Onlardan önce XVI. yüzyılın başında itibaren Avrupa'da görülen *podometreler* (Yunanca "ayak" anlamına gelen *podion* ile "ölçü" anlamına gelen *metron*'dan, "adımölçer") vardır.

Errard de Bar-le-Duc bu aygıtı 1584'te "Atın eyerine bağlanan ve onun adımlarıyla yapılan yolun uzunluğunu gösteren" ya da "insan adımıyla yapılan yolun uzunluğunu tam olarak ölçmeye yarayan yeni âlet" diye tanımlayacaktır (Errard de Bar-le-Duc, Avis au Lecteur, articles 37-38).

Bu tipteki bilinen en eski âlet 1525 tarihlidir ve Fransız zanaatçı Jean Fernel'e aittir.

Kol saati biçimindeki bu küçük mekanik âletler atılan adımları, dolayısıyla bir yayanın ya da bir atın aldığı yolu yapay olarak hesaplamayı sağlıyordu.

Sırasıyla birlere, onlara, yüzlere ve binlere bağlanmış dört kadranın çevresinde dilleri gezdiren bir çeşit kolun kumanda ettiği, bir dişli çarklar ve tekerlekler dizgesiydi bu âletler (bkz. Errard de Bar-le-Duc).

Örneğin bir yaya bu âleti kemerinin sol yanına takıyor, kolu da bir iple sağ dizine bağlıyordu. Attığı her adımda alt kadranın dili bir birimi gösteriyordu. Sonra 9'dan 0'a geçildiği anda onlar kadranının dili kendiliğinden bir sonraki dereceye geçiyordu. Bu dil de 90'dan 0'a geçerken yüzlerin kadranı bir derece ileri gidiyordu...

Her basamağın birimlerinin mekanik olarak aktarılmasını sağlayan adımölçerler hem Schickard ile Pascal'in makinelerinin, hem de günümüzde evde ya da sanayide kullandığımız *sayaçların, taksimetrelerimizin, bilet aygıtlarımızın, damga aygıtlarımızın* gerçek ataları ni oluştururlar.

Ama bu Schickard ile Pascal'in başarısının değerini hiç azaltmaz, çünkü bu aygıtlar gerçek "hesap makineleri" değildir, bir birimden ötekine geçmek gibi çok ilkel düzeyde tek bir işlem yapan aygıtlardır. Özetle söylersek, çeşitli ilkel sayım ve döküm teknikleri aritmetik hesabın tarihinde neyse, adımölçerler de yapay hesabın tarihinde bir bakıma odur.

Mekanik Hesabın Dört Aritmetik İşleme Doğru Genişlemesi

Bununla birlikte Pascaline'in ve onun tüm küçük kardeşlerinin olanakları çok sınırlı olmuştur: Bunlarda çarpma ile bölme kuramsal olarak olanaklıydı ama iyi yapılmış düzenekler olmadığından bunların yapılması için gereken işlemler insanların sayısız müdahalelerini, işlemcinin hatırı sayılır çabalarını zorunlu kılıyordu.

Bu sorunu ilk kez Alman filozof ve matematikçisi Gottfried Wilhelm Leibniz ele aldı ve Schickard'ın başarısından habersiz biçimde, Pascal'in kavramlarından da hiçbirşey almadan bu işlemleri ardarda toplamalar ya da çıkarmalar yoluyla yapmayı sağlayan düzenekler geliştirdi.

Leibniz'in Makinesi

1673'te tasarlanan, ama ancak 1694'te yapılan Leibniz'in makinesi tüm temel aritmetik işlemlerini tamamen mekanik yollardan yapabilen ilk hesap makinesidir.

Ancak onun makinesi, Pascal'inkinin tersine, 1704'te ikinci bir örneğinin yapılmış olmasına karşın, hiçbir zaman ticarîleşmemiştir. Leibniz'in makinesinin hiçbir zaman iyi işlemediğini de ekleyelim: Saat mekaniği o çağda güvenilir ve şaşmaz bir hesap makinesi yapmak için

gerekli yüksek tamlık derecesine henüz ulaşmadığından, Pascal'inkinden çok daha karmaşık olan düzenekleri büyük üretim güçlükleriyle karşılaşmıştır.

Ama elbette Leibniz, mekanik hesabın gelişmesine Pascal'den çok daha fazla yol açmış bir kişidir. Teknik düzeyde çok sayıda yeni kavram getirmiştir: Toplamadan önce bir sayıyı yazmaya yarayan *kaydedici*; bir *kayıt gezi*; bir *sürekleyici*; sabit konumda toplama ve çıkarma, sola dönük hareketli konumda çarpma, sağa dönük hareketli konumda bölme yapmaya yarayan bir *şaryo*; her biri kendi ekseni üzerinde gidip gelen ve on bağımsız çarkın yerini değiştiren *farklı uzunluklarda dişlerden oluşmuş bir kasnaklar* dizgesi;...

Özetle, Leibniz'in katkısı büyük olmuştur, çünkü XX. yüzyılın başına dek uzanan sürekli bir icatlar dizgesinin kökeninde o vardır.

Bir sonraki kuşaktan itibaren birçok mucit yavaş yavaş Pascal'in fikirlerinden uzaklaşarak onun izine düşmüş, onun yapıtına az ya da çok önemli ayrıntıları olan iyileştirmeler getirmiştir. Şunları sayabiliriz: İtalyan Giovanni Poleni'nin 1709'da geliştirdiği, çeşitli sayılarda dişleri olan dişli çarkın icadına damgasını vuran makine; Avusturyalı Antonius Braun'un makinesi (1727); Alman Jacob Leupold'un 1727'de kendisinin tasarladığı, 1728'de Antonius Braun'un geliştirdiği, 1750'de de Vayringe adında bir mekanikçinin yaptığı makine; Alman Philipp Matthaüs Hahn'ın 1770'de geliştirip 1774'den 1820'ye dek dizi halinde yaptığı makine; İngiliz lord Stanhope'un iki hesap makinesi (1775-1777); Alman Johann Hellfried Müller'in makinesi (1782-1784);...

Sanayi Devrimi ve Hesabın Mekanikleşmesi

Bütün bu girişimlere karşın, hesap makineleri XIX. yüzyılın başından önce ticarîleşebilir bir ürün olarak ortaya koyamamıştır kendini. Gerçek bir ihtiyacı karşılamadıklarından matematikçilerin ve icatçıların ellerinde kapalı kalmış, yalnızca bir merak konusu olmuştur.

Ne ki XIX. yüzyıl büyük bir altüst oluşa, olaylara tamamen başka bir gidiş kazandıran ticaretin yükselişi ve uluslararası sermaye hareketinin gelişmesiyle birlikte sanayi devrimine tanıklık etmiştir.

Mekanik hesabın gelişmesinin hiç durmadan artan gereksinimiyle birlikte, hesap makinelerinin kullanıcılarının yapısı da köklü bir biçimde değişmiş, bu makineler seçkin bir bilim zümresinden artık büyük ticarî şirketler adına çeşitli hesaplar yapan memur-hesap adamla-

rı da (İngilizcesi: *computers*) dahil gittikçe daha geniş ve heterojen bir topluluğa geçmiştir.

Bu dönemde hesapların olabildiğince çabuk, olabildiğince doğru, en düşük maliyetle, en yüksek güvenilirlik içinde yapılması için ivedilikle mekanik bir çözüm bulunması istenmiştir.

Bu akış içinde, araştırmalar iki yöne yönelmiştir: Bunlardan biri düzeneklerde gittikçe artan bir gelişme yoluyla büyük bir kullanım kolaylığını ve işlem akışında en iyimser güvenliği amaçlamış, öteki ise insan işlemcinin hareketlerini olabildiğince otomatikleştirmeye, herşeyden önce işlem zamanını en aza indirmeye, sonra da makineleri herkesin kullanımına sunmaya çalışmıştır.

Thomas'ın Aritmometresi: İlk Büyük Ölçekli Ticarî Hesap Makinesi

Leibniz'den sonraki ilk önemli aşamayı Paris'teki bir sigorta şirketinin müdürü olan ve 1820'de *aritmometre* adını verdiği bir hesap makinesi icat eden Fransız mühendis ve sanayici Charles-Xavier Thomas de Colmar geçmiştir.

1822'de gerçekleşen, sonraki yıl boyunca durmadan geliştirilen bu hesap makinesi Leibniz'inkiyle aynı anlayışa dayalıdır. Şu farkla ki, farklı uzunluktaki dişlerden oluşmuş kasnaklar uzunlamasına kaydırılmak yerine sabitleştirilmiş, her birine geçen küçük dişli ekseni çevresinde hareketli kılınmıştır. Mucit bunu yapmakla (dizgenin ancak birinci düzeyde işlediği Leibniz'in makinesinden farklı olarak) her durumda işleyen bir otomatik aktarım dizgesi, toplayıcının bütün çarklarını sıfıra getiren bir *silici*, düzeneğin çeşitli parçalarını durma noktası gibi seçilmiş bir konuma geldiklerinde hareketsiz hale getirmeye yarayan Malta haçı biçimindeki bir *kilitleyici* geliştirmiştir.

Özetle, Thomas de Colmar, daha önce bilinen birtakım aygıtları çok gelişmiş bir biçimde ortaya koyarak ve onları yeni organlarla birleştirerek şaşmaz, pratik ve güvenle işleyen bir hesap makinesi yapmak için gereken bütün öğeleri biraraya getirmiştir.

Zaten onun *aritmometresi* mekanik hesabın tarihinde çok önemli bir aşama olmuştur, çünkü dünyadaki ilk büyük ölçekli ticarî hesap makinesidir.

Bu makinenin başarısı o denli büyük olmuştur ki birçok mucite ilham vermiş, çok sayıda Fransız, Alman, İngiliz, Amerikalı... sanayici

farklı adlar altında (*Saxonia, Archimedes, Unitas*, TIM [= *Time Is Money*]...) ya ilk biçimiyle ya da hafifçe değiştirilmiş bir görünümle onu yeniden üretip ticaretini yapmıştır.

Odhner ile Baldwin'in Makineleri

Bu makineyle XIX. yüzyılın ikinci yarısından itibaren en azından iki başka hesap makinesi rekabet etmiştir.

Bunların ilkini 1875'te Amerikalı Frank S. Baldwin icat edip yapmış, Birleşik Devletlerde hesap makineleri sanayisinin gerçek öncüsü olmuştur.

İkincisi ise 1878'de İsveçli mühendis ve sanayici Willgott T. Odhner tarafından tasarlanmış. Rusya'da Saint-Petersburg'da geliştirilmiştir. Çeşitli Avrupalı ve Amerikalı şirketlerce çeşitli adlar altında *(Original-Odhner, Brunsviga, Triumphator, Marchant, Rapide, Dactyle, Britannic, Arrow, Éclair, Vaucanson...)* üretilip satılmıştır. Bu makine 1880'lerden XX. yüzyılın ortasına dek tüm dünyada yankı uyandırmıştır.

Mekanik Hesap Alanındaki Başka Başarılar

Bu çağın en dikkate değer başarıları arasında 1841'de Fransız Maurel'in tasarladığı ve 1849'da yurttaşı Jayet'nin gerçekleştirdiği aritmometreye (genel kullanımın kaynaşma yoluyla *aritmomaurel* adını vereceği makine) apayrı bir yer vermek yerinde olur. Bu iki mucit aslında Thomas'ın dizgesini yeniden ele alıp hafifçe geliştirdiler ve gerçek saatçilik düzenekleri kullanarak icatçı kafanın damgasını taşıyan en iyi makinelerden birini, sonucu 100 milyon eksi bire varabilen çarpmaları ve 10 000'den küçük bölenleri olan aynı büyüklükte sayıların bölmelerini yapabilen *aritmaurel*'i yeniden yaptılar. Ancak bu makinenin, zamanının en iyi deniz kronometresi yapımcılarından biri olan Winnerl tarafından gerçekleştirilen aktarım düzeneği karmaşık, kırılgan ve fazla hassastı. Bundan ötürü pahalıya maloluyordu ve ticarîleşmedi (bkz. L. Jacob; M. d'Ocagne).

Thomas de Colmar'ın hesap makinesi ilkesinin bir çeşit uyarlamasını yapan Amerikalı mucit Joseph Edmonson'un (1881) hiç de daha az olmayan başarısından da söz edelim.

Bu arada, Thomas'ın aritmometresinden Maurel'in makinesine, Odhner'ın makinesinden Baldwin ile Edmonson'un makinesine kadar

yukarıdaki makinelerin yalnız çarpma ve bölme pratiğiyle sınırlı olmadığını belirtelim: Kare kök almayı bir dizi çıkarmaya indirgemeyi sağlayan tek sayılar dizisi üzerine bir teorem sayesinde, bu işlemi de çok kolayca yapabiliyordu.

Ayrıca, M. d'Ocagne'la birlikte, "çok özgün aygıtlar getiren" Amerikalı George B. Grant'ın 1871'de icat ettiği ilginç makineyi de belirtelim. "Bu makine *rakamlı kasnaklara* bağlı çarklarla biribirine geçen *bir dizi koşut dişliden* oluşur. Bu dişliler iki devim koluyla harekete geçirildiğinde iki çatı çubuğu üzerinde kayabilen ve *hareket ettirici düzenek* tam bir tur yaptığında bir gidiş geliş hareketi yapan bir şaryoya bağlıdır. Kenarında 0'dan 9'a dek rakamların bulunduğu yuvalardaki hareketli *düşey parmaklar* 0, 1, 2, ... ya da 9 dişli olan bu dişlileri atlatmaya yarar. Şaryo öne gidince dişliler rakamlı kasnakların on dişli olan çarklarını hareket ettirir; bu çarkları taşıyan çatı parçasını kaldırmaya gelen bir *diş* sayesinde, geri dönüş hareketi sırasında temaslarını kaybederler. Zaten art arda çeşitli ondalık basamaklar için eldelerin aktarımı da bu geri dönüş hareketi sırasında olur. Bununla birlikte makine bundan böyle bütünleyici sayıların toplanmasıyla yapılması gereken çıkarma işlemlerini yapmaya hazır değildir. Rakamlı kasnakları taşıyan ağacın ucunda görülen bir düzenek bütün bu kasnakları sıfırlamaya yarayan siliciye kumanda eder."

Son olarak *"10'ları dış çemberle aktaran bir aygıttan* ve çarpma sırasında şaryoyu kendiliğinden ileri geri kaydıran bir parçadan oluşan, düzenekleriyle çarpma işlemini hemen hemen tamamen otomatik olarak yapmayı sağlayan Tchebychef'in hesap makinesini (1882) analım.

Önemli Bir Teknik Yenilik: Sayısal Klavye

Ancak bu icatlar ne denli doyurucu olursa olsun, özellikle hesaplama hızı söz konusu olduğunda hâlâ pek yeterli değildi. Çünkü bu makineler ortalama ustalıkta bir insandan hiç de daha hızlı hesap yapmayı sağlamıyordu.

Bu görece yüksek olmayan başarı en başta işlemcinin çok fazla dikkatini isteyen veri girme tarzının yapısından ileri geliyordu: Bu verileri doğru ya da eğri çizgi üzerindeki bir yuvaya en az iki parmakla yazmak gerekiyordu.

Bu sanayi sonrası hareketle bu verilerin yazılışını çabuklaştırmaya, işlem akışını kullanıcının basit reflekslerine bırakmaya çalışıldı.

Hiçbirşey *sayısal klavyenin* kullanımı kadar basit, etkili ve hızlı olamamıştır: Burada söz konusu rakamları girmek için, uygun tuşa basmak yetiyordu; tuş da basılır basılmaz bir geri çekme düzeneği sayesinde ilk konumuna kendiliğinden geri dönüyordu.

Bu önemli ilerleme XIX. yüzyılın ortasında, görünüşe bakılırsa yazı makinesinin gelişmesinin etkisi altında gerçekleşti. Aşağıdaki çerçeveli kısımda yazı makinesinin tarihinin bir özetini bulacaksınız (bkz. G. Tilgman Richards; T. de Galiana).

YAZI MAKİNESİNİN TARİHİ

1660. İrlandalı William Petty üzerinde iki tüy kalem bulunan bir aygıt icat eder. Ancak bu yalnızca elle yazmanın bir çeşididir.

1714. Bu yıl İngiltere kraliçesi Anne, İngiliz mühendis Henry Mill'e (1683-1771), "harfleri ayrı ayrı ve art arda, ... matbaanınkilerle karıştırlabilecek ölçüde net ve kesin bir biçimde basabilen bir aygıt" icat ettiği için bir berat verir. Bu adı hak eden ilk "yazı makinesi" tasarısıdır bu. Ama tasarı hiçbir zaman gerçekleşmeyecektir.

1829. Amerikalı William A. Burt (1792-1858) yazı karakterlerinin döner bir tabla üzerinde öbeklendiği *Typographer*'ını icat eder; ancak bu aygıtın elle yazmaktan çok daha yavaş işlemek gibi bir kusuru vardır (bu dönemde yapılacak olan çok sayıda makinenin kusuru budur).

1833. Fransız Xavier Progin kendi *Gizliyazı Makinesini* yapar. Ancak bu makine hiçbir zaman ticarîleşmeyecektir.

1837. İtalyan Guiseppe Ravizza mürekkepli şerit üzerine darbe vuran *Cembalo Scrivano*'sunu yapar (1830).

1837. Fransız Bidet'nin yazı aygıtı.

1838. Seuerbrunlu Baron von Drais'in 16 tuş içeren yazı makinesi.

1839. Fransız Louis Jérôme Perrot'nun *Stenografi Makinesi.*

1840. Billet Sondalo ile Parisli Coré'nin *Evrensel Yazıcısı.*

1840. Alexander Bain ile Thomas Wright'ın telgraf gönderileri için mors yazımına yönelik yazı aygıtı.

1843. Amerikalı Charles Thuber'in baskısı parlak olan ama çok yavaş işleyen *Chirographer*'ı.

1843. Paris Körler Okulunda öğretmen olan Pierre Foucault'nun görmeyenlere yönelik *Raphigraphe*'ı.

1850. Pierre Foucault'nun *Baskı Klavyesi.*

1852. New York Eyaletinden Amerikalı John M. Jones'un *Mechanical Typographer*'ı.

1857. New York Eyaletinden Amerikalı fizikçi Samuel W. Francis'in piyanonunkine benzer bir klavyesi bulunan *Printing Machine*'i.

1866-1867. Amerikalı matbaacı Christopher Latham Sholes (1819-1890) arkadaşları Carlos Glidden ile Samuel Soulé'nin yardımıyla, kendi *Literary Piano*'sunu tasarlar. Bu, üzerinde bağımsız harf çubukları bulunan ve ilk kez pratik bir özellik gösteren bir yazı makinesidir. Ancak makine, birtakım teknik güçlüklerden ötürü ancak 1871'de üretilecektir. Bu makinenin en büyük sakıncası çubuklarda geri çekme düzeneğinin bulunmaması, kendi ağırlıklarıyla yavaşça geri düşmeleriydi. Bu da, yazma hızı biraz artınca, düşmekte olan çubuğun o sırada basılan çubuğa çarpmasına neden oluyordu. Ancak Sholes bir süre sonra gerekli parçalarla buna çare buldu. Ayrıca şunu da belirtelim ki, başlangıçta, Sholes ile Glidden'ın makinesinde tuşlar tamamen alfabe sırasıyla yerleştirilmişti. Ne ki Sholes, İngiliz dilinin sözcüklerinde en çok kullanılan harflerin birleşimlerini inceleyerek sonradan yeni bir düzenleme yaptı ve günlük dilin sözcüklerinde en sık yinelenen harfleri makinesinin klavyesi üzerinde ayırdı. Böylece bu ilk *evrensel klavyeli* yazı makinesinin doğuşu olacaktır.

1873. O sıralarda silâh, tarım malzemesi ve dikiş makinesi üretimi ve satışında uzmanlaşmış olan Remington şirketi, insanın çok iyi yaptığı işlerde onun yerine koymak için geliştirilen makinelere hiçbir zaman ilgi göstermeyecek olan yöneticilerinden birinin kuşkuculuğuna karşın, satışında uzmanlaşmış Sholes ile Glidden'in makinesiyle ilgilenir. Böylece bu makine şaryonun satır başına dönmesini sağlayan bir pedalla birlikte bir dikiş makinesi iskeleti üzerine monte edilerek 1873'ten itibaren seri halinde üretilecektir. *Remington, Model I* adını alan makine Birleşik Devletlerinde ticarileşen ilk yazı makinesi olacaktır (ondan az önce de Danimarkalı Malling Hansen'in yaptığı makine 1870'ten itibaren Avrupa pazarına girmiştir).

1878. Sholes ile Glidden'in makinesinin ilk modeli yalnız büyük harfle yazıyordu; üstelik, baskı rulo üstünden yapıldığı için, yazılan metin şaryoyu kaldırmadan okunamıyordu. Ancak, bu yıl istendiğinde büyük harf istendiğinde küçük harf basan yeni bir model geliştirilecektir.

1887. Bu yıldan itibaren Sholes'un makinesine şaryonun karşısına harf çubukları monte edilir. Böylece yazılan metin şaryoyu kaldırmadan okunabilir. İşte modern yazı makinesi böyle doğar ve olağanüstü yazgısına hazırlanır.

İlk Tuşlu Toplama Makineleri

Böylece hesap makinelerine, ilk biçimlerine göre en büyük teknik ilerlemelerden biri getirilmiş oldu.

Ama, ilginçtir, bu yenilik başlangıçta yapay hesabın tarihinde çok açık bir gerileme olmuştur.

İlk tuşlu aritmetik hesap makinesi 1849'da yapılmış, 1850'de Amerikalı mucit David D. Parmalee tarafından patenti alınmıştı. Bu, ana organı tuşların çalıştırdığı bir kolla harekete geçirilen dereceli bir dikey dişliydi. Ama makinede tek çarklı bir toplayıcı vardı, dolayısıyla ancak tek rakamlı sayıların toplamasını yapabiliyordu. Bundan ötürü, çok basamaklı sayıları toplamak için yazılı hesaptaki gibi elle işlem yapmak, birleri ayrı, onları ayrı, yüzleri ayrı toplamak ve her seferinde ara sonuçları bir kâğıt parçası üzerinde biraraya getirmek, her ara toplamı bir sonraki toplamaya katmak gerekiyordu!

Sonradan, Amerikalı ya da Avrupalı çok sayıda mucit bu makineye çok sayıda katkıda bulundular. Bu mucitler arasında şunlar bulunmaktadır: Schilt (1851); Hill (1857); Arzberger (1866); Chapin (1870); Robjohn (1872); Caroll (1876); Borland ve Hoffman (1878); Stettner (1882); Bouchet (1883); Bagge (1884); D'Azevedo (1884); Spalding (1884); Starck (1884); Pététin (1885); Mat Mayer (1886); Burroughs (1888); Shohe Tanaka (1893); ...

Ancak, başlangıçta, makineler işlemcinin birçok hazırlık eylemini ve dikkatini gerektirdiğinden, gelişmeler yetersiz kaldı. Dahası, bu makinelerin hızı da sayısal olanağı da kısıtlıydı, kullanımları çok incelik istiyordu. Bundan ötürü parmaklar gerekli ustalığı gösteremediğinde hatalı sonuçlar veriyordu.

Felt'in Sayıcısı

Gerçekten işe yarar ve halk tarafından kullanılabilir olan ilk tuşlu toplama makinesi, Amerikalı sanayici Dorr E. Felt'in 1884-1886 arasında icat edip yaptığı makinedir. Çok rakamlı sayılarla hızlı ve güvenilir hesap yapabilen bu makine 1887'den itibaren Chicago'daki Felt and Tarrand Manufacturing Company tarafından üretilip ticarileştirildi ve o tarihten başlayarak XX. yüzyılın başına dek dünyada çok büyük bir başarı kazandı.

Aynı alanda biraz daha geç bir tarihte görülen başka yenilikler:

– Dalton'un, ilk ya da ara verilerin kaydını, hemen düzeltmeler yapmak üzere, bir kolun işletilmesine dek bekletme olanağı sağlayacak olan *ara numaralayıcısı;*

– Runge'ın (1896), sonra da Hopkins'in, yalnızca on tuştan oluşan ve eli kıpırdatmadan, kendiliğinden işleyen bir dağıtıcı sayesinde, çeşitli ardışık birim basamaklarını makinede sırayla yazmayı sağlayan *küçültülmüş klavyesi*; ...

Başka Bir Önemli Yenilik: Baskı Aygıtı

Bu tip makinelerin saymanlık gereksinimlerine tam olarak uyarlanması için gerçekleştirilmesi gereken başka bir ilerleme de onları bir baskı aygıtıyla donatmaktı. Bir kâğıt şerit üzerine mekanik olarak hesaplanan toplamın her bir terimini basmayı sağlayan bu aygıt, gerçekte insan işlemciye yalnız verilerin yazımını denetleme olanağı sağlamakla kalmayan, aynı zamanda yapılan hesapların sonuçlarını saklamaya da yarayan bir belge sunmayı amaçlıyordu.

İleride sözünü edeceğimiz İngiliz Charles Babbage ile İsveçli Georg ve Edvard Scheutz'un (1853) katkıları dışında, bu yöndeki ilk girişimler, özellikle, 1872'de üzerinde böyle bir aygıtın bulunduğu tuşlu bir toplama makinesi icat eden Amerikalı Edmund D. Barbour'dan gelmiştir. Bununla birlikte bu "basıcı" çok ilkeldi ve yalnız toplamı ve alt toplamları basıyordu; ayrıca işlem akışı hemen hemen tamamen elle yapılıyor, aygıt gerçekte tarih damgaları gibi baskı yapıyordu.

Amerikalı Frank S. Baldwin (1875) bu icada sonradan kimi iyileştirmeler getirdi ve makinenin kendi sonuçlarını kısmen kendi kendine basmasını sağladı.

Bir sonraki adımı ise Fransız Henri Pottin attı. Pottin bir toplamanın terimlerinin "listesini yaptı" ve 1882'de üzerinde böyle bir aygıtın bulunduğu ilk yazar kasalardan birini geliştirdi. Aynı sırada, Atlantik'in öteki ucunda Amerikalı mucitler George Grant (1874) ile A.C. Ludlum (1888) aynı adımları atmaktaydı.

Burroughs'un İlk Makinesi

Ancak bu alandaki en önemli ilerlemeler 1885 ile 1893 arasında, Amerikalı William S. Burroughs üzerinde bir baskı düzeneği bulunan,

hem pratik hem güvenilir ve şaşmaz olan, çağın bankacılık ve ticarî etkinliklerinin gereksinimlerine tam olarak uyarlanmış ilk tuşlu mekanik hesap makinesini, *Adding and Listing Machine*'ini icat edip geliştirdiği zaman gerçekleşti. Bu makine bu nedenlerle Birinci Dünya Savaşı öncesine dek tüm dünyada hatırı sayılır bir başarı elde etti.

İlk Yazar Kasalar

Baskı yapan tuşlu toplama makinesi fikri o çağda tecimevlerinin tüm saymanlık gereksinimlerini giderebilen ve günümüzde içki satışlarında ve lokantalarda hâlâ kullanılan, *yazar kasa* adıyla bilinen makinelerin gelişmesini sağlamıştır.

James ve John Ritty kardeşlerce icat edilen bu tipteki ilk makineler 1879'da Birleşik Devletler Ohio Eyaletindeki Dayton'da ortaya çıkmıştır. Ancak bu makineler ancak üçüncü kuşağından itibaren, yani *göstergesi* bulunan kasalardan itibaren gerçekten ticarîleşebilir bir ürün haline geldi. Bunlar da 1881'de, Ritty kardeşlerin kurduğu National Manufacturing Company tarafından geliştirilip pazara sunuldu.

Ayrıca, birçok başka yenilik arasında, *çekmece-kasanın, zilin, ara toplayıcının* ancak 1884-1890 yıllarından itibaren görüldüğünü belirtelim.

Yine, yazar kasa kavramındaki başlıca gelişmelerin özellikle National Cash Register'ın, bugün daha çok NCR Corporation adıyla bilinen şirketin mühendisleri sayesinde gerçekleştiğini söyleyelim.

NCR Corporation 1884 Aralık ayında çok özel koşullarda kurulmuştur. İşte özeti (bugün bilgisayar alanında uzmanlaşmış olan bu önemli kuruluşun hazırladığı tarihsel bir broşürden alınmıştır):

"1884'te, kırsal bir çevreden gelen, Dartmouth kolejinden mezun, bir kanal girişinde tahsildarlık, kömür ticareti, hırdavatçılık gibi çeşitli işler yapmış John Patterson adında bir delikanlı, yazar kasalar üreten ve iflâsın eşiğinde olan küçük bir şirkette [National Manufacturing Company] büyükçe bir hisse satın aldı. Dayton'un küçük ticarî topluluğu içinde bulunan dostları onun bu işini hatalı bir adım olarak gördüler.

"Ama Patterson bir planı olduğu zaman başkalarının görüşlerine uyarak yolundan sapmazdı. James Ritty'nin ürettiği bu "bozulmaz kasa memuru"nun geleceğine inanıyordu. Yaklaşık hesap yöntemlerinden rahatsız olan Patterson çok sayıda tüccarın, çıkarlarının bir kısmı pahasına, karışıklık içinde çalıştığını düşünüyordu. Yazar ka-

sa ise, küçük kâğıt rulosu, tuşları, görülür rakamlarıyla gerçek bir değiştokuş işlem dizgesi oluşturuyordu. Patterson 1882'den itibaren buna kanaat getirdi. Geriye bunu çağının tüccarlarına kabul ettirmek kalıyordu.

"Patterson'un çocukluğu, Ayrılık Savaşından önce, Ohio'daki küçük Dayton kentinin güneyinde, aile çiftliğinde geçmişti. Çocuğun işi babasının ürettiklerini satmaktı: füme jambon, melâs, un, mısır. Bu çekip çevirme işi sırasında bir satışın not edilmesi unutulabiliyordu.

"Patterson şöyle anlatıyor: "Babam bazen şu şu müşterinin ödemeyi yapıp yapmadığını sormak için tatlı uykumdan uyandırırdı beni. Ya da Sanders'a satılan şekerin faturasını kesip kesmediğimi görmek için akşam yemeğimi yarıda bırakırdım. Kimi kez kendi kendime şöyle demem gerekirdi: *Hayır, unuttum*".

"Patterson Miami-Erie kanalında tahsildar yardımcısı olunca (Dartmouth College'den diploma aldıktan sonra üstesinden gelebildiği tek iştir bu) tahsilâtı denetlemek ve merkez büroyla anlaşmazlığa düşmemek için bir yol bulmaya çalıştı. "Her geminin kaptanına verilen alındının kaydedildiği bir sonraki ana istasyona dek bir çeşit pasaport yerine geçen ve geçiş ücretini belirten bir alındı veriyordum."

"John Patterson ile kardeşi Frank 1870'e doğru kömür ticareti işine giriştikleri zaman aynı açıklık kaygısı yeniden ortaya çıktı. Müşterinin imzaladığı bir alındı olmadan teslimat yok. Kredili teslimatta ise alındıya bu kayıt düşülüyordu.

"Eskiden müşterilerle tartışma alışılmış birşeydi. Ama Ohio'daki Coalton'da oturan Patterson kardeşlerin bu ayrıntılı ticareti, John'un yazar kasaların önemini kavramasını sağladı. İşleyişlerinin basit bir tanımını okuduktan sonra bu makinelerden iki tane ısmarladı. Makineler altı ay içinde açığını 16 000 dolardan 3000 dolara indirmesini sağladı; saymanlığın da 5000 dolarlık bir kazancı oldu" (bkz. Anonim [6]). Çağın tecimevlerinin saymanlık gereksinimleri için yazar kasanın büyük bir yenilik olduğuna kanaat getiren John Patterson, bundan böyle bütün işgücünü bu tipten makineleri toptan üretmeye yöneltti. Böylelikle (kendisinin söylediği gibi) çağının tüccarlarının işlerini daha iyi çekip çevirmelerine yardımcı olmak üzere National Cash Register'ı kurdu.

Bu şirketin sonraki yıllar boyunca bu tipte makinelere getirdiği ve kendisine tüm dünyada hızla büyük bir ün kazandıracak olan çok sayıda önemli teknik yenilikler arasında şunları sayabiliriz:

– müşterinin alım belgesi olarak saklayabileceği basılı *bilet üretimi*;
– gün boyunca yapılan satışların ayrıntılarını zaman sırasıyla vererek tüccar için çok değerli bir hesap özeti oluşturan *kâğıt şerit*;
– farklı tonlarda zilleri olan, farklı türden satışları izlemeye yarayan çok çekmeceli *yazar kasa*;
– hem peşin satışların hem kredili satışların, hem taksitlerin hem de ödemelerin toplamını izlemeye yarayan *otomatik ayrı hesap kayıtlı kasa.*

Selling'in Hesap Makinesi

Bu arada Wurtzburg Üniversitesinde profesör olan Alman Edward Selling'in 1886'da icat ettiği çok ilginç makineden de söz edelim. Bu, daha önce başka hesap makinelerinde ortaya konmuş, ama Selling'in en azından kısmen yeniden icat ettiği, çok yeni başka kavramlarla birleştirilmiş çeşitli aygıtları biraraya getiren mekanik bir hesap makinesidir.

M. d'Ocagne şöyle diyor: "Bu makine üzerinde [Grant'ın makinesinde olduğu gibi] rakamlı kasnaklara kumanda eden çarklarla *dişlilerin* biribirine geçtiğini görürüz.

"Eldelerin aktarımı Tchebychef'in makinesinde olduğu gibi *dış çemberlerle* yapılır; bu da, o makinede olduğu gibi dalgalı bir satırı izleyerek sonucu okumayı gerektirir.

"Çarpılanın yazımı Amerikan toplama makinelerinde (örneğin Felt ile Burroughs'un makinelerinde) olduğu gibi *tuşlarla* yapılır; Amerikan makineleri ve Grant'ın makinesi gibi, Selling'in makinesi de *baskı yapar.*

"Ama *Nuremberg makası* adıyla bilinen biribirine eklenmiş eşkenar dörtgenler ağının kullanımı gibi tamamen özgün mekanik düzenekler sunar.

"Makine hesap sırasında geçici olarak biraraya gelen, biri *tuşlar klavyesi* ve dişlilerle birlikte makas dizgesini, ikincisi rakamlı kasnaklarla birlikte dişli çarklar dizgesini kapsayan iki ayrı parçadan oluşur.

"Makasın farklı kesişme noktaları çarpılanın rakamlarını temsil eder; çarpılanın her ondalık basamağı için, o ondalık basamağa karşılık gelen sütunda, yazılması istenen rakamı taşıyan tuşa basarak dişli istenen kesişme noktasına bağlanır.

"Çarpanın rakamına göre, bir işaretleyiciyi 1'den 5'e kadar dereceli bir cetvelin şu ya da bu kertiğine götürerek, makas az ya da çok açılır (bu da, çarpanın rakamı 5'ten büyük olduğunda onu 5'ten büyük olma-

yan iki parçaya ayırmayı zorunlu kılar). Sıfıra geri dönmek için bir halkanın kaldırılması yeter."

Yukarıdaki Makinelerin Sakıncaları

Ancak, işlem tekniklerinin mekanik ilkesinin, özellikle saymanlığın ve malî işlemlerin gereksinimlerini karşılamak için uzmanlaşmış olan bu farklı icatlar yoluyla hiç de gelişmiş olmadığı dikkati çekecektir.

Leibniz ile Thomas de Colmar'dan beri, hesap makineleri gerçekte büyük bir sakınca taşımıştır: Bu makinelerde çarpmalar otomatik olmayan ardışık toplama işlemleriyle gerçekleştiriliyordu.

Örneğin, Thomas'ın aritmometresi üzerinde 439'u 584'le çarpmak için ilkin çarpanın işaretleyicisini birler konumuna yerleştirmek, çarpılanı dört kez toplamak (439 x 4) gerekiyordu; sonra işaretleyiciyi onlara götürmek ve 439'u sekiz kez toplamak (439 x 8) gerekiyordu; sonra işaretleyiciyi yüzler konumuna getirip 439'u beş kez toplamak (439 x 5) gerekiyordu.

Böylece çok sayıda ilk, son ve ara işlemi (verilerin yazılması, ara sonuçların çevrilmesi, ara verilerin girilmesi, düzeneğin çevrilmesi...) sayılmazsa toplam 17 ardışık işlem yapmak gerekiyordu.

Düzeneğin klavyenin tuşlarına basmaya indirgendiği tuşlu toplama makinelerinde ise işlem pratiği, en azından toplama ve çıkarmada, basılması gereken tuşların çokluğuna karşın, işlemleri yapmaya son derece elverişliydi ve gereken zaman insan hesabının gerektirdiğinden çok daha azdı. Elbette yinelenen toplamalar ve çıkarmalar yöntemini uygulayarak bu makineleri çarpma ve bölme yapmakta kullanmak olanaklıydı. Ama söz konusu sayılar görece çok fazla rakam içeriyorsa, düzenek klasik makinelerden çok daha zahmetli hale geliyor, klasik makineler bütün çarpma ve bölmeleri mekanik biçimde yapmanın hâlâ en iyi yolu olarak kalıyordu.

Ayrıca, klavyeli makinelerin kullanıcılarından çok sıkı bir çalışma istediğini belirtelim. Bundan ötürü gerek makinelerin kurulmasında gerek işletilmesinde hizmet veren uzmanlaşmış kimi kurumlar vardı; bu kurumlar şirketlerin, örneğin aylık ya da yıllık dökümlerini çıkarmaya yardımcı oluyordu.

İlk Doğrudan Çarpma Makinesi

İşte bu işlemleri yalınlaştırmak için, insanı hiç işe karıştırmadan, çarpma işleminde araya giren çeşitli ara çarpımları yapabilmeyi

amaçlayan doğrudan çarpma makineleri icat edildi. Bu makinelerde çarpmanın verilerini girmek ve (örneğin bir kolu çevirerek) düzeneği işletmek yetiyor, makine sonucu kendiliğinden veriyordu.

Bu yöndeki ilk somut örnek 1879'de iki rakamlı sayılarla tüm çarpmaları doğrudan doğruya yapabilen deneysel bir küçük makine yapan New Yorklu İspanyol Ramon Verea'nın makinesidir. Küçük bir öykü olarak, gazetecilerin Verea'ya, icadının ticarîleşmesi konusunda ne düşündüğünü sorduğunu, onun da bu sorunun kendisini ilgilendirmediğini, tek amacının sorunun çözülebildiğini göstermek, bir İspanyol'un da bir Amerikalı kadar kurnaz ve hayalgücü sahibi olduğunu kanıtlamak olduğunu söylediğini belirtelim.

Bollée'nin Makinesi

İlk benzinli otomobilin mucidi (kardeşi Amadée ile birlikte) ve *Mans'ın 24 saati* adıyla bilinen ilk spor gösterilerinin düzenleyicisi olan Fransız Léon Bollée'nin 1888'de tasarlayıp yaptığı bu makine en çok tanınan, en çok dikkati çeken, en yaygın makinedir.

Gerçekten işlevsel bir düzenekle donanmış olan bu makine çok rakamlı sayılar üzerinde çalışabilen ilk doğrudan çarpma makinesidir. Doğal olarak toplama ve çıkarma, bölme ve hattâ faiz hesabı ya da kare kök hesabı yapabiliyordu. Ancak çarpma için çağının sıradan hesap makinelerine göre ortalama %80 zaman tasarrufu sağlıyordu.

Bollée'nin incelikli fikri, bir çarpım cetvelini betimlenen birimlerle oranlı büyüklüklerde org boruları gibi, maden kulaklar gibi çelik bir levha üzerine çakarak maddîleştirmekti. 5 mm uzunluğunda olan en küçük uzantı birime, 10 mm uzunluğundaki ikinci uzantı 2'ye karşılık geliyor, bu böyle 5 x 9 = 45 mm uzunluğunda olan dokuzuncu birime dek geliyordu. 9 satır ve 9 sütuna bölünmüş olan levha duruma göre bir ya da iki kulak aracılığıyla 1'den 9'a kadarki çeşitli çarpımların sonucunu veriyordu. Bundan ötürü, çeşitli ara çarpımlar için, makine, bir düğme ve dişli hareketiyle ve levhanın tamamen kaldırılması sayesinde çarpmayı gerçekleştirerek kendi "Pythagoras cetvelini" biraz çarpım cetvelini okuyan bir kör gibi okuyordu.

Dönemin ciddî bir kitapçığında şunları görüyoruz: "Aşağıdaki örneklerde görüldüğü gibi, makine, usta bir işletmenin çalışmasıyla, 100 bölmeyi, 120 kare kökü ya da 250 çarpmayı tam olarak yapabiliyor:

$$10\,000\,000\,000\,000\,000\,000 : 1\,000\,000\,000 = 10\,000\,000\,000$$
$$\sqrt{1\,000\,000\,000\,000\,000\,000} = 1\,000\,000\,000$$
$$1\,000\,000\,000 \times 10\,000\,000\,000 = 10\,000\,000\,000\,000\,000\,000$$

ya da 10 milyarı geçmeyen bir oranı bulunan 4000 terimlik bir aritmetik diziyi ve 10 katrilyona kadar sayıların kareler cetvelini hesaplayabiliyor".

1889'da Paris'te Dünya Sergisine sunulan Bollée'nin makinesi mucitine bir altın madalya kazandırdı.

Ancak bu makine hiçbir zaman birçok örnek olarak üretilmedi ve elbette ticarîleşmedi. Bunun nedeni bir yandan söz konusu düzeneklerin karmaşıklığı ve maliyetin yüksekliği, öte yandan Bolée'nin otomobille çok fazla ilgilenmesi ve hesap makinesinin tanıtımına kendini vermesiydi.

Ne ki Bollée'den sonra Münihli Alman Otto Steiger 1892'de daha küçük ama özünde Bolée'ninkine benzer bir kavrama dayalı bir makine yaptı: 1899'dan itibaren bu makine Zürih'teki Egli şirketi tarafından satışa sunuldu ve *Milyoner* adıyla 1930'lu yıllara dek büyük başarı kazandı.

İlk Doğrudan Bölme Makinesi

Ama bu makinelerle çarpma hayranlık verecek ölçüde yalın bir biçimde yapılabiliyor idiyse de, bölme hâlâ çok yavaş ve karmaşıktı; bölme yapmak hâlâ insanın çok sayıda müdahalesini gerektiriyordu.

Bu evrimin ikinci aşaması, doğrudan bölme makinesiydi. Bunların ilki İsviçreli Rechnitzer ile Edwin Jahnz'ın 1908'de icat edip, geliştirip yaptığı, sonra da 1913'de Zürih'teki Egli şirketince satışa sunulan *Madas*'tı. *Madas* tek başına bölme yapan ve işlem bitince duran bir makineydi.

Madas'ta son toplam makineyi durdurmaya ve dönüş yönünü tersine çevirmeye yarıyordu. İşletmenin hiçbir müdahalesini gerektirmeyen bir aygıt, düzeneğin turunu şaryoyu bir ondalık konumdan ötekine götürüp getirmek için kullanıyordu. Sonraki turda çıkarmalar yapılıyordu... İşletmen böylece düzeneği hiç gözlemeden hesabın bitimine dek çalıştırabiliyordu. Makinede bir kesin olarak durdurma düzeneği vardı ve işlem bitince iki zil sesi işletmeni uyarıyordu (bkz. R. Taton ve J.P. Flad).

Dört İşlemin Tamamen Otomatikleşmesi

Bununla birlikte belli bir süre, doğrudan bölme düzeneklerini otomatik çarpma düzeneklerine uyarlama güçlüklerinden ötürü sorunlar oldu. Çünkü işlemlerden birine getirilen ilerleme ötekinin mekanik özellikleriyle bağdaşmaz görünüyordu.

Sorun ilk kez 1910'da Amerikalı mühendis Jay Randolph Monroe tarafından çözüldü. Monroe bununla Philadelphia Franklin Enstitüsünden John Wetherill madalyası aldı. Ardından, çok kısa süre sonra Alman mucit Christel Hamann aynı sorunu çözdü (1911'de patent aldı). Bunlar kuşkusuz biribirinden bağımsız olarak ortaya kondu. İkisi de dört aritmetik işlemi tamamen otomatik bir biçimde yapabilen makineler yapmışlardı.

Doğal olarak bu başarıların hemen ardından, her biri öncekilerden daha tam, daha gelişmiş olan başka makineler geldi (Hamann'ın *Mercedes*'i, *Monroe*'nun yeni modelleri, *tam otomatik Madas, Metal, Friden, Barett, Marchant, Facit, ...*).

Sonra, giderek artan bir rekabet sayesinde ve düzenekler ile aygıtların giderek artan karmaşıklığının sonucunda, hesap makineleri çok daha gerçek bir işleyiş güvenliği kazandılar. Artık işlem akışında, sonuçların alınışında olabildiğince tamlık amaçlanıyor, işlemler mekanik hesap alanında o zamana dek görülmemiş bir hız ve kendiliğindenlikle yapılıyordu.

Curta: İlk Taşınabilir Mekanik Hesap Makinesi

Hacmi ve ağırlığı azaltma zorunluluğuyla, yukarıda sözü edilen evrim makinelerin boyutlarını iyice küçülttü ve bu İkinci Dünya Savaşından hemen sonra modern çağın en küçük ve en tam mekanik makinelerinden birine yol açtı: 1948'de Lichtensteinlı Kurt Herzstark'ın icat ettiği *Curta*.

Curta'nın I. modeli 230 gr ağırlığındaydı (oysa daha eksiksiz, daha başarılı olan sonraki model 360 grama varıyordu) ve 8 x 6 x 11 düzeyinde işlem kapasitesi vardı (II. modelde 11 x 8 x 15).

R. Taton ile J.P. Flad şöyle diyor: "Bu model 4 temel işlemi yapmayı sağlıyordu: Çarpma, bölme ve ayrıca toplama ile çıkarma. Silindir biçimindeki gövdesi sol ele sığıyor, yukarıdan aşağıya doğru hareketli 8 uçtan oluşan bir kaydedici taşıyordu. Tepesinde de yatay bir rakam ye-

ri vardı. Yivli üst kısım şaryoyu oluşturuyordu. İşletmen düzeneği sağ eliyle döndürüyor, yapılan her rakamdan sonra sağ baş parmağıyla şaryoyu bir ondalık konumdan ötekine getiriyordu. Çıkarma ve bölme için düzenek hafifçe kalkıyor, ama dönüş yönü aynı kalıyordu.

"Paslanmaz madenden yapılan makine sessizdi ve bozulmuyordu. Koruyucu kılıfıyla cebe ya da çantaya sığıyordu; her yerde çalıştırılabiliyordu. Deneyimli bir işletmen basit çarpımları, bölmeyi, üç kuralını 10 ile 17 saniye arasında gerçekleştiriyordu."

Bütün bu nedenlerle *Curta* 1970'li yılların başına dek tüm dünyada hatırı sayılır bir başarı kazandı. O yıllarda da yerini o küçük elektronik hesap makinelerine bıraktı.

Mekanik Hesabın Elektrikli Hale Gelişi

Bununla birlikte, tamamen mekanik olan teknoloji bu alanda daha önemli sonuçlar verecek ilerlemeler için çok çok sınırlıydı, çünkü ancak ağır ve genellikle kaba saba makineler yapmayı sağlıyordu yalnızca (*Curta* örneği hariç).

XIX. yüzyılın ikinci yarısından itibaren makine biliminin ve toplumun evriminde gittikçe daha büyük bir önem kazanan *elektriğin* gelişi sayesinde, önemli bir aşama geçilmiş oldu. Aşağıdaki çerçeveli kısımda bunun bizi doğrudan ilgilendiren ana aşamalarını bulacaksınız.

ELEKTRİĞİN TARİHİ

Elektrik konusunda en ilkel örnekleri Eskiçağa dek uzanan temel bilgiler ve ilk keşifler bir yana, bu tarih gerçekte 1729'da, İngiliz fizikçi Stephen Gray (1670-1736) iletken ve yalıtkan kavramlarını belirleyip, iletken kablolar kullanarak ilk *uzaktan elektrik aktarımı* deneyini yaptığı zaman başladı.

1745'de Hollandalı fizikçi Petrus Van Muschenbroek (1629-1761) gerçekte ilk *elektrik kondansatörü* olan *Leyde şişesini* yaptı. Ardından birçok kâşif, deneyci ve kuramcı artık yeni olmayan ve giderek bilimsel bir disiplin oluşturmaya başlayan bu alanın gelişmesine kendi katkılarını getirdiler. 1785'te, Fransız Charles de Coulomb (1736-1806) iki elektrik yükü arasındaki etkileşimin aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılı olduğunu keşfetti ve böylece Newton'un dile getirdiği *evrensel çekim yasasının* elektrik alanında da geçerli olduğunu göstermiş oldu. Simon de Laplace, Denis Poisson ve Karl Friedrich Gauss gibi

matematikçilerin sonradan matematiksel denklemlere dönüştüreceği *elektrostatik kuramıdır* bu. 1799'da ise İtalyan Alessandro Volfa (1745-1827) ilk elektrik pilini icat etti.

Ayrıca İngiliz Michael Faraday (1791-1867) 1843'ten itibaren elektriğin korunumu ilkesini doğruladı ve ardından *etki yoluyla elektriklenme kuramını* geliştirdi. Yine Faraday, 1821'de metal bir diski bir mıknatısın kuvvet çizgileri üzerinde döndürerek elektrik üretmeyi başardı ve böylece *elektromanyetik indükleme* ilkesini keşfetti. Mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürebilen elektrik jeneratörleri böyle doğdu.

Bu keşif Hans C. Oersted'in (1820), François Arago'nun, Jean-Baptiste Biot'nun, Felit Savart'ın ve André-Marie Ampère'in keşifleriyle birlikte bugün *elektromanyetizm* adıyla bilinen disiplini oluşturmaya katkıda bulundu.

André-Marie Ampère (1775-1836) ise 1822'den itibaren *elektrodinamiğin* temel yasasını ortaya koydu. Bu yasaya da

- François Arago (1786-1853) *dönme manyetizminin* özellikleri konusunda (1845);

– F. Lenz (1804-1865) *indüklenmiş akımların* yönü konusunda (1833);

– Franz E. Neumann (1798-1895) *oto-indükleme* olguları konusunda (1845);

–Léon Foucault (1819-1868) *kendi adını taşıyan akımların* (metal kütlelerde indüklenmiş akımların) 1855'te ortaya konan varlığı konusunda;

– İngiliz lord Kelvin (William Thomson) ile özellikle 1873'te James Maxwell'in *elektromanyetik alan* denklemleri konusunda katkıları olacaktır.

Böylece belli bir enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren ve hepsine "motor" adı verilen bütün bu mekanik, termik dizgelerin gelişmesi ve buhar makinesinin icadıyla birlikte koşut bir evrim ortaya çıktı ve *elektrikli motorlara* gelindi.

Bu tipteki ilk dizge 1828'de İngliz Peter Barlow'un (1776-1862) gerçekleştirdiği *Barlow çarkı* olmuştur.

Ancak araştırma laboratuvarından başka bir yerde gerçekten işletilen ilk motoru 1834'te Alman fizikçi Moritz H. von Jacobi (1801-1874) yapmıştır: Bu, Neva nehri üzerinde bir tekneyi yürütmekte kullanılan elektromıknatıs temelli, pille beslenen bir motordu.

Bununla birlikte, 1867'de kendi icat ettiği *dinamoyla* çalışan motoru 1873'te işletme başarısı Belçikalı Zénobe Gramme'ın (1826-1901) olacaktır.

Ne var ki *eşzamanlı motor* ilkesine İngiliz mühendis John Hopkinson'un (1849-1898) katkısı sayesinde, ancak 1883'te ulaşılacaktır. Döner manyetik *alan* ise 1885'te İtalyan Galileo Ferraris (1847-1897) tarafından keşfedilecektir.

Son olarak, Hırvat fizikçi Nikola Tesla (1857-1943) bu ilkeyi eşzamanlı motorların ilkesiyle birleştirerek birçok *sincap kafesli motoru* kendisinden türetecegi bir keşfe ulaşacaktır (bkz. T. de Galiana).

Başka deyişle, bu farklı keşifler sayesinde, artık elektrik enerjisini mekanik işe çevirme olanağının ortaya çıktığı yavaş yavaş anlaşılmaktadır.

XIX. yüzyılın ikinci yarısından itibaren elektriği yazı makinelerini işletmekte kullanma fikri de buradan doğar. Amerikalı mucit Thomas E. Edison (1847-1931) 1880'li yıllar boyunca sekreterinin yazı makinesini elektrikle donatıp, kolları bir *elektro-mıknatısla* yürütmeyi başaran ilk kişilerden biri olmuştur. Edison'un icadının, patenti olmasına karşın, arkası gelmemiştir. Ancak Amerikalı T. Cahill'in elektrikli yazı makinesinin tanesi 4000 dolardan kırk tanesini sattıktan hemen sonra iflâs edecek olan bir şirket tarafından üretilmesi onu izleyecektir. Doğrusu ilk elektrikli makinelerin seri olarak üretilip satıldığını görmek için, James F. Smather'in 1914'te kolları ve şaryosu bir elektrik motoruyla yürütülen bir makine yapmasından sonra, 1920 yılını beklemek gerekmiştir.

Hesap makineleri alanında birçok mucit 1890'lı yılların başından itibaren, özellikle de 1910'dan sonra aynı fikirden yararlanmış, Thomas'ın aritmometresinden türeyen hesap makineleri (örneğin, *Saxonia, Arkhimedes* ya da *Unites* gibi) ile Odhner'in makinesinden türeyenleri (*Brunsviga, Triumphator, Éclair* ya da *Marchant* gibi) elektrikle donatmış ya da National Cash Register (NCR), *Burroughs, Madas, Mercedes, Monroe* gibi yazar kasaları motorlu hale getirmişlerdir.

Mekanik hesap makineleri alanına elektriği sokma fikri başlangıçta olmayacak bir iş gibi görünse de sonradan çok verimli olduğu ortaya çıkmıştır; çünkü elektrik düzeneklerin daha kolayca işlemesini sağladığından, işlemcinin belli bir çabasını gerektiren tüm işlerde itici öğe olmuştur.

Mekanik Hesaptan Elektromekanik Hesaba

Ancak elektrik o zaman henüz makinelerin çeşitli işlemlerinde yalnızca hareket ettirici öğe olarak iş gördüğünden, bu ilk elektrikli makinelerle tam anlamıyla elektromekanik hesap makineleri çağı açılmış değildi.

Elektromekanik teknolojinin tarihi gerçekte 1831'de, Amerikalı Joseph Henry (1797-1878) ilk elektrikli mıknatısı icat ettiği zaman başladı. Bu mıknatıs dikey bir zemin üzerine hareketli bir maden çubuk koyup bunu tamamen yalıtılmış elektrik kablosuyla sarılmış çelikten bir at nalının iki ucu arasına yerleştirerek yapıldı: Elektrik akımı geçince çubuğun ucu at nalıyla gerçekleşen elektro-mıknatıs tarafından çekiliyor, akım sona erince de başlangıçtaki konumuna geri dönüyordu.

Bu keşif, tek bir elektrik kablosunun toprağa bağlandığında gerçek bir *iletim hattı* oluşturduğunu keşfeden Alman Steinhill'in 1827'den başlayarak izlediği başka bir yol açtı.

1833'te, İngiliz fizikçi Michael Faraday bir mıknatıs kullanarak bir elektrik akımı üzerinde etkimenin olanaklı olduğunu göstererek bu keşfi tamamlama işini üstlendi.

Sonraki aşamayı ise İngiliz William Cooke (1806-1879) ile Charles Wheatstone (1802-1875) 1837'de bu farklı ilkelere dayanarak bir elektrik pilini uzaktan etkin hale getirebilen, dolayısıyla akım değişiklikleri yaratabilen *elektromanyetik mıknatıslı* bir aygıt gerçekleştirerek aştılar. Bu da *elektrik sinyalleri* kullanarak ilk uzaktan mesaj *iletimi* oldu ve bundan böyle biribirinden uzak bireylerin iletişimine yol açtı.

Ancak ilk *elektrikli telgrafı* icat etme başarısı Amerikalı Samuel F. Morse'un (1791-1872) oldu. Onun dizgesi, gerçekte, betimini P. Carré'den alıp (hafifçe uyarladığımız) şu iki fikrin birleştirilmesine dayanıyordu:

1- Aygıt, Latin alfabesinin yirmi altı harfine bir çizgiler ve noktalar dizgesini karşılık olarak getiriyordu; (A'ya•—; B'ye —•••; C'ye —•—•—•; ...); ileti bitince, her biri bir harfi dile getiren elektrik sinyallerinin değişik birleşimlerine dayanan bir *şifreye* göre bu çizgiler okunabiliyordu. Böylece çizgiler ve noktalar harfli gösterime dönüştürülüyor, bu da bir iletinin kolayca alınmasını sağlıyordu.

2- Verici, önüne bir eksenin çevresinde hareket eden bir çeşit yumuşak demirden bir kol olan maniplenin yerleştirildiği bir elektro-mıknatıstı. Akım geçince maniplenin uçlarından biri elektro-mıknatıs tarafından elektrik itişinin sürdüğü (kısa ya da uzun) zaman boyunca çekiliyordu. Bunları ayıran elektrik kablosu aracılığıyla alıcı vericiyle aynı konumları alıyordu. Maniplenin öteki ucu doğrudan doğruya bir kâğıt şeridinin karşısındaki mürekkep dolu yazıcıya bağlıydı. Yazıcı, kaynaktaki elektrik itiminin sürdüğü (kısa ya da uzun) zaman boyunca bir nokta ya da bir çizgi yapıyordu.

Böylece, burada *elektromanyetik mıknatıslı* bir aygıtla gerçekleştirilen *ileti şifresi* icat edilmiş oldu. Bu, elektrik sinyalleriyle uzaktan iletişim ve ileti dizgeleri çağının başlangıcıydı. Artık elektromanyetik mıknatıs *telefonun* ve *telefon santrallerinin* gerçekleşmesi ile gelişmesinde egemen bir rol oynayacaktır.

Ancak bundan böyle hesap makinelerinin yapımında *mıknatıslı devrelerin* kullanılmasıyla elektromanyetik hesabın gelişmesine de yol açılmış oldu (hesap makinesi, yüzyılın sonundan önce anlaşılacağı gibi, temel aritmetik işlemlerini önceden kurulmuş devrelerle, *sayısal şifrelerle* yapmayı sağlıyordu).

Bu hareket içinde, 1894'te Léon Bollée'nin makinesindeki çarpma levhasının çubuklarının yerine, elektro-mıknatıslar sayesinde toplama makinelerine elektrikli olarak kumanda etmek amacıyla, *elektromanyetik mıknatıslı devreler* koyan Alman Edward Selling'in elektromekanik hesap makinesine apayrı bir yer verilecektir. *Elektrikli çarpım cetveli* ilkesi böyle ortaya konmuştur (bu ilke daha sonra delikli kartlı elektromekanik hesap makinelerinde uygulamaya sokulacaktır). Bununla birlikte 1906'da H. Weltzer'in yaptığı Selling makinesi hiçbir zaman ticarîleşmemiştir.

Elektromekanik hesabın başka bir öncüsü de 1913'te elektromanyetik mıknatıs tekniğine dayalı elektromekanik bir "aritmometre" yapan (daha sonra birçok kez kendisine geri döneceğimiz) İspanyol mühendis Leonardo Torres Y Quevedo'dur. Ayrıca 1928'de mıknatıslarla ve değiştirgeçlerle harekete geçirilen elektrikli bir *doğrudan çarpma* makinesi tasarlamış olan Fransız C. Nicoladze'nin yapıtını da belirtelim.

Özellikle elektrikli kumandalar sayesinde, giderek gerçek bir elektromekanik teknolojiye yönelen teknik, sonradan aritmetik işlemlerin gittikçe otomatikleşmesini sağlayan, hattâ cebirsel işlemler yapma olanağı veren, bir yandan aygıtların kapasitesini, bir yandan da işlem yapma hızını artıran makinelerin tasarlanmasında çok önemli bir rol oynayacaktır. Ayrıca göstergelerin *otomatik olarak silinmesi, kâğıt şerit üzerine otomatik kayıt kumandası*, bazı verilerin ya da ara sonuçların *belleğe alınması* ... gibi işlevlerin eklenmesi de olanaklı hale gelecektir.

Bu tipten ilk makineler arasında, Christel Hamann'ın, zamanında hatırı sayılır bir başarı kazanmış olan ünlü *Mercedes-Euklid*'ini saymak gerekir.

Ayrıca, en gelişmiş makineler arasından, *Hamann Selecta*'yı, *Badenia*'yı, *Facit*'i, *Precisa*'yı, *Everest*'i ... belirtelim. 1940-1950 yılların-

da Alman şirketi V.E.B. Büromaschinen Werk Sömmerda'nın Leipzig'de ürettiği, iki görülür toplayıcısı olan ünlü *Superautomatic Sasl IIc* de bunlar arasında bulunur. (Jacques Chauvin'in bize ilettiği kataloğa göre bu makinenin kimi özellikleri şunlardır: Tam otomatik çarpma, 10 tuşlu özel bir klavye üzerinde çarpanın yazılışı, çarpanı yineleyen ve böylece bir dizi ardışık çarpma yapmayı sağlayan bir aygıt; tam otomatik bölme; bölünenin aygıttaki belirli yere otomatik yazılması; çarpma ve bölmede hesaplayıcının otomatik silinmesi; çarpma ya da bölme bittiğinde klavyenin otomatik silinmesi; şaryonun otomatik olarak başlangıç konumuna dönmesi; çeşitli ara çarpımların tam otomatik toplanması; doğrudan çıkarma; istenirse, virgüllü bir sayının ondalıklarının tam otomatik olarak yuvarlanması; nakil; ...)

Özetle, elektromekanik böylece en iyi sonuç veren, en hızlı, en kesin, en güvenilir hesap makinelerini yapmayı ve aritmetik hesabın mekanik olarak gerçekleştirilmesindeki güçlüklerin en yalın, en elverişli, en hoş biçimde çözümünü olanaklı kıldı.

Karmaşık Saymanlığa Daha İyi Uyarlanmış Makinelerin Gelişmesi

İki savaş arasında, özellikle 1920'den 1940'a dek, geniş ölçekli saymanlık işlerinin, yani *genel saymanlığın* ve *dökümlerin* gereksinimlerini karşılamaya yönelik bir dizi hesap makinesi geliştirildi.

Bunlar bazen hesap makineleri ile yazı makinelerinin birleşiminden, bazen bunların elektrikli biçimlerinden, bazen de hepsinin aynı makinede biraraya gelmesinden doğmuştur.

İlk Yapay Fatura Kesme Makineleri

Bu tipten ilk makineler arasında, çarpma yapmaya, –yalnızca toplama ve çıkarmaya uyarlanmış– ilkel saymanlık makinelerinden çok daha elverişli olan *fatura kesme makinelerini* sayabiliriz. Bunların da ilki 1903'te Hopkins tarafından tasarlanmış, Bollée'nin çarpma levhası ilkesi sayesinde Burroughs tarafından geliştirilmiştir. Ayrıca ilki 1907 tarihli olan, yazı makinesine monte edilmiş, üzerinde Wahl toplayıcısının bulunduğu makineleri de sayalım. Bu makinelerde aynı şasi üzerinde üç ana organ bulunuyordu: Tuşlu klavye, bir ya da daha fazla baskı dü-

zeneği ve bir ya da daha fazla hesap aygıtı. Bunların ana amacı, doğrudan klavye üzerinde gerekli komutları vererek, basit bir toplama listesinden daha karmaşık saymanlık belgeleri çıkarmaktı. Bundan ötürü fatura kesme makineleri ile yazar kasalardan türetilmiş saymanlık makineleri çok özel makinelerdi (bkz. J. Favier ve R. Thomelin).

Yazı Makineleri İle Saymanlık Makineleri

Kimi yazı makinelerinin özel olarak saymanlık işlerine uyarlanmış olduğunu da belirtelim. Ayrıca kimi işler için yazıcılı toplama ya da hesap makinelerinin yapıldığını da söyleyelim.

Ancak bu aygıtlar gerçek *saymanlık makineleri* değildi. Saymanlık makineleri esas olarak üç kategoriye ayrılıyordu:

– Yazı makinelerinden türemiş *saymanlık yazı makineleri;*

– sıradan toplama makinelerinden türemiş *saymanlık toplama makineleri;*

– yazı makinesiyle hesap makinesinin birleşmesinden meydana gelen *birleşik makineler.* Ancak bu makineler iki kavramın aynı makinede basit bir birleşmesi değildi.

Kullanılan teknolojiye gelince, o da mekanik, elektromekanik ya da elektronik olabiliyordu.

Teknik ayrıntılara girmeden, saymanlık yazı makineleri arasında şunları sayabiliriz: *Remington; Elliot-Fischer; Mercedes SR 42;* Adler; *Ideal; Smith Premier; Continental; Torpedo; Olivetti;...*

Toplama Makineleri İle Saymanlık Makineleri

Saymanlık toplama makineleri arasında şunlar vardır: *Olivetti; Addo; Duplex MAM; Monroe; Burroughs; Multiplex Sudstrand;...*

Ayrıca ve özellikle 1938'de çıkan *Logabax*'tan da söz edelim. Bu, söz konusu belgenin olanaklı sütun sayısından çok daha yüksek sayıda toplayıcısı bulunan, çok özel bir mekanikle yapılmış ilk saymanlık makinesidir.

Birleşik Saymanlık Makineleri

Birleşik makineler (bu makinelerin tasarlanışını, en başta, ünlü elektromekanik aritmometresini 1913'te yapan ve 1914'te tanıtan İs-

panyol mühendis Leonardo Torres y Quevedo'ya borçluyuz) arasında şunları sayabiliriz:

– yazı makineleri ve birleşik toplama makineleri kategorisinde: *Astra, MAM, National Class 3000, Ormeco;...*

– yazı makineleri ve birleşik çarpma makineleri kategorisinde *Burroughs* mekanik fatura kesme makinesi, (verileri girmek için) küçük bir klavyesi bulunan *Supermetal*. Bütün bunların en gelişmişleri: *MAM yeni dizi, Facit, Logabax F 800, National Computronik, National Multitronik, Continental, Sensimatic, Mercator 5 000, Remington 400 F E, Burroughs E 2 000, Akkord Supertronic, Super Metal 381,...*

Yazar Kasalar ve Saymanlık Makineleri

Ayrıca uzmanlaşmış saymanlık makineleri kategorisinde, yazar kasadan türeyen makinelerden olan *National Class 2 000* ile National *Postronic'i;* MAM RS 65'i ve bir "okuyucuya" bağlı olan, 55 hesabı anında otomatik olarak listeleyen *Burroughs Sensitronic*'i sayabiliriz.[5]

Bilimin İlerlemelerinin Getirdiği Sorunlar Karşısında Klasik Hesap Makinelerinin Yetersizliği

Klasik hesap makineleri, temel aritmetik işlemlerine uyarlanınca, belli sayıda aritmetik hesabı yapmayı sağlayarak günün gereksinimlerini kolayca gidermiştir.

Ancak, bu makinelerin hiçbiri bir çokterimlinin köklerini almak, cebirsel bir denklemi ya da denklemler dizgesini çözmek, determinant ya da integral hesaplamak, bir diferansiyel denklemin çözümlerini belirlemek, türev almak gibi matematiksel hesapları yapamıyordu.

Batı Avrupa'da bilim ile tekniğin hatırı sayılır ölçüde gelişmesiyle birlikte, özellikle cebirin ve matematiksel çözümlemenin pratik uygulamalarının getirdiği sayısız sorundan ötürü, yüzyıllardan beri bu karmaşık hesapları yapma gereği hissediliyordu.

Ne ki bu güçlüklerle dolu sorun ancak yakın bir dönemden itibaren ilk önemli çözümlerini bulmaya başladı.

Bu sorunun, birçok nedenden ötürü, çok hassas bir biçimde çözülmesi gerekiyordu:

– İlk neden, matematiksel çözümlemede hatırı sayılır çeşitlilikte fonksiyon bulunması, bunları çözmek için yapay modelleştirmeyi gerçekleştirme gereğinin olmasıydı;

– ikincisi, fizikte karşılaşılan fonksiyonları çözümleyici bir biçimde tanımlamanın çoğu kez olanaksız olmasıydı;

– üçüncüsü, diferansiyal ya da tikel türevli cebirsel denklemlerin, matematikçinin karşısına biçimsel yöntemlerle çözülemeyen sorunlar çıkarmasıydı.

Bilim adamları güçlüğü aşmak için biribirinden çok farklı iki araştırma yolu tutturdular. Bilim ile teknolojinin ilerlemesi sayesinde de sonunda biribirinin kökten karşıtı olan iki hesap tekniği geliştirdiler:

– bir yanda *analojik hesap*;

– öte yanda *yapay sayısal hesap*.

ANALOJİK HESABIN KÖKENİ VE GELİŞMESİ[6]

Bu tip hesabın ilk örneklerinden biri, iki bin yılı biraz aşkın bir süre önce, Yunan matematikçileri ile gökbilimcileri düşünülmüş büyüklüklerin modellerinden geçerek hesap yapmalarını sağlayan âletler icat ettikleri zaman ortaya konmuştur.

Bu âletler arasında *hodometreler* (yine tamamen "sayısal" aygıtlar olan Avrupa Rönesansının podometreleriyle karıştırılmasın) vardır. Uzaklıkları ölçmeye yarayan bu âletler, bir arabanın tekerlekleriyle hareket ettirilen ve bir ibreyi alınan yolu gösteren dereceli bir ölçek boyunca sürükleyen bir dizi sonsuz vidalı çark düzeni içeriyordu. (İşte otomobillerimizin gösterge tablosunda işleyen modern analojik âletlerin, *hız göstergelerinin* atası).

Ayrıca Yunanlı atası 2000 yıllık *Antikythera* olan *usturlab* vardır. Bu aygıt, Arapların Yunanlılardan miras olarak aldığı, onların da Hint kökenli rakamlarla aynı zamanda Batılılara aktaracağı, yıldızların konumlarını gözlemeye ve ufuk çizgisinden yüksekliklerini belirlemeye yarayan bir aygıttı (bkz. D. de Solla Price).

Başka bir örnek de çok daha sonra, 1614'te, İskoçyalı matematikçi John Napier belli sayıda usandırıcı hesabı yalınlaştırmak amacıyla *logaritmayı* icat ettiği zaman ortaya kondu. Bu icat, matematikteki sayısız sonuçlarının dışında, *logaritma tablolarını* ve *hesap cetvelini* doğuracaktır.

Hesap cetveli 1620'de İngiliz Edmund Gunter tarafından icat edilmiş, 1823'te William Oughtred tarafından geliştirilmiştir. Sonra Robert Bissaker (1654) ve Seth Partridge (1671) tarafından iyileştirilmiş, 1750'de Leadbetter'in

katkısı sayesinde modern sürgülü cetvel biçimini almıştır. Bu arada bu aygıtın Fransa'ya ilkin 1815'te Jomard tarafından sokulduğnu belirtelim. Ancak o zaman fazla devrimci bulunmuş, Fransa'da gerçek yayılışını görmek için, geometrici Amadeus Mannheim'ın birtakım yararlı iyileştirmeler yapmasını beklemek gerekmiştir. Yol açtığı bütün *logaritma* âletleri gibi, hesap cetveli de, çarpma, bölme, kuvvet alma, hattâ kare kök işlemlerini kolayca yapmayı sağlıyordu. Bundan ötürü bu âlet çok uzun bir süre mühendislerin ve teknisyenlerin yeğlediği bir âlet olmuş, 1970'li yılların başından itibaren cepte taşınan elektronik hesap makineleri çıkınca kesin olarak terk edilmiştir.

Başka bir analojik âletler sınıfı da amacı cebirsel denklemleri ya da denklem dizgelerini çözmeye yahut birtakım matematiksel fonksiyon kategorilerini belirlemeye yardımcı olmak olan *cebir aygıtlarıdır.*

Bu tipteki en eski âletler daha Eskiçağda Yunan matematikçileri tarafından, çok özel olarak da, küp köklerle ilgili sorunları çözmeye yardımcı olan bir aygıt üreten Platon tarafından yapılmıştır.

Ancak bu âletler gerçek yükselişlerini ancak XVIII. yüzyıldan itibaren yaşamışlardır.

Bunlardan bazıları, örneğin Rowning'in 1770'te ya da Kempe'nin 1873'te yaptığı aygıt gibi, çok terimli fonksiyonların çizgesel betimlemelerinin maddî gerçekleşmesini veren biribirine bağlı çubuklardan oluşuyordu.

Bérard'ın (1810), Lalanne'ın (1840) ya da Grant'ın (1896) *denklem terazileri* gibi bazı aygıtlar ise yer değiştirebilen katı cisimlerin denge konumunun aranmasına dayanıyordu. Bunlara çözülecek denklemin katsayılarıyla orantılı ağırlıklar yükleniyor, dengeyi sağlayan ağırlıklar aranan köklere karşılık geliyordu.

Kimileri de, Demanet'nin aygıtı (1898) gibi, *hidrostatik dengenin* aranmasına dayanıyordu.

Lucas'ın (1888), Kann'ın (1903) ve de Wright'ın (1909) aygıtları ise elektrik akımlarının yoğunluk yasalarını öngörüyor, bu kez de *elektriksel dengenin aranması amaçlanıyordu.*

Son olarak, Leonardo Torres y Quevedo'nun cebir makinesi (1893) gibi kimi aygıtlar, çözülecek cebirsel denklemlerin katsayılarının ve köklerinin değerlerini mekanik olarak hesaplamak üzere dişli çarklarla biribirine bağlanmış logaritma disklerini kullanıyordu.

Ayrıca yapısı bakımından integral hesabı için tasarlanmış birçok analojik aygıt yapılmıştır. Çekim merkezinin ve düz bir yüzeyin eylemsizlik momentinin belirlenmesi için kullanılan aygıtlar ise XIX. yüzyılın başından itibaren kadastro çalışmalarını kolaylaştırmak için geliştirilmiştir.

Bunlar arasında özellikle şunlar bulunur:

1- Bir eğriyle sınırlanmış alanı ölçmeye yarayan (ve ilki 1814'te Amsler tarafından geliştirilen) *yüzeyölçerler.*

2- Bir diferansiyel bağıntıyla tanımlanmış bir fonksiyonun sayısal değerlerini veren *integrometreler.*

3- Belli bir Descartes coordinatları sisteminde aynı tipte bir fonksiyonu temsil eden bir eğri çizen *integraflar.*

4- Gelgit olaylarıyla ilgili mekanik bir çözümleme olanağı veren *gelgit tahmincileri* (1878'de lord Kelvin'in icat ettiği aygıtlar) (bkz. M. d'Ocagne; L. Jacob).

Analojik Hesap Makinesi Nedir?

Öyleyse, bu farklı aygıtların her birinin fizik ve teknik bakımından kendine özgülüğüne bakarak, ister mekanik olmayan basit aygıtlar olsun, ister mekanik, elektromekanik ya da elektronik makineler olsun, bu yapıdaki tüm hesap aygıtlarının temel özelliklerini genel bir biçimde anlıyoruz.

Gerçekten, G. Verroust'un [1] tanımına göre, *analojik hesap makineleri, çözülecek çözmecenin parametrelerinin, incelenen olgununkiyle eşdeğer fiziksel ya da matematiksel yasalara uyan bir dizgenin içinde evrilen değişken ve sürekli fiziksel olgularla betimlendiği aygıtlardır.*

Dolayısıyla analojik bir aygıt ya da makine uygulaması *sürekli bir fiziksel büyüklük* üzerinde (örneğin bir cetvel ya da silindir üzerindeki uzunluk, bir eksenin doğrusal ya da açılı yer değiştirmesi, bir tekerleğin dönüşü, bir elektrik akımının potansiyel farkı, ...) yapılan, sonucu ise bizzat bu büyüklüğün ölçülmesiyle elde edilen işlemler gerçekleştirir. Denebilir ki, analojik bir hesap makinesi eldeki çözmecenin *fiziksel bir modelini* verir: Aranan bir durumu yaratmak için makinede çözmecenin parametrelerini konumlandırarak başlangıç koşullarını getirmek ve ele alınan dizge içinde elde edilen büyüklükleri gerçekten ölçmeden önce eldeki modelin evrimini incelemek yeter.

İlk Çokişlevli Analojik Hesap Makineleri

XVIII. ve XIX. yüzyıldan itibaren, analojik hesabı geliştirmeye çalışan çok sayıda mucit, deyim yerindeyse matematiksel yapının somutlaştırılması yoluyla çok kendine özgü birtakım hesapları makineleştirme çabası içinde olmuşlardır.

Onların âletleri ve makineleri, bütün inceliklerine ve kuramsal yararlarına karşın, genellikten yoksundu. Başka deyişle, o zamana dek analojik hesap makineleri ancak tek bir çeşit hesap yapabiliyor, dolayısıyla da ancak tek bir çözmeceler kategorisini (tam olarak kendileri için yapısal bir biçimde düşünülmüş olanları) çözebiliyordu.

Bu makinelerin hesap yapma olanağı nasıl genişletilebilirdi? İşte XIX. yüzyılın ikinci yarısından itibaren yürütülen bilimsel araştırmanın amaçlarından biri kesin olarak buydu.

Doğrusu, modern analojik hesabın gerçek babası, daha çok Lord Kelvin adıyla bilinen İngiliz fizikçi William Thomson (1824-1907) olmuştur. 1867'de bir dizi yayınıyla değişken katsayılı diferansiyel denklemlerin çözümü için analojik bir yöntemin tam tanımını yapmıştır. Ancak o çağın teknolojisi Kelvin'in düşünceleri düzeyinde değildi ve onun *İntegratör*'ü hiçbir zaman gerçekleşmedi.

Gerçek bir çokişlevli, pratik analojik hesap makinesinin Birleşik Devletlerde yapıldığını görmek için 1930'lu yılların başını beklemek gerekmiştir. Bu makine, mühendis elektromekanikçi Vannevar Bush'un (1890-1974) yönetiminde Cambridge'in Massachusetts Institute of Technology'sinde (MIT) 1925'ten itibaren geliştirilip 1931'de yapılan *diferansiyel çözümleyicidir.*

Bu makine esas olarak integratörlerin kullanımına dayanıyordu ve elektrik şebekelerinin sorunlarını, özellikle de insan hesabının olanaklarını kesin olarak aşan denklemler içeren aşırı yükleme ve arıza sorunlarını çözmek için tasarlanmıştı. Bu hesap makinesinin başarısı öyle büyük oldu ki, MIT'in ekibi ancak 1942'de kullanılmaya başlayan, ama İkinci Dünya Savaşı boyunca kıskançlıkla gizli tutulan daha güçlü, daha gelişmiş, daha karmaşık bir makine üretme cesaretini buldu. Makine 100 ton ağırlığındaydı, 2 000 elektronik tüpü, binlerce elektromekanik devresi, yaklaşık 320 kilometre kablosu vardı. US Navy adına özellikle atış tablolarının hesaplanması için getirilen MIT'in ikinci *diferansiyel çözümleyicisi*, atılan cisimlerin izlediği yol konusunda balistik denklemler gerektirdiği için insan olanaklarının tamamen dışında olan atış komutları ya da radar sistemleri gibi karmaşık sorunları gidermeye yardımcı olmuştur.

Elektronik Analojik Hesabın Gelişmesi

O zamandan beri gittikçe daha güçlü ve işlevsel hale gelen birçok hesap makinesi ortaya çıktı. Bunlar arasında Birleşik Devletlerde Western Electric laboratuvarlarında (Bell Labs) gerçekleştirilen ve İkinci Dünya Savaşının son yılları boyunca kategorisinin en etkili hesap makinelerinden biri olan *M-9 atış yöneticisini* anmak yerinde olur. Tamamen elektronik olan bu makine Nazilerin 1944'te Londra üzerine gönderdiği "V1" adlı uzaktan kumandalı bombaların %75'inden fazlasını yok etmeyi sağladı.

Bu hesap makinelerinin büyük bir çoğunluğu uzmanlaşmıştı. Kimileri ise tersine çokişlevliydi ve diferansiyel denklem dizgelerini çözebiliyordu.

Denebilir ki makineler yapısal bakımdan farklı türde matematiksel işlemler yapmak için tasarlanmıştı.

Bu alandaki büyük bir ilerleme de özellikle Fransa'da 1950'li yılların başından itibaren F.H. Raymond'un yönetiminde SEA'nın analojik hesap makinelerinin yapımıyla gerçekleştirildi.

Başka bir ilerleme de yine 1950'li yılların sonunda Fransız şirketi CSF'nin ANALAC 101'i yapmasıyla gösterildi. Tamamen elektronik, çok kullanımlı anolojik bir hesap makinesi olan bu makine özellikle herhangi bir dereceden cebirsel denklemleri (en azından bir noktaya kadar), trigonometrik denklemleri, bir ya da iki bağımsız değişkenli fonksiyonel denklemleri, herhangi bir dereceden diferansiyel denklemleri... çözmeyi sağlıyordu. Üstelik gerçek zamanda çalışabiliyordu.

Analojik Hesabın Üstünlükleri

Analojik hesap yönteminin başlıca üstünlükleri şunlardır:

– İlkin belli bir çözmeceyi onu biçimsel olarak çözmeyi bilmeden de ele alma olanağı sağlar;

– ikincileyin, belli bir çözmeceyi, karmaşık bir durum bile olsa, görece kısa bir zamanda çözme olanağı sağlar;

– son olarak, veriler bir kez girildi mi, görece geniş bir parametre değerleri alanına karşılık gelen çözümleri kısa bir zamanda almayı sağlar.

Bundan ötürü, yakın bir döneme kadar çok sayıda alanda bu tip hesap kullanılmıştır. Bu alanlar şunlardır: *Mekanik ve termik* (hareket ve sıcaklık alışverişi araştırması); *otomobil* (motor ve süspansiyon); *elektronik ve elektroteknik; askerî kullanımlar* (atış ve bombalama sistemleri); *havacılık* (uçuş simülasyonu, uçakların ve uzay motorlarının otomatik pilotajı); *klasik enerji ya da nükleer enerji* (termik ya da nükleer santraller); *kimya ve petrol; biyoloji ve tıp;...*

Analojik Yaklaşımın Başlıca Sakıncaları

Peki öyleyse, bu kadar üstünlüğü varken neden terkedildi?

Yöntem, bilimsel hesap alanında daha önemli ilerlemeler sağlayamayacak kadar sınırlıydı.

Bunun ilk nedeni, *hesap olanağı bu denli geniş olan hiçbir analojik aygıtın herhangi bir problemler kategorisini çözmeyi sağlayacak ölçüde genel olamamasıdır.*

Başka deyişle, *analojik bir hesap makinesi "evrensel" olamaz.*

İkinci neden, *analojik yöntemle bilgileri belleğe alıp ara sonuçlar üzerinde işlemler yapmanın, olanaksız demeyelim de, çok zor olmasıdır.*

Üçüncü neden, *bu tip yöntemlerde kesin sonuçlar elde etmenin olanaksız olmasıdır.* Çünkü bu yöntem gerçekte ancak üç temel rakamla ilgili hesaplar için

geçerlidir. Analojik bir hesap makinesinin söz konusu oluşturucularının niteliğine ve yapılan matematiksel işlemin yapısına göre %0,02 ile %3 arasında değişen kesinliği, hem ölçme âletlerine hem de ele alınan olgunun incelenmesi için seçilen modele bağlıdır.

Dördüncü neden, *bu tip hesapta kullanılan aygıtların işletim alanlarının sınırlılığından ileri gelen sorunların çözümlerinin geçerlilik alanının sınırlı oluşudur.*

Beşinci neden, (birçok başkasının yanı sıra) *analojik yöntemle sonuçların kesin bir yorumunu yapmanın çoğu kez güç olmasıdır.*[7]

Bundan ötürü, bu yaklaşım İkinci Dünya Savaşından beri çok sayıda araştırmacı tarafından gittikçe artan bir biçimde reddedilmiştir. Matematiksel bilimler ile fiziğin hatırı sayılır ölçüde ilerlemesiyle karşı karşıya kalan araştırmacılar bu kusurların hiçbirini taşımayan güçlü makineler kullanma gereğini duydular.

Bununla birlikte, kesinlik bakımından kaybettiğini hızlılık bakımından kazanan analojik hesap makineleri bir süre henüz tarihlerinin başında olan çok yavaş bilgisayarlara yeğlendiler.

Elektroniğin 1970'ler ve 1980'ler boyunca gösterdiği hızlı yükselişle birlikte, yüksek yoğunluklu birleşik akımlar teknolojisine (kesin olarak *mikroişlemciler* teknolojisine) dayalı bilgisayarlar çeşitli pratik uygulamalarıyla birlikte analojik hesap makinelerinin kesin olarak yerini aldı.

Sayısal Yöntemin Üstünlükleri

Analojik hesabın kendi içinde mutlak bir tıkanmayla karşılaşmasından ötürü, sayısal yöntemin gücül olarak daha etkili, daha üstün, çok daha ekonomik olduğu farkedildi.

Zaten sayısal yöntemdeki herşey analojik yaklaşıma ters düşer.

Bilgisayar denen otomatlarda, *alınan ve işlenen bilgi kod denen bir küme oluşturan çok kesin kurallara karşılık gelen rakamlar ya da simgelerle betimlenir* (bkz. G. Verroust [1]).

İmdi, çok kesin olarak, uzun bir evrimin ardından ve çok çeşitli gerekliliklerden ötürü çok çeşitli alanlarda her çeşit icat, keşif ve başarıyla biraraya gelerek sonunda bugünkü bilgisayar biliminin ve tekniklerinin gelişmesini sağlamış olan, "sayısal" (ya da Anglo-Saxon kökenli bir terminolojiyle "dijital") denen makinelerin bu kendine özgü yönteminin yükselişidir.

Çok hızlı ve çok güçlü olan bilgisayar makineleri:

1- Bellekte biriktirilmiş bilgiler üzerinde işlemler yapabilir.

2- Sakınımlı olmayı gerektirmeyecek bir yorumla istendiği kadar kesin sonuçlar verebilir.

3- Çok karmaşık çözümlemeler yapabilir.

4- Son olarak, fiziksel olanakları ölçüsünde, *algoritmalar* adı verilen ve insan zekâsının çok belirli bir işlem kategorisine karşılık gelen her çeşit problemi çözebilir.

Melez Hesap Makineleri
ya da İki Yöntemin Kesişmesi

Çok kesin bir yapay hesap tekniği kullanmayı giderek daha büyük bir gereksinim haline getiren bilimsel sorunların durmadan artan bir biçimde karmaşıklaşması analojik yöntemi otomatik sayısal hesapla birleşmeye götürmüştür. Analojik bir hesap makinesinin iki dizgenin biribiriyle bilgi alışverişinde bulunabilmesi için uyulması gereken birtakım kurallara uygun olarak bir bilgisayara bağlandığı "melez" denen hesap otomatları böyle doğmuştur.

Görece yakın bir zamana dek bu hesap makineleri özellikle simülasyon alanında, örneğin kimyasal süreçlerin araştırılmasında ya da uçuş simülasyonu problemlerinde yahut uzay motorlarında hâlâ bir uygulama alanı buluyordu.

Ancak elektroniğin yükselişiyle birlikte, özellikle de yüksek yoğunluklu mikroişlemciler teknolojisinin gelişmesinden beri, sayısal hesap makineleri ve bilgisayarlar bugün bütün pratik uygulamalarıyla analojik makinelerin ve melez yöntemlerin hepten yerini alma eğilimindedir.

Klasik Hesabın Otomatikleşmesinden Yapay Sayısal Hesaba

Yukarıda görmüş olduğumuz gibi, bugünkü yapay veri işlem yöntemlerine götüren araştırmalar gerçekte Rönesans'ın sonunda, yazılı hesap pratiğini kolaylaştırma gereksinimi duyan bilim topluluğu üyeleri bu güçlükleri aşmaya çalıştığı zaman başlamıştır.

Böylece, XVIII. yüzyıldan XX. yüzyıla dek, az ya da çok güçlü, az ya da çok kullanışlı, az ya da çok hızlı ve kesin, hatırı sayılır çeşitlilikte makine ortaya çıkmıştır.

İnsanı aritmetik hesabın ve onun tekrar tekrar yinelenen işlemlerinin bıktırıcı yükünden kurtaran makineler görülmüştür.

XIX. yüzyılda sanayinin ve sermayenin giderek artan önemi ve bunun sonucu olan kıyasıya rekabet bankacılık ve saymanlık etkinliklerinde büyük bir gelişmeye yol açmıştır. Bu da, bu işlere uyarlanmış donanımları kullanma konusunda durmadan artan bir gereksinim doğurmuş, böylece hesap makineleri sanayisinin yükselişine kapı açılmıştır.

Bu olay bilgisayarların ticarî ve teknik tarihinin ilk önemli aşamasını oluşturmuştur.

Ancak klasik aritmetik hesabı mekanikleştirmeye yönelik çabalar aynı zamanda,

1- daha sonra yazı makinesinin tuşlu klavyesiyle tamamlanınca "alfabetik-sayısal" denen klavyelerin gerçekleşmesini sağlayacak olan *sayısal klavyelerin* (verileri girmek için) kullanımı;

2- makinenin yaptığı hesapların toplamlarını ya da ara sonuçlarını kâğıt şerit üzerine her an kaydetmeye yarayan bir *baskı aygıtının* kullanımı gibi önemli teknik yeniliklere ulaşmayı da sağlamıştır. Makinelerin girişinden çıkışına dek sayısal türden bilgilerin kodlanması için önceden ortaya konmuş *sayısal kod* dizgelerinin –klasik elektromekanik hesap sayesinde– getirilmesiyle, klasik sayısal otomatik hesap tekniklerinin tüm olanaklı genişlemelerini yavaş yavaş tasarlamayı sağlamış olan doğrudan çarpma, doğrudan bölme, hattâ dört işlemin tamamen otomatikleşmesi gibi yeni kavramların gelmesini de buna eklemek gerek.

Özetle, temel hesabın tamamen makineleşmesi giderek daha engin bir hesaplar kategorisine doğru alanı genişletmeyi sağlamış, böylece *bilimsel sorunlarla ilgili yapay sayısal işlem yönteminin* gelişmesine yol açmıştır.

Bilgisayarların Uzak Kökeni: Zincirleme Matematiksel Hesapları Otomatikleştirme Gereği

Ama elbette, klasik hesap makineleri alanı bilgisayarlar yönünde gelişmeye izin vermeyecek ölçüde sınırlıydı. Başka deyişle, kökten bir biçimde izlenen yolu değiştirmek gerekiyordu.

Gerçekte ray değişikliği, iki yüz yıla yakın bir süre önce, matematiksel çizelgeleri hesaplama gereğiyle karşı karşıya kalan kimi bilginler sıradan sayısal hesap makinelerinin büyük kusurlarına çare bulmaya çalıştıkları zaman yapılmıştır.

Bir dizi zincirleme hesap yapması gereken kişi gerçekte birçok kez yeniden başlamak zorundaydı, çünkü verilerin kendisinin dışında, bütün ara sonuçları elle art arda yazması, sonra da bunları aşama aşama, yine elle, makineye yeniden girmesi gerekiyordu.

Basit bir örnek verelim. Bir toplama, bir küp alma, bir çıkarma, bir kare alma ve bir bölme içeren $(175 + 123)^3 / (146 - 23)^2$ gibi zincirleme

bir hesap yapmak için elbette ilk olarak yapılması uygun olan 175 + 123 toplamının verilerinin girilmesi gerekiyordu; sonucu aldıktan sonra bu sonucun kübünü almak için onu yeniden makineye girmek gerekiyordu. Sonra 146 - 23 çıkarmasının verilerini girmek, sonucu almak ve bu sonucu karesini almak üzere makineye girmek gerekiyordu. Ardından yeni sonucu not etmek, bölmeyi gerçekleştirmek üzere önceki iki sonucu yeniden girmek gerekiyordu; son sonuç alınınca problemin çözümü elde edilmiş oluyordu.

Thomas'ın aritmometresi üzerinde basit bir bölme için birçok işlem yapmak ve düzeneği birçok kez döndürmek gerektiğini bildiğimize göre, böyle bir işlem de onlarca müdahale ve onlarca düzenek turu gerektirecekti.

Dolayısıyla bu sürekli bir hata kaynağı oluşturuyor, işlem akışında hatırı sayılır bir zaman kaybına neden oluyordu.

Bu büyük kusur nasıl giderilir? Böyle bir makine en küçük hareketlerini yöneten bir kumanda sistemi kullanarak nasıl kendi kendini işleten bir makine haline getirilir? Özetle, tek başına, yani insanın hiçbir müdahalesi olmadan, önceden belirlenmiş bir süreci izleyerek zincirleme işlem yapabilen bir makine *nasıl tanımlanabilir*?

Bu, kabaca, günümüzün terimleriyle, XIX. yüzyılın başında kimi bilginlerin girdikleri mantıksız bahisti. İşte bu içinden çıkılmaz soruna çözüm arayışı, sonunda bilgisayarların "icadına" giden yolu açmıştır.

Elbette bu bir günde olmamıştır. Biribirinden ayrı birçok girişimin sonucudur. Bu girişimlerin ilki de insanın çok eski zamanlardan beri her parçasıyla canlı bir varlık, başka deyişle, insanın ya da hayvanın hareketlerini yapay olarak taklit edecek bir varlık yaratma düşüdür.

İlk Yapay Otomatlar

Doğrusu, ortaya konan soruna ilk çözümler, görünüşte hesapla bağı olmayan bir alanda, insan tarafından yapılmış ve kendi kendine hareket etme yeteneğiyle donanmış fizik sistemler ya da *yapay otomatlar* alanında bulunmuştur.

Kendi hareketleriyle kendiliğinden tepki gösterme eğilimi bulunan aygıtlar Eskiçağdan beri Çinlilerce geliştirilmişti. İskenderiyeli Yunan mekanikçileri de böyle aygıtlar geliştirmişti. İskenderiye okulunda Ctesibios, Arkhytas, Bizanslı Heron, İskenderiyeli Heron gibi saygın adlar vardı ve bunlar çok ileri mekanik teknikler kullanmışlardı (bkz. 25. Bölüm).

Sicilyalı Diodoros ile Kalliksenos tanrıların ve tanrıçaların böyle can verdiği heykelleri betimlerler. Kalliksenos, Ptolemaios Philadelphos'un M.Ö. 280'e doğru İskender ve Bakhus onuruna yaptığı törenle ilgili olarak şunu anlatır: "Sekiz arış genişliğinde dört tekerleği olan, altmış adamın çektiği bir araba görülüyordu. Arabanın üstünde altın düğmeli bir elbise ile Isparta gocuğu giymiş bir Nysa heykeli oturuyordu. Heykel, bir makine sayesinde, kimse elini sürmeden, altın bir şişeden süt döküyor, yeniden yerine oturuyordu" (bkz. P. Devaux).

Eskiçağın Yunanlı mekanikçilerini Ortaçağ Avrupası ve Rönesans'a bağlayan aktarım kayışı, belli bir ölçüde, Bizans Yunanlılarınca sağlamlaştırılmıştır, ama bu geleneği miras alıp aktaranlar özellikle Arap-İran mekanikçileri olmuştur.

Arap-Müslüman dünyasının en ünlü mekanikçileri arasında şunları sayabiliriz:

1- *Al âlat illati tazammir bi nafsihâ* ("Kendi Kendine İşleyen Âlet") adlı, 850'ye doğru yazılmış, geniş ölçüde İskenderiyeli Heron'un fikirlerinden etkilenmiş bir kitabın yazarı olan Bânu Mûsa bin Şâkir kardeşler.

2- Birçok su saatinin betimlendiği *Kitâb al asrâr fi nata'ic al afkâr* adlı kitabın yazarı İbni Mu'adh Ebû Abdullah al Cayyani (X. yüzyılın ikinci yarısı).

3- Selçuklu hükümdarları için yaptığı otomatlarla ünlü Badi al Zamân Al Asturlâbî (XII. yüzyılın ilk yarısı).

4- Mekanik su orglarıyla tanınan Zekeriyya Yahyâ al Bayâsi (12. yüzyılın ikinci yarısı).

5- Şamandıralarla işletilen otomatlarıyla ün kazanmış Şamlı Rıdvân (1203).

6- Hiç kuşkusuz en verimli, hayal gücü en geniş olanı, *Kitâb fi ma'rifat al hıyat al handasiyya* ("Usta İşi Mekanik Âletler Bilgisi Üzerine Kitap", 1206) adlı kitabında Yunan gelenekleri hakkında derin bilgisini sergileyen ve o güne dek görülmemiş yenilikler getiren İsmail İbn al Razzâz al Cazzari'dir. Cazzari, sürekli devinen makinelerle, su saatleriyle, bir çeşmeyi beslemeye yarayan mekanik tulumba sistemleriyle ilgili, şamandıralı otomatlarla, hareketin zincir ve tellerle aktarıldığı otomatlarla ilgili planlar yapmıştır (bkz. 25. Bölüm).

Bu gelenek sonradan İspanya ve Sicilya yoluyla, özellikle Arap mekanikçilerini sarayına çağıran Sicilyalı II. Roger (1130-1154) ile onun izleyicilerinden biri olan ve Müslüman dünyanın mekanikçilerine ka-

pısını açık tutan II. Frederic (1194-1254) sayesinde, Batı Avrupa'ya yayılacaktır.

Bu çağın sonundan itibaren, Avrupa'nın, uyanarak, kendi tekniklerini nasıl geliştirdiğini ve bundan böyle biribirinden şaşırtıcı otomatlar üretmekte beceri kazanıp bu alanda nasıl kendini kabul ettirdiğini biliyoruz.

Yapısı Bakımından Dünya Hakkında Bilgi Vermek Üzere Tasarlanmış İlk Otomatlar

Ancak başlangıçta, yapay otomatlar aslında yaşam yanılsaması vermeye yönelik hayvan ya da insan görünümlü aygıtlardan başka birşey değildi. Dolayısıyla bunlar *bilgi verme otomatları* değildi.

Gerçekte bu alandaki ilk büyük devrim ilkin Yunanistan ile Çin'de, sonra daha kabul görmüş bir biçimde İslâm dünyasında ve Batı Avrupa'da gerçekleştirilmiştir.

Bu devrim, zamanı ve gökbilimsel verileri tam olarak ölçme zorunluluğundan ve yapay otomatı bundan böyle dünya üzerine bilgi vermeye yönelik bir aygıt haline getiren kökten bir kavram değişikliğinden doğmuştur.

Çinlilerin Eskiçağdan beri bu alanda bıraktıkları sayısız yapıt arasında 1090'a doğru mekanikçi Su Song'un yazdığı ve içinde başka mekanik âletlerin yanı sıra gökbilim saatlerini ve İskenderiyeli Heron'unkine benzeyen birçok otomatı ve aygıtı betimlediği *Xinyi xiangfa yao*'yu belirtelim. Bu otomatlar arasında şarkı söyleyen kuşlar, bir kum motoruyla hareket ettirilen dekorlar, sunak üzerinde bir ateş yakıldığı zaman bir tapınağın kapılarının otomatik olarak açılmasını sağlayan aygıtlar... vardır. Ayrıca bir de hareketli kürelerin otomatik olarak hareket ettirildiği ve birtakım şekillerin düzenli olarak günün saatleri üzerine vurduğu saat biçiminde koca bir kule vardır. Bu aygıt da tümüyle hidrolik bir düzenek sayesinde otomatik olarak işler (bkz. H. Davies; J. Needham).

İslâm'da gökbilim saatleri yapım tekniği özellikle namaz saatlerini, dinsel tören tarihlerini, Ay'ın dönemlerini, gezegenlerin konumlarını ve gün-tün eşitliğini tam olarak belirleme gereksinimini karşılamak için geliştirilmiştir.

Anlatıldığına göre, Charlemagne, 807'de, Aix-la-Chapelle'de halife Harunurreşit'in sayısız hediye getiren elçilerinden pirinçten yapılmış

mekanik bir saat de almış. Suyun akışıyla işleyen bu saatte her saat başında oniki küçük tunç küre alttaki bir tasa düşerek tınlama yaratıyor, oniki kapıdan oniki atlı çıkarken öteki oniki kapıyı kapatıyormuş. Bu saatin varır varmaz kurulup işler duruma getirilmesi için, halifenin elçileri arasında teknik bilgileri olan birinin bulunması gerekiyormuş (bkz. Woepcke).

Yine, saatçi Al Horasânî'nin (XII. yüzyılın sonunda büyük Şam Camisinin Cümle Kapısına yaptığı saatle ünlü) başarısından da söz edelim: Bu saat, özel olarak uyarlanmış düzenekler sayesinde, yalnız günün saatlerini değil, (bu bir yeniliktir) gecenin saatlerini de gösteren bir su saatiydi.

Sözünü ettiğimiz devrim özellikle başka tip bir otomatta gerçekleşmiştir ve bu da tamamen İranlı mekanikçi Al Cazzari'nin katkıları sayesinde olmuştur. Al Cazzari'nin yukarıda andığımız yapıtı, öyle görünüyor ki, o güne dek bilinmeyen aygıtlardan söz ediyordu. Bu yapıt aslında bir çeşit delgi kolunun dairesel hareketini dağıtım organlarının alternatif bir hareketine dönüştüren ve özellikle dişli ağaç kullanarak yönetilen gerçek otomatların betimini yapar. Bu otomatlar, teknik düzeyde, Yunan-Roma geleneğinden gelen otomatik hareketli basit aygıtların kavramıyla gerçek bir kopukluğa işaret eder.

Bir kumanda düzeneğiyle önceden belirlenmiş bir sürece uygun biçimde otomatik olarak –dolayısıyla insanın hiçbir müdahalesi olmadan– zincirleme işlemler yapabilen âletler olan Al Cazzari'nin otomatları Avrupa'da Ortaçağ sonunun otomatik saat çalgıları ile çan vurgularının atalarıydı ve uzaktan da olsa, bir ölçüde XVIII. yüzyılda Batı Avrupa'da ortaya çıkacak olan çok gelişmiş otomatların ilk biçimlerini oluşturuyordu.

Avrupa'da bilinen ilk *otomatik saat çalgısı* 1321'de yapılmış olan Rouen'deki Sainte-Catherine manastırındakidir. Avrupa'da bilinen ilk çan vurgularına (bir kuleye yerleştirilmiş, bir çan, bir örs ya da başka bir nesne üzerinde saatleri vurmak için bir kumanda organıyla yönetilen heykelcikler) gelince, onlar da 1332'de Courtrai'de yapılmıştır. Bourgogne Dükü Philippe le Hardi onları 1383'te Dijon'a götürmüştür ve bugün hâlâ oradaki Notre-Dame Kilisesindedirler.

Ayrıca 1340'a doğru Cluny manastırında yapılan ünlü gökbilim saatini de belirtelim. P. Lorain bu saati şöyle betimliyor bize: "Bu koca makinede yılı, ayı, haftayı, saati ve dakikaları gösteren bir takvim görülüyordu; bayramları, her günün ayinlerini, Güneşin hareketlerini *(sic)*, yıldız-

ların kavuşmalarını, Ay'ın dönemlerini, Diriliş yortusunu, Ölüm Gününü, Aziz Hugues yortusunu, Aziz Odilon yortusunu, Adak Bayramını, Çile gününü, Kutsal Bâkire gününü gösteren dinsel bir takvimdi bu. Her saat başında bir horoz kanat çırparak iki kez ötüyordu. Aynı sırada bir melek bir kapıyı açıp Kutsal Bâkireyi selâmlıyor, Kutsal Ruh güvercin biçiminde aşağı iniyor, Baba onları kutsuyor, tüm heykelcikler uyumlu çan sesleri içinde, gözlerini ve dillerini oynatan hayvanların garip hareketleriyle saatin içine geri dönüyordu" (bkz. P. Devaux).

İlk Sayısal Hesap Makineleri

Bununla birlikte otomatik hesap kavramlarının tam anlamıyla yapay sayısal hesap alanına uygulanması için birkaç yüzyıl beklemek gerekmiştir.

Gerçekten bir kumanda düzeneğiyle önceden belirlenmiş bir sürece göre otomatik olarak zincirleme işlemler yapabilen ilk sayısal hesap makineleri, *kalan makineleri* olmuştur. Bu makinelerin böyle adlandırılmalarının nedeni, "sonlu kalanlar" denen ve belli bir başlangıç değerinden yola çıkarak *n.* dereceden bir çokterimlinin değerlerinin hesabı yerine, *n* sayıda art arda toplamalar dizisi koymayı sağlayan matematiksel yönteme dayanmasıdır.

XIX. yüzyılın başından itibaren görülen bu hesap makineleri, gökbilimciler ile denizcilerin güvenilir sayısal çizelgeler hazırlama gereksinimini gidermek için tasarlanmıştır. Sayıları kaydedebilen *n* sayıda kütük ile bu tip zincirleme toplamaları yapabilen bir düzenek içeren bu makineler, fizik kapasitelerinin sınırları içinde, *n*'den küçük ya da *n*'ye eşit dereceli çokterimli anlatımların ardışık değerlerini otomatik olarak verebiliyordu.

Bu makinelerin fikri, görünüşe bakılırsa ilk kez 1786'da Alman askerî mühendisi H. Müller'in kafasından çıktı.

İyi dile getirilmiş toplumsal bir istemi karşılamadığı için bu icat bir süre yalnızca bir düşünce inceliği olarak kaldı, sonra da unutulup gitti.

İlk Kalan Makineleri

Ancak otuz yıldan daha kısa bir süre sonra, fikir onu gerçekleştirmeye kendini verecek olan büyük bir mucitin kafasında yeniden canlandı.

Mekanik hesap makinelerinin en basitlerinin bile az görüldüğü bir çağda, İngiliz matematikçi Charles Babbage (1791-1871) 1822'de bu fikrin gerçekleştirilebilir olduğunu, sonraki onbir yılı bu tip bir makinenin yapımına ayırmadan bile önce kanıtladı. Merrifield'in Britanya Bilimleri Geliştirme Kurumuna yazdığı rapordaki ifadelerle söylersek, "Babbage kendini bir mekanik harikasının çalışmalarına vermişti", bu makinenin inceliği ve verimliliği zaten herkesi şaşırtmıştı.

Ancak, Britanya hükümetinin mali desteğine ve mucitin kişisel servetine ayırdığı hatırı sayılır miktara karşın bu tasarı hiçbir zaman tam anlamıyla gerçekleştirilemedi.

Bu başarısızlığın iki nedeni vardır:

– İlkin, Babbage mükemmelciliğini aşırılığa götürmüş, ihtiraslarını sınırlayamamıştır;

– ikincileyin, kendi *kalan Makinesinin* yapısal bakımdan sınırlı olduğunu erkenden fark ederek, ileride söz konusu edeceğimiz çok daha ihtiraslı bir tasarıya kendini adayıp ona ilgisini yitirmiştir.

Fikir gerçekte ilk kez, Babbage'ın çalışmalarından esinlenen İsveçli Georg ve Edward Scheutz'un, ülkelerinin mali desteğiyle güvenilir, yeterince iş gören, sonuçları basma aygıtı bulunan bir kalan makinesi yapmaları sayesinde, 1853'te tam olarak gerçekleşti. (Bu arada Scheutz kardeşlerin makinesinin tarihin ilk işlemsel baskı yapan hesap makinesi olduğunu belirtelim).

Bu başarının ardından, 1859'da yeni aygıtlarla donanmış bir makine yapan İsveçli Martin Wiberg'in makinesiyle başlayıp 1871'de Amerikalı George Grant'ın, 1895'te Fransız Léon Bollée'nin, 1905'te İrlandalı Percy Ludgate'in, 1910'da Alman Christel Hamann'ın makineleriyle devam eden birçok başarı gelmiştir.

Babbage'ın İlk Düşüncesi: Tıkalı Bir Yol

Ne ki bu kategorideki makinelerin hiçbir zaman klasik mekanik hesap makinelerininkiyle karşılaştırılabilecek bir yazgısı olmamıştır.

Zaten bu makinelerin önemi, 1920'lerin başından itibaren, yerlerine gerek çok yazmaçlı sayım makinelerinin gerek delikli kartlı mekanografik makinelerin kullanılabildiği anlaşılınca azalmıştır.

Kalan makinelerindeki gerilemenin bir nedeni de gerçekte onların temel kusurlarında bulunmaktadır. Gökbilim saatleri, ilk otomatik saat çalgıları gibi bunların kumanda organları ve işleme düzenekleri

karmaşıktı. Başka deyişle, o zaman iç düzeneklerle birleşik olan işlem yönlendirme aygıtları makinenin maddî yapısından bağımsız değildi. Daha da kötüsü, esneklikten yoksun olan bu hesap makineleri tek tip bir hesap (tam olarak sonlu kalanlar yöntemine dayalı hesaplar) yapabiliyordu; üstelik her yeni sıra kumanda düzeneklerinin yeniden ayarlanmasını gerektiriyordu.

Özetle, kalan makineleri sabit kumandalı ve değişmez sıralı sayısal otomatlardı. Katılıklarını ve yolun tıkanmasını açıklayan da budur.

Değişebilir Bir Kumanda Düzeneğiyle Yöneltilen İlk Sıralı Otomatlar

Ancak yine de, bu soruna ilk çözümler Avrupa'da XVI. yüzyılın sonundan itibaren, hareketli ve değişebilir pikolu kasnaklarla kumanda edilen ilk otomatik saat çalgılarının ortaya çıkmasıyla getirilmişti bile. Örneğin 1487'de Belçika'daki Alost'ta Barthélemy de Koecke'nin yaptığı ya da 1666'da Hollanda'daki Utrecht'te yapılan *Speltrommel Carillon* böyleydi.

Dolayısıyla bu aşama değişebilir bir kumanda organıyla yönetilen ilk sıralı otomatların ortaya çıktığı aşamaydı.

İlk Programlanabilir Sıralı Otomatlar

Bununla birlikte bu çözümler daha fazla ilerleme sağlamakta çok yetersiz kaldı. Çünkü yapılacak her yeni sıra (işlem sırası) yeni bir kumanda düzeninin kurulmasını gerektiriyordu.

Ancak Avrupa'da saat mekaniği ile yüksek kesinlik teknikleri alanındaki büyük gelişmeyle birlikte, XVIII. yüzyılda Fransız Jacques de Vaucanson, Avusturyalı Friedrich von Knaus ve birçok başkaları insan ya da hayvan görünümlü ünlü otomatlarını yaptıkları zaman, çok daha gelişmiş çözümler bulundu. Bu otomatların her birinde belirli bir temel işlem sırasının yapılması için gerekli yönergeleri yöneten, dolayısıyla modern *program* kavramının ilk biçimini oluşturan bir aygıt bulunuyordu.

Vaucanson'un *Sindiren Ördek*'i, *Kavalcı*'sı ve *Davulcu*'su bunlara örnektir.

"Avrupa mucize karşısında bir çığlık attı, yüz yılı aşkın bir süre sonra bu şaşkınlık çığlığını hâlâ yineliyor" denecektir XIX. yüzyılda, bu dâhi mucit hakkında.

Von Knaus'un *Düdükçü*'sü ile *Konuşan makineleri* de başka örneklerdir. Ancak satranç oynayan sahte bir otomat yapan Von Kempelen'in hilelerini ve otomatlar konusunda daha da uzman bir hileci olan Robert Houdin'in çevirdiği dolapları da unutmayalım.

Vaucanson'un Otomatları

Sindiren Ördek (1738'de yapıldı, 1879'da bir yangında yok oldu) konusunda birçok tanık, Vaucanson'un kendisinin gerçeğe çok yakın bir ördek yapmak istediğini anlatmakta olduğunu doğruluyor:

"Eldeki yemi almak için boynunu uzatıyor, yutuyor, sindiriyor, hazmedilmiş olarak bilinen yollardan dışarı atıyor; yemi telaşla yutan ve midesine indirmek için boğazının hareketini hızlandıran ördeğin tüm jestleri gerçeğinin aynı" (bkz. A. Doyon ve L. Liaigre).

Yine de şunu belirtelim ki, Vaucanson fiziksel hareketleri taklit etmeyi başardıysa da sindirimin taklidinde birtakım hileler vardı.

Ancak bu, Vaucanson'un otomatlarının yeni kavramları uygulamaya sokan çok ilginç yaratılar olduğu gerçeğini değiştirmez. J. Perriault şöyle diyor:

"Bunun boş bir eğlence olduğu düşünülse de, araştırma politikalarında kesinlikle öncü olan Vaucanson ile koruyucusu XV. Louis'nin büyük bir tasarıları vardı: Kan ve lenf dolaşımıyla, solunumuyla tam bir insan yapmak. Elbette bu girişim başarısızlığa uğrayacaktır ama büyük modelin damarlarını oluşturan boru biçiminde kauçuk kullanımını o icat etmiştir. Bilgisayar biliminden henüz çok uzak isek de, bu başarıların bu konu üzerinde düşünceyi beslediğini söyleyebiliriz.

"Vaucanson'un yarattığı hayvanların olağanüstü bir gerçekliği vardır. Bu işte öyle ustadır ki, Marmontel ondan, oyunlarından biri için, trajik anda kahramanın göğsünü ısıran bir engerek yılanı yapmasını istemiş. Bütün Paris oyunu değil yılanı görmeğe gelmiş...!

"Bu gerçeğe yakınlık yazınsal betimlemeye çok elverişlidir, ama –bu bize çok önemli görünüyor– bir mekanik kurmaya hiçbir zaman izin vermeyecektir. Vaucanson yazınsal betimlemenin yerini tutan ve makineler yapımına izin veren çözümleyici bir betimleme tarzı yaratır, ya da daha iyisi, geliştirir.

"Öte yandan bu öyküde karanlık kalan bir nokta vardır. Vaucanson soylu bir aileden geliyordu ve makinelerini kendisi yapmıyordu. Bu işi

yapan bir atelyesi vardı. Makinelerini yapanlarla nasıl iletişim kurduğu konusunda çok az iz var elimizde...

"Çözümlenen bir olgunun yazınsal bir anlatımının yerine bir otomatla yapılan ince bir betimlemeyi koymak, bilgisayar biliminde temel bir noktadır. Bu demektir ki Vaucanson, Eukleides ve birçok başkaları gibi, çok belirli bir sonuca ulaşan işleyiş kuralları koymayı ve düzenlemeyi bilmiş...

"Üstelik çağının tekniğiyle yapım malzemelerini bulmuş. Aygıt burada, örneğin boncuk-sayacın yaptığının tersine, bütünüyle yöntemin yerine geçer. Başından sonuna dek herşey otomatik olarak yapılır. Bu demektir ki çeşitli işlem organlarını yönetecek olan bir kumanda organı vardır. XVIII. yüzyılda işlem organları devim kolları, dişliler ve pistonlardır. Tıpkı a + b aritmetik işleminin bir dizi sayım ve aktarım halinde yeniden yazılması gibi, ördeğin badi badi yürüyüşünün çözümlenmesi de bu farklı aygıtların bir düzenlenmesidir. Kumanda organı, başlatılacak işlevlere karşılık gelen çıkıntılarla kaplı bir kasnaktı.

"Çok eski olduğunu gördüğümüz kavramları bugünün terimleriyle yeniden ele alarak bir ilk bilanço yapabiliriz.

"[XVIII. yüzyılın katkıları konusunda]... karmaşık sorunların çözümlemesini yapmak ve istenen amaca ulaşmak için temel aşamaları belirleyip kuralları koymak: Gerçekliği taklit etmek. [Bugünkü terimlerle] mekanikleştirmeye çalışılan *algoritmalar* yaratma kapasitesi var. Bu amaçla her işlem organı başlatma komutları taşıyan bir kasnağa bağlanıyor. Kasnaktaki çıkıntılar algoritma kurallarının *kodlamalarıdır*. Bugün bunlara *yönergeler* deniyor. Onları biraraya getiren kasnak ise haksız olarak yeni sanılan bir âlettir: *Program*" (J. Perriault).

Elbette bu, kavramların o çağdan beri hiç evrim geçirmediği anlamına gelmez. Tam tersine, söz konusu kavramlar uygulamaya sokuldukları aygıtların doğasından bağımsız bir yapı taşıyordu. Yeni teknolojilere ve çok daha ileri kuramlara uygun olarak başka aygıtlara aktarıldığında bugün çok iyi bildiğimiz öğeleri doğuracak olan bir düzenlenişleri vardı.

Jaquet-Droz'un Otomatları

İnsan biçimli otomatlar alanında Aydınlanma çağında gerçekleştirilen başka bir ilerleme de 1770'e doğru İsviçreli Pierre ve Henri-Louis

Jacquet-Droz'un yaptığıdır. Bunlar, Fransız Pierre Kintzig'in, söylendiğine göre Kraliçe Marie-Antoinette'in bir kopyası olan ünlü *Davulcu Kadın*'ını yapmasından on yıl kadar önce *Yazar, Müzisyen, Ressam...* otomatlarını yapmışlardı.

Bu olgu R. Carrea, D. Loiseau ve O. Roux'nun Jacqut-Droz'un *Yazar*'ı konusunda yaptığı betimleme sayesinde daha anlaşılır olmuştur:

"Küçük bir kişi, çok çok üç yaşında bir yavrucak XV. Louis üslûbunda bir sandalyeye oturmuş. Sağ elinde bir kaz tüyü tutuyor, sol eliyle de bir mahun masaya dayanıyor. Gözleri çizilmiş harfleri izliyor, yüzü dikkatli; hareketleri sarsıntılı ise de doğal.

"Hareket ettiren düzenek son derece karmaşık –hattâ bu üç otomatın en karmaşığı. Pierre Jacquet-Droz'un onu yapmak için çok zor sorunları çözmesi gerekmiş; özellikle de bu düzeneği çocuğun bedeni içine tam olarak yerleştirmekte, dirsek ile kolun aracılığıyla bileğin hareketlerine kumanda etmekte güçlük çekmiş olmalı.

"Üzerinde iki dişli görünüyor. Ustalıklı bir sistem bunları sırasıyla, hiç durmadan, herşeyi hareketsiz hale getiren son noktaya dek hareket ettiriyor.

"Bedenin üst kısmına yerleştirilmiş olan ilk düzenek üç dişliden oluşan dikey bir eksen üzerinde uzun bir silindiri döndürüyor; dişlilerin her biri bileği üç ana yönde hareket ettiren kolu işletmeye yarıyor.

"Tüy ise yalnız bir düzlem üzerinde değil aşağıya ve yukarıya doğru da hareket ediyor. Böylece ince ve kalın kısımlarıyla harfleri çiziyor. Dişlinin her turunda bir harf çizilmiş oluyor. O anda ikinci düzenek işlemeye başlıyor ve silindire yukarıya ya da aşağıya doğru bir hareket veriyor. Hareketin uzunluğunu alt kısma yerleştirilmiş bir diskin çevresine konan biribiriyle değişebilir çelik uçlar belirliyor. Bunlardan 40 tane var ve her biri 9 derecelik açılı bir yer kaplıyor. Her uç, dişli silindire, bir harfe ya da belli bir manevraya (satır değişikliği, mürekkep alma...) karşılık gelen bir konum kazandırıyor.

"Böylece düzenek otomatın en fazla kırk harf ya da im içeren herhangi bir metni yazması için hazırlanabiliyor.

"Düzeneğin ilgiye değer birçok parçası var. Bunlardan otomatın kafası ile gözlerini işleten parçayı belirtelim. Başka bir aygıt da *i*'nin noktasını alıp son nokta yapıyor ve düzeneği kilitliyor..."

Özetle, bu otomatlar yapıları bakımından birtakım yönerge dizilerinin bir işlemler sırasının herhangi bir noktasından itibaren kullanılabilmesi için tasarlanmış ilk değişebilir kumandalı sıralı otomatlar ol-

muştur: Bunlar bugün modern *alt-program* kavramının gerçek bir ilk biçimi olarak görülebilir.

İlk Esnek ve Değişebilir Programlı Sıralı Otomatlar

Ancak ne denli gelişmiş olursa olsun, bu otomatların günümüzün bilgisayarlarıyla çok az ortak kavramı vardı. Kumanda organları bu aygıtların bütünleşik parçasıydı, dolayısıyla dizgenin maddî yapısından bağımsız değildi. Üstelik her sıra değişikliği ilgili düzeneklerin önceden hassas bir şekilde ayarlanmasını gerektiriyordu.

Bilgisayarların teknik kavram çerçevesine doğru ilerlemek için yapay otomatlar evreninde kökten bir biçimde yön değiştirmek gerekiyordu.

Atılması gereken ilk adım, iç düzeneklerin maddî yapısından bağımsız, esnek bir malzeme üzerine yazılmış bir dizi yönergeyle yönetilen değişebilir bir kumanda aygıtının çalıştırdığı bir makine tasarlamaktı.

Dolayısıyla, insan ile makine arasında önceden belirlenmiş bir iletişim aracını kullanarak komutların çok kesin bir kurallar kümesine karşılık geldiği bir makine yaratmak gerekiyordu.

Bu soruna ilk çözüm XVIII. yüzyıl ile XIX. yüzyıl başında Fransız dokuma ustalarınca bulundu.

Bu iş 1725'te, Lyonlu dokumacı Basile Bouchon'un delikli bir kâğıt şerit aracılığıyla yönergelerini alan bir dokuma tezgâhı icat etmesiyle başladı. Bu, Vaucanson'un *Ördek*'inin çıkıntılarla kaplı kasnağına benzeyen ama çıkıntıların yerine başlatılacak işlevlerin kendilerine karşılık gelen deliklerin konduğu bir kumanda aygıtıydı.

Öte yandan, benzer bir biçim herkesçe bilinmektedir, çünkü Barbarie'nin orglarında üzerinde çeşitli delikler bulunan ve açılan bir kâğıt şerit biçiminde yer almaktadır. Vaucanson ile Bouchonun çağdaşı olan bu dizge 1727'ye doğru icat edilecektir.

1728'de dokuma tezgâhı dizgesi Bouchon'un asistanı Falcon tarafından geliştirilmiştir. Falcon kırılgan kâğıt şeridin yerine sonsuz bir çeşit zincir gibi biribirine bağlanmış delikli kartonları koymuştur (bkz. Eymerd; D. de Prat).

Bu aşama kesin olarak insan ile makine arasında iletişim araçları çağını açacaktır.

Bununla birlikte Falcon'un dizgesi otomatik değildi. İşlem akışı sırasında sürekli bir işçinin gözetimini gerektiriyordu.

Sonraki ilerlemeyi 1749'da tamamen otomatik bir biçimde işleyen ilk dokuma tezgâhını yapan Vaucanson gerçekleştirdi. Ancak o, öncekinin delikli kartlarının yerine hidrolik bir dizgeyle hareket ettirilen delikli bir maden silindir koydu. Böylece Vaucanson kendi dokuma tezgâhını programlanabilir ama çevrimsel bir otomat haline getirdi: Deliklerle yazılmış yönergelerin düzenli olarak yinelendiği bir otomat.

Jacquard'ın Dokuma Tezgâhı

Dokuma tezgâhları tekniği en önemli gelişmeleri, Joseph-Marie Jacquard'ın çabaları sayesinde, ancak XIX. yüzyılın başında görmüştür. Ondan sonra da işlevli ve ticarî bir ürün haline gelecektir. Falcon'un delikli kart aracılığıyla programlama dizgesini Vaucanson'un ortaya koyduğu otomatik işletme ilkesiyle birleştirmekle, aslında üzerinde bir dizi delikli kart bulunan hareketli kasnak kullanımını kancaları hareket ettiren devimli bir çubuk fikriyle biraraya getirmişti. 1804'te bir delikli kart dizgesiyle kumanda edilen ilk tam otomatik dokuma tezgâhı işte böyle yapıldı. Bu dizge çok yakında dünyada hatırı sayılır bir başarı elde edecekti (bkz. Eymard; D. de Prat).

Modern Programlama Tekniklerine Doğru İlk Aşama

Bouchon'dan Jacquard'a dek olup bitenler esnek ve değişebilir programlı makinelerin doğuşuna ve tarihin çevrimsel olmayan ilk programlanabilir (sözcüğün tam anlamıyla) sıralı otomatlarının ortaya çıkışına damgasını vurmuştur.

Belli bir dokumanın motifleri için gerekli işlemlerin akışına kumanda etmek için sert bir kartonun çok belirli yerlerine açılmış deliklerle kodlanan bir dile dayalı esnek bir programlama ve işlem yapma tarzı tasarlanmıştı. Bu delikli kartlar sonsuz bir zincir halinde biribirini izliyordu. Simgesel mantık ile çağdaş matematiğin gelişmesi ve gerekli teknolojinin ilerlemesi sayesinde kısa sürece yaygınlaşacak olan büyük bir keşifti bu.

İstatistiksel Bilgiyi Yapay Olarak İşleme Gereğinin Ortaya Çıkışı

Doğrusu bilgi işlem tarihinde özel olarak bu iş için tasarlanmış bir makinede delikli kartlar dizgesinin ilk pratik kullanımlarından biri geçen yüzyılın sonunda Birleşik Devletlerde gerçekleştirilmiştir.

R. Ligonnière delikli kartı tam olarak temel öğe haline getirmeye yönelik bu büyük icadın hazırlık koşullarını yerine çok iyi yerleştirir. Bu icat o çağda istatistik ve saymanlık alanlarında devrim yapmış, sanayi ve teknik alanında sonradan bilgisayar tekniği ile sanayisinin ortaya çıkmasına neden olacak önemli ilerlemelere yol açmış bir icattır:

"Bu genç ulus [Federe Devletler Birliği] henüz yüz yaşında değil: Bağımsızlık savaşı Haziran 1775'ten Ekim 1782'ye dek sürdü ve yeni Devletlerin egemenliğini kabul eden anlaşma ancak 1783'te, Versailles'da imzalandı.

"Bu federasyon nasıl örgütlenmişti? 25 Mayıs 17 Eylül 1787 arasında Büyük Philadelphia Meclisi sırasında, Amerika Eyaletlerinin temsilcileri bir Anayasa yapmaya giriştiler. New Jersey'den William Patterson'un 15 Haziran'da sunduğu ilk tasarı reddedildi. Küçük Eyaletlerin temsilcileri iki ulusal meclisin hiç değilse birinde (Senato) her Eyaletin bir oyu olması ilkesini kabul ettirdiler. 16 Temmuz'da Devletlerin alt meclisteki temsilinin, Güney Eyaletlerince istenen iki ek nokta dışında, nüfusla orantılı olmasında uzlaşıldı. Bu iki nokta şuydu:

"1- Devletin koltuk sayısının belirlenmesinde (seçmen olmayan) beş köle üç (seçmen) özgür kişiye eşit sayılacaktı.

"2- Bütün Federasyon Devletlerinde on yılda bir nüfus sayımı yapılacaktı.

"Bu, gerçek anlamda Anayasanın yapılmasını başlatan "Büyük Uzlaşma" oldu. Bu kararların ikincisine bağlı gereklilikler doksan beş yıl sonra *mekanografiyi* doğuracaktır.

"Beyaz nüfuslu sanayileşmiş Kuzey Eyaletlerinin ortadan kaldırılmasını istediği kölelik sorunu acımasız Ayrılık Savaşına (1861-1865), çok büyük insan kaybına (617 000 ölü, milyonlarca sakat), ruhsal yaralanmalara ve iktisadî kayıplara yol açtı. 1875'ten itibaren Kuzey-Güney gerilimi azalmaya başladı ve Amerikan halkı, yarasını dağlayarak kendini öncelikle ülkeyi geliştirmeye adadı.

"Birleşik Devletler çok büyük doğal kaynakları, girişimci nüfusu ve dikkate değer yenilikçi yapısı sayesinde büyük bir sanayi gücü olmak-

taydı. Yenilikçi yapı US Patent Bürosunun verdiği patentlerin sayısından da açıkça anlaşılmaktadır. Bu sayı iç savaştan önce yılda bindir; sonra 1870'li yıllarda ortalama oniki bindir, 1890'larda ise yılda yirmi bini aşacaktır.

"1790 ile 1880 arasında Birleşik Devletler tarihinde egemen olan toplumsal olgu toplu göç ile yüksek doğum oranının birleşimiydi. Bu iki etken on yıllık sayımların sonuçlarını çok önemli hale getiriyordu.

"2 Ağustos 1790 tarihindeki ilk sayım Federasyon toprakları üzerinde 3 893 637 kişinin yaşadığını gösterdi. 1800'den itibaren bu nüfusun bileşimi altı başlık halinde çözümlendi (erkek, onaltı yaşından küçük beyaz; erkek, onaltı yaşından büyük beyaz; kadın, beyaz ırk; özgür kişi, siyah ırk; köle; meslek).

"Sayım görevlilerinin sorduğu sorular gittikçe çoğaldı, çünkü bu anayasal sayımlara bağlı bilgilerin yasama kararlarının verilmesinde kılavuzluk edebileceği çabucak anlaşılmıştı. Toplam rakam sayımdan sayıma %34,6'lık bir oranla artıyordu. 1860'ta nüfus 31 440 000'e ulaşmıştı.

"Sorulan sorular o denli çoğalmıştı ki, tasnifin olanaksız hale gelmemesi için, Kongre 1850 yılında izin verilen temel soruların sayısını yüzle sınırlayan bir yasayı oylamak zorunda kalmıştı.

"Yine de sayım gittikçe zorlaşıyor, gittikçe daha pahalıya mal oluyordu. Tuhaftır, bu büyük işi yapmakla sürekli olarak yükümlü bir organ yoktu. Düzenli olarak bir "Sayım Bürosu" kuruluyor, bunlar gittikçe daha uzun süreler çalışıyordu. Bu etkinlik dönemlerinin her birinde bu "Büro" genellikle sayımı düzenleyip yapmak için kurumlarınca görevlendirilen memurlardan, askerlerden ve üniversitelilerden oluşan uzmanlarla çalışıyordu.

"1870'te (nüfus 40 milyon) eski yöntemleri iyileştirmeye yönelik ürkek bir girişimde bulunuldu. Albay Charles W. Seaton sayım görevlilerinin yazdığı kâğıtlar ile merkezdeki özet çizelgeler arasında elle yazımı kolaylaştırmak için, sert bir çerçeveden ve rulolardan kıvrılarak geçen bir kâğıt şeritten oluşan bir aygıt önerdi. Ne büyük bir ilerleme!

"1880 sayımı bir kâbustu: Birleşik Devletlerin nüfusu 50 262 000'e ulaşmıştı; toplanan bilgileri tasnif edip kullanmak için yedi yıl gerekiyordu.

"1890'da tam bir tıkanma oldu. İktisadî ve hukukî karar organları kendilerine gereken bilgileri zamanında elde edemiyor, anayasa kural-

larına artık uyulamıyordu. Kökten bir devrim kaçınılmaz hale gelmişti" (R. Ligonnière [1]).

İlk Delikli Kartlı İstatistik Makinesi

Bu öykü 1889 yılında, gittikçe daha çok kişi hakkındaki istatistiksel bilgiler kümesini kabul edilebilir bir zaman içinde çözümleme sorunuyla karşılaşan Amerikan Sayım Bürosunun, 1890 yılında yapılacak yeni sayım için kesin, güvenilir ve hızlı bir istatistiksel sistem geliştirebilecek bir mucit bulmak amacıyla yarışma düzenlemesiyle başladı.

Ödülü kazanan genç mühendis Hermann Hollerith (1869-1929), 1884'te sert karton üzerindeki delikler sayesinde elektrikli olarak birimleri sayabilen bir istatistik makinesi icat etmişti. Bu makinede bir delikten elektrik akımı geçiyor ve toplayıcının ibresini bir derece ilerletiyordu.

Bu makinenin pratik kullanımını E. Cheysson'un *La Science moderne*'in 8 Temmuz 1893 tarihli sayısında yaptığı (R. Moreau'nun [4] aktardığı) şu betimleme anlatmaktadır:

"Sorun 12 x 6 santimetrelik dikdörtgen bir fiş (Joseph-Marie Jacquard'dan alınan kart) üstünde olanaklı bütün kayıtları alacak 210 gözü biraraya getirmekten ibaretti. Bu kayıtların her biri kendi yerini tutan çok kısa bir klasik imle temsil edilir.

"Bu, bir adın yerine bir harfin konduğu gerçek bir cebirsel ya da kimyasal gösterimdir: *m* erkek demektir; *w* kadın; *rk* Romen-Katolik; *yk* Yunanlı-Katolik; *dt* Alman; *sk* Sırp-Hırvat; *i* işçi *om* okur-yazar değil; *gs* boşanmış;...

"Fişler üzerinde bir çeşit pantograf yardımıyla her biri sayılan bireyle ilgili verilere karşılık gelen delikler açılır. Öyle ki her fişteki delikler ilgili olduğu bireyi tam olarak tanımlar. Sayılan kişinin tüm yanıtları makinenin anladığı kesin bir dille yazılmış olduğundan şimdi bu kart makineye sokulabilir.

"Aynı veriyi taşıyan tüm kartlar seçilmek istenirse, örneğin özel bir çözümleme yapmak için tüm okur-yazar olmayanlar *(om)* istenirse bu iş artık elle yapılmayacaktır. Burada da elektrik işlemi kolaylaştıracaktır...

"Sayım makinesinin yanında derin bir evrak dolabı bulunur. Bu dolabın gözleri hafif birer kapakla kapanmıştır. Bu kapağın okur-yazar olmayanlara *(om)* karşılık gelen tüple elektrik bağlantısı vardır ve *sa-*

yım makinesinin ibresi delikli bir karttan geçerek bu tüpe girince otomatik olarak kalkar. O zaman görevli bütün gözler kapalıyken bir tanesinin tamamen açık olduğunu görür ve otomatik olarak seçilen kartı oraya yerleştirir...

"Makinenin ve kartın rolünü gördüğümüze göre şimdi işlemin bütününü kolayca tasarımlayabiliriz. Doğrudan doğruya merkez büroya gelen bütün aile kâğıtları, onları klasik imlere çevirerek tamamlayan özel görevlilere teslim edilir. Bu çalışmanın denetiminden sonra kartları delen görevlilere geçirilir. Delinmiş kartlar makineye verilir. Her bir kart farklı işlemlerden geçer. Örneğin ilkin doğum yerine, mal sahibi olup olmadığına ve sakatlığı olup olmadığına göre sayım yapılabilir; sonra iki cinse ilişkin paketler ve onarlık yaş dilimlerine ilişkin paketler yapılabilir. Bu paketlerin her biri medeni hal, okur-yazarlık, işçi-işveren olma bakımından sayısal toplamları verecek olan sayaçlara sokulur. Ardından mesleklere göre çeşitli paketler halinde sınıflanabilir. Sonunda da daha önce yaşa, cinse ve mesleğe göre sınıflanmış bu paketlerin her biri medeni hale, işçi-işveren ya da köle olma durumuna göre sınıflanabilir.

"Sayım yöneticisinin bu farklı birleşimleri sonsuza dek serbestçe çeşitlendirebileceği görülüyor. Kartları istediği açıdan sorgulamak ve yanıtları istediği gibi öbeklemek onun bileceği iş...

"Bu sistem ayrıca yayımlanabilecek olandan çok daha fazla bilgi vermektedir. Bu bilgilerin hepsi kullanıcılara sunulacak olsa, tek bir sayımın sonuçları koca bir kitaplığı doldururdu. Bundan ötürü bunların büyük bir kısmı el yazması belgeler halinde saklanır, yalnız toplam ya da özet rakamları yayımlamakla yetinilir...

"Son olarak böyle bir düzenleme ancak tasnif işinin merkezîleştirilmesiyle olanaklıdır."

Örneğin Hollerith'in makinesi önceden belirlenmiş bir koda uygun olarak kartlar üzerine bireysel verileri delerek kaydeden pantograf türü bir delgiden oluşuyordu. Ayrıca civa içeren bir haznesi bulunan bir plâka ile kaç olanaklı delik konumu varsa o kadar iğnesi bulunan hareketli bir kafadan oluşmuş bir okuma aygıtı, bir *çizelge aygıtı* içeriyordu (iğneler ancak deliklerden geçerek civaya değebiliyordu). Elektro-mıknatıslarla kumanda edilen kadranlı bir sayaç çalgısı ile yine elektro-mıknatıslarla kumanda edilen kapakların kapadığı 26 tasnif gözü vardı. Kartlar okuma kafasına elle yerleştiriliyordu. Kafa aşağıya inince iğneler akımı kesiyor ve karşılık geldikleri sayaçları bir birim ileri itiyorlardı (bkz. J. Favier ve R. Thomelin).

Hollerith'in makinesinin *çizelgeleyici* adıyla bilinen mekanografik makinelerin gerçek atası olduğu söylenebilir. Böyle adlandırılmalarının nedeni "sonuçları çizelgeler biçiminde vermesidir". *Sorting box* ("ayıklama kutusu") ise mekanografik ayıklayıcıların atasıydı. Son olarak, "yakın zamana dek bilgisayarlara verileri girmeye yarayan mekanografik kartlara, biçimleri başlangıçtaki kartların biçiminden farklı olmasına karşın, Hollerith'in kullandığı kartların anısına, kimi zaman *Hollerith kartları* dendiğini" belirtelim (R. Moreau [4]).

İstatistik ve Sayım Mekanografisinin Doğuşu ve Gelişmesi

Hollerith'in makinesi, çok basit de olsa, o çağın biribiriyle rekabet eden tüm sistemleriyle yapılan işi yarı yarıya kısaltıyordu. Bundan ötürü büyük başarı kazandı, çünkü yalnız 1890 ve 1900 sayımlarında değil, 1891'den itibaren yapılan çeşitli iyileştirmelerin ardından New York'un demiryolu şirketi Central Railroad'un saymanlığında ve birçok başka sigorta şirketinde kullanıldı.

Ancak Hollerith 1896'da resmî görevinden ayrıldı ve Washington'da kendi şirketini kurdu: Tabulating Machine Company. Kısa zamanda hatırı sayılır bir başarı kazanan bu şirket Hollerith'in makinesinin tüm dünyada tanınmasına katkıda bulunacaktır.

Hollerith'in şirketi 1903'te ilk ayıklayıcıları ve gerçekten otomatik ilk çizelgeleyicileri pazara sürecektir.

Bu arada belirtelim ki, bu şirket 1911'de (o sırada otomatik tartı üretiminde uzmanlaşmış olan) Computing Scale Co. ve (duvar saati üretiminde uzmanlaşmış olan) International Time Recording Co. ile birleşecek, Hollerith'in kremayerli yazıcılarının üretimiyle 1914'ten itibaren bu alana yenilik getirecek olan Computing Tabulating Recorder Co. (CTR) ortaya çıkacaktır. Sonra eskiden NCR'de görevli olan Thomas Watson (1874-1956) 1913'te bu şirkete girecek, 1914'ten itibaren CTR'nin genel müdürü, 1924'te ise başkanı olacak ve tüm şirket grubuna, daha çok IBM kısaltmasıyla bilinen International Business Machine Corporation adını verecektir.

IBM'in mekanografik tarihinin en önemli teknik başarıları arasında şunları sayabiliriz:

1- Yazıcılı çizelgeleyici (1920).

2- 80 sütunlu IBM kartlarının ve dikdörtgen delgi dizgesinin gelecekteki standart biçimi (1928).

3- Doğrudan çıkarma çizelgeleyicisi (1928).
4- Özetleyici delgi ve veri sağlama makinesi (1930).
5- Fatura çizelgeleyicisi (1931).
6- Alfabetik çizelgeleyici ve çarpma makinesi (1932).
7- Çoğaltıcı (1933).
8- Karşılaştırıcı giriştirici (1937).
9- Tam elektronik hesap makinesi (1946) ...

Ancak, 1890'dan beri Hollerith'in donanımlarını kullanmış olan ABD Sayım Bürosu, 1905'ten itibaren, 1910 yılında yapılacak anayasal sayımda kullanmak üzere bir donanım kurmaya karar verdi ve mühendis olarak bundan böyle bu işi üstlenecek olan James Legrand Powers'ı (1870-1915) buldu.

Powers, Hollerith'in patentlerinin biçimini bozarak 1907'de elektrikli delgisi olan mekanik bir kart okuyucu yaptı. Bu makinede kartlar deliklerden geçebilen ve elektrik düğmelerine basabilen küçük iğnelerle okunuyordu. Bu dizge tamamen mekanikti ama Hollerith'in ilk dizgesinin elektrikli okumasından daha güvenilir, daha etkili olduğunu kanıtladı.

Powers bu icat için bir patent aldıktan sonra 1909'de yazıcı sayaçları olan yarı otomatik bir çizelgeleyici icat etti. Ancak o da kişisel bir serüvene girişti ve 1911'de giderek Amerika'da, sonra İngiltere ile Fransa'da fabrikalara yerleştirilen makineleri üreten ve kısa sürede Hollerith'in şirketiyle rekabete giren Accounting And Tabulating Machines Co.'yu kurdu. Onun getirdiği yenilikler arasında özellikle 1925'teki *alfasayısal baskı* dizgesinin icadından söz edeceğiz.

Powers patentleri, 1927'de, o yıl Powers'ın ATM'sinin (yazı makineleri üretiminde uzmanlaşmış olan) Remington Typwriter Co., (sınıflama sistemleri üretiminde uzmanlaşmış olan) Rand Kardex Library Bureau ve daha az önemli birkaç başka şirketle birleşmesinden oluşan, başında da James H. Rand'ın (1886-1968) bulunduğu Remington Rand Inc.'e devredildi.

Remington Rand Inc. 1950'de EMC'yi (Eckert Manchly Computer Corporation) satın aldı. EMC 1948 yılında Electronic Control Company (ECC) adıyla John P. Eckert ile John W. Mauchy –ENIAC adlı elektronik analitik hesaplayıcının mucitleri– tarafından kurulmuş, sonradan (eskiden iyi bilinen) UNIVAC Division adını almıştır.

1955'te Remington Rand Inc. de Sperry Gyroscope Co. ile birleşip Sperry-Rand grubu oldu; ardından adını değiştirerek Sperry Corporation yaptı.

Son olarak 1987'de aynı şirket bu kez Burroughs Corporation'la birleşti. Bu sonuncusu 1886'da Missouri'deki Saint-Louis'de, tuşlu ticarî yazıcısı olan ilk toplama makinesini icat eden William Sewaard Burroughs tarafından, American Arithmometer Co. adıyla kurulmuştu. Sonra 1905'te Detroit'e taşındı ve adını Burroughs Adding Machine Co. olarak değiştirdi. O ad da 1952'de Burroughs Corporation oldu.

Günümüzde Unisys adıyla bilinen şirket işte böyle doğdu.

Ancak Powers'ın tarihi bununla bitmedi. Patentleri Avrupa'da Samas-Powers şirketi haline gelen Samas'a verildi. Samas-Powers da 1959'da IBM patentlerini işleten İngiliz BTM şirketiyle birleşti. Buradan daha sonra İngiliz Ferranti firmasının EMI elektronik hesap bölümlerini yeniden satın alan International Computer and Tabulator Ltd. (ICT) çıktı. Bu da, birleşme yoluyla, bugün ICL (International Computer Limited) adıyla bilinen şirketi doğurdu.

XX. yüzyılın başından itibaren başka bir önemli aşama da mekanografik sanayi alanında geçildi. Norveçli mühendis Fredrick Rosing Bull (1882-1925), çalıştığı sigorta şirketinin gereksinimlerini karşılama arzusuyla, 1919'da yeni özellikleri olan özgün bir çizelgeleyici icat edip 1921'de yaptı. Bu, kart seçicili elektromekanik bir hesap makinesiydi ve sistem 1924'te patent alıp 1925'ten itibaren Norveç, Danimarka, Finlandiya ve İsviçre'de ticarî olarak piyasaya sürüldü.

F.R. Bull ölünce patentleri tedavi gördüğü Oslo Kanser Enstitüsüne kaldı. Sonra bunlar 1928'de İsviçre'nin (*Millionnaire* gibi doğrudan çarpma, *Madas* gibi doğrudan bölme makinelerinin üretimi ile ticaretinde uzmanlaşmış olan) Egli de Zurich şirketince satın alındı. Bu şirket hemen delikli kartlı mekanografik makinelerin üretimine girişti. 1931'de o zaman Egli-Bull adıyla bilinen şirket Zurich ile Bruxelles'deki temsilciliklerine ek olarak Paris'e de yerleşti.

Ardından, 1933'te, artık tamamen Fransız denetiminde olan şirket Companie des Machines Bull adını aldı ve bağımsız dönüşlü çizelgeleyici gibi yeni makinelere patent alarak (1934) seri üretime girişti. 1964'te Amerikan General Electric Co. ile birleşip 1970'te ayrıldı. Aynı yıl Honeywell'le biraraya geldi ve 1976 CII-Honeywell Bull adını aldı. Sonra da defalarca değişiklik geçirip Bull grubu haline geldi.

Bu şirketin mekanografi alanına getirdiği yenilikler arasında şunları sayabiliriz: 10 rakamlı 3 toplayıcısı olan çizelgeleyici (1931); K.A.

Knutsen'ın dakikada 120 satırlık baskı sağlayan yazıcı aygıtı; alfasayı**sal** baskı öbeği.

Mekanografi: Bilgisayarların Teknik-Ticarî Tarihindeki Öteki Aşama

Mekanografinin tarihinin bilgisayarların ticarî tarihinde ne denli önemli bir aşama olduğu artık görülüyor. Çünkü mekanografinin tarihi birçok büyük sanayi şirketinin doğuşunu, sonra da IBM, Unisys, Bull, ICL,... gibi, bilgisayarları yapan en önemli şirketlerin üyesi haline gelişini görmüştür.

Otomatik bilgi işlem makineleri için gerçek pazar koşullarını yaratan da bu alandır.

Zaten gelişmesini gördüğümüz ve salt istatistik alanından çıkıp yalnız sayım çalışmalarına değil her türlü bilimsel hesaba uygulanabilir hale gelen tüm delikli kartlı makinelerin (çizelgeleyiciler, veri sağlama makineleri, hesap makineleri, özetleyici delgi makineleri, giriştiriciler,...) kökeninde yukarıdaki icatlar vardır.

Bıktırıcı ayrıntılara girmeden, J. Favier ile R. Thomelin'le birlikte, "delikli kartlı makinelerin özgünlüğünün kart biçiminde önceden hazırlanmış, delikler halinde kodlanmış veriler içeren belgeleri okuma kapasitelerinde bulunduğunu" belirtelim.

"Bu makineleri kullanırken iki temel özellik ortaya çıkmıştır:

"– Başka şeylerin yanı sıra, çok büyük miktarda belgelerin sayımını (ulusal istatistiklere uygulama) sağlayan işlem hızı.

"– Otomatik olarak *sınıflamalar* yapmaya yatkınlık.

"Saymanlık ve istatistik çalışmaları gerçekte *hesapları, çevriyazıları* ve *sınıflamaları* gerektirir.

"[Sistemin temelinde, en azından ileri aşamasında] bir belge üzerindeki bir sayım ya da istatistik olgusuna ilişkin her verinin ya da veriler öbeğinin çevriyazısı bulunuyordu. Rakamlar ve harfler bir dizi delikle belli bir koda göre çevriliyordu.

"Bu ilk çevriyazının iki yararı vardı:

"1- Kart sayesinde verilerin ya da veri öbeklerinin maddî bağımsızlığını ve herhangi bir sıra içinde sınıflama olanağını gerçekleştiriyordu.

"2- Delikler sayesinde bunları okuyabilen makinelerin otomatik işlemesini sağlıyordu.

"*Delgi makinesiyle* –büyük bir işlem hızına ulaşmayı sağlayan klavyeli makine– yapılan çevriyazının yine de büyük bir tehlikesi vardı, çünkü bir vuruş hatası bütün sonraki çalışmaları bozuyordu. Bundan ötürü başka bir işletmen ikinci bir makinede vuruşu yineliyordu. Bu yeni makine *veri sağlama makinesiydi* ve yeni vuruş ilkine uymazsa kilitleniyordu. Böylece verilerin doğru yazıldığından emin olunuyor, işlemlerin geri kalanında doğru sonuçlar elde ediliyor, genellikle çok daha büyük bir hızla işlem yapılıyordu.

"Böylece kart verme, çalıştırma ve işleyişi gözleme dışında hiçbir müdahale olmadan farklı makinelerle iş görülüyordu.

"Bu makineler şunlardı:

"1- İki temel makine: Kartları arzulanan sıra içinde sınıflayan *ayıklayıcı*; kart öbekleri üzerinde basit aritmetik işlemler yapan ve sayım durumlarını kesin biçimleriyle kâğıda basan gerçek otomatik sayım makinesi olan *çizelgeleyici.*

"2- Farklı yardımcı makineler. Bunlar arasında: Bir kart destesindeki verileri başka bir kart destesi üzerinde çoğaltan *çoğaltıcı*; çizelgeleyicinin hesapladığı toplamları boş kartlar üzerinde delen, çizelgeleyiciye bağlı *özetleyici delgi makinesi*; her kart üzerinde istenen bütün aritmetik işlemleri yapan *hesaplayıcı*; ayıklayıcının işlevlerini tamamlayan ve özellikle daha önceden aynı sırayla ayıklanmış iki kart destesini hızla birleştirmeyi sağlayan *giriştirici*; son olarak da kartın üzerine deliklerin çevirisini "açıkça" yazan *çevirici*" (J. Favier ve R. Thomelin).

İşte özetle ve yaklaşık teknik ayrıntısıyla, mekanografik yöntemin genel ilkeleri: Bu yöntem özellikle iki savaş arasında başlayıp 1950'ye dek gerek genel saymanlığın, gerek istatistiğin, analitik saymanlığın, sanayi saymanlığının... gereksinimlerine karşılık vermek üzere geliştirilmiştir.

Donanımlarını otomatikleşmeye, güvenirlirliğe ve durmadan artan hıza adayan bir evrim sayesinde, mekanografi, teknik yenilikler bakımından da önemli bir rol oynamıştır.

Denebilir ki, mekanografi:

1- Atelyeleri ve büroları (yazı makineleri ile saymanlık makinelerinin XIX. yüzyılın ikinci yarısından itibaren yaptığı gibi) kadınlara gittikçe daha çok açarak, gerek iş düzeyinde gerek ahlâk düzeyinde çok önemli bir toplumsal rol oynamıştır.

2- (Elbette hesap makineleri, yazı makineleri, tuşlu toplayıcılar, yazar kasalar, sayım makineleri, telefon ve telgraf sektörleriyle

birlikte) IBM, Remington-Rand, Bull gibi öncü şirketlerin gücü ve NCR (yazar kasalar), Burroughs (sayım makineleri ile hesap makineleri), Bell (telefon), Ferranti (elektrik mühendisliği) gibi onlara katılan şirketlerin yükselişi sayesinde sağlam bir iktisadî kaldıraç oluşturmuştur.

3- Birçok toplumsal eylemde bulunan partilerin büyük fiş kutuları oluşturmalarını olanaklı kılarak, devlet, toplum ve bireyler arasında yeni ilişkilere yol açmıştır.

4- Yapay sayısal bilgi işlem konusunda bir talep ve bir pazar bulunduğunu dünyaya göstermiştir.

5- Bilim topluluğu üyelerinin girişimleri sayesinde, özellikle de kendi yapısal sınırlarından ötürü, çok geniş bir problemler kategorisini makineyle çözme konusunda sınırlı olmayan başka bir yolun düşünülebilmesini olanaklı kılmıştır.

Delikli karta gelince, o da yapay yollardan okunabilen ilk evrensel bilgi malzemesi olmuştur: "Mekanik ya da elektrikli yollarla işlenen bir bilgi malzemesi olarak düşünüldüğünde, 1945'e dek egemen olan delikli kart, 1960'ların eşiğine dek yaşamış, elektronik hesap makineleri ile şerit, disk, disket gibi manyetik malzemeler arasındaki gittikçe artan sıkı ilişki karşısında yavaş yavaş ortadan kalkmıştır.

Mekanografik Makinelerin Yapısal Sınırları

Ancak bilgisayara giden yolda, bu süreç önemli kavramsal tıkanmalarla karşı karşıya kaldı: Mekanografik makineler sıralı işlemleri ancak yarı otomatik olarak yapıyordu.

1930'ların başından itibaren İngiliz gökbilimci Leslie John Comrie (1893-1950) gibi ya da Amerikalı gökbilimci Wallace John Eckert (1902-1950) gibi kimi bilim adamları güçlüğün farkına vardılar. Önemli miktarda verilerle ilgili tekrar tekrar işlemler yapmayı gerektiren, matematik türden sorunlarla karşılaşan bu bilim adamları, (İspanyol mühendis Leonardo Torres y Quevedo'nun etkisiyle) birçok kartlı makineyi biribirine bağlayarak ve birinin çıkışını ötekinin girişi haline getirerek güçlüğü gidermeye çalıştılar.

Böylece Charles Babbage'ın yukarıda daha önce sözünü ettiğimiz kalan makinesinin kavramını elektromekanik yollardan görmüş oldular. Buna *Çizelgeleyici Kalan Makinesi* denir. Delikli kartları okuyabi-

len, zincirleme işlemler yapabilen ve hiçbir insan müdahalesi olmadan sonuçları yazıya dökebilen ilk elektromekanik dizgeler onun sonucu olarak ortaya çıkmıştır.

Buna karşın, bu yol hep tıkalı kalmıştır. Bunun da en az iki nedeni vardır:

1- *İşlemler problemlerin mantıksal sırası içinde değil, tamamen teknik kaygılarla yapılıyordu.*

2- İşlem bir kez başladı mı bir işlem sırasını otomatik olarak değiştirmek bu makinelerde ancak hata halinde olanaklıydı; başka deyişle, *bu makineler işlem akışını kendi kendine değiştirmek için belli bir program yönergesini kendi kendine bulamıyordu.*

Dolayısıyla sorunun çözümü tamamen yön değiştirerek, artık Babbage'ın kalan makinesine doğru değil, onun verimli düşünceleri yönünde giderek bulunacaktır. Ancak onun düşüncelerini matematikte ve simgesel mantıkta elde edilenlerden yola çıkarak, aynı zamanda fiziğin, yapay otomatlar biliminin ve teknolojinin ilerlemelerinden yararlanarak, çok gelişmiş soyut bir uslamlama kuramına göre geliştirmek, gerekecektir. Böylece engeller sonunda aşılacak, bugünkü bilgisayarların kavramı yavaş yavaş ama emin adımlarla ortaya çıkacaktır...

Babbage'ın Çözümleyici Makinesi: Bilgisayarın Gerçek Atası

Doğrusu, Hollerith delikli kart kullanarak programlama dizgesini sayısal türden bir makinede uygulamaya sokan ilk kişi olmamıştır. İngiliz matematikçi Charles Babbage ondan elli yıl önce bunu çok daha iyi yapmıştır. Şunun da altını çizmek gerekir ki, bu bilgin gerçekte, deyim yerindeyse, bugünkü bilgisayarların gerçek "büyükbabası"dır.

Babbage kendi kalan makinesinin yapım planının çok ötesine geçerek yapay aritmetik hesabın olanaklarını hatırı sayılır ölçüde genişletmeyi düşünmüştür. Ölene dek ruhunu ve bedenini Çözümleyici Makine (İngilizcede: *Analytical Engine*) adını verdiği çok gelişmiş hesap yapan bir makineyi gerçekleştirmeye adamıştır.

Bu makinenin Babbage'ın çağdaşları ve izleyicileri üzerinde bıraktığı güçlü izlenim hakkında çok açık bir fkir edinmek için, Maurice d'Ocagne'in 1905'te bu konuda söylediklerini dinleyelim:

"Şimdi sözünü edeceğimiz makineyle sanki periler dünyasına giriyoruz. Mucitinin düşüncesinde, ne denli büyük olursa olsun herhangi

bir sayı üzerinde herhangi bir aritmetik işlemler dizisini yapmaya ve yapılan tüm işlemler dizisinin sonucunu cebir imleriyle vermeye yönelik bir makineydi bu.

"İlk bakışta insan böyle bir problemden ürküyor ve çözüm olanağını görmeye cesaret edemiyor. İşte Charles Babbage 1834'ten itibaren bütün gücünü, en azından kuramsal olarak, sorunun tüm güçlüklerini yenmeye yönelterek böyle bir çözüm arayışına girdi."

Gülümsemeyelim: O dönemde böyle bir makine fikrinden herkes çok etkilenmişti.

1834'ten 1836'ya dek kuramsal olarak tasarlanan Babbage'm makinesi yapısı bakımından 50 rakamlı bin sayı üzerinde, aritmetik ya da cebirsel zincirleme işlemleri otomatik olarak çözmek için yapılmıştı.

Denebilir ki, *çözümleyici Makinenin* gücü bütün sayısal ve cebirsel bağıntılar alanını kaplıyordu.

Babbage'ın kendisi de, istatistikçi dostu A. Quetelet'e Mayıs 1835'te yazdığı mektupta kendi keşifleri ve kavramları karşısındaki şaşkınlığını dile getiriyordu: "Altı aydır ilkinden [kalan makinesinden] daha güçlü bir makinenin planları üzerinde çalışıyorum. Bu yeni mekaniğe verilmesi olanaklı olan güce kendim de şaşıyorum. Daha bir yıl önce böyle bir olanaklı sonucu hayal bile edemezdim".

Ancak *Çözümleyici Makine*'nin yapımı beş on yıl sonra kesin olarak durduruldu. M. d'Ocagne şöyle diyor:

"1842'den başlayarak makinenin ilk tanımı *Bibliothèque universel de Genève*'de (XLI, s. 352) general Menabrea tarafından yapılmıştı. Bu arada, general Menabrea'nın 1884'te Babbage makineyle uğraşırken Paris Bilimler Akademisine getirdiği ilginç bir olgudan da söz etmek gerekir (bkz. CRAS, 1884, 2. hafta, s. 179). Çalışması *Taylor's Scientific Memoirs*'ta (bkz. cilt III, Londra 1843) İngilizceye çevrilmiş, yalnızca L.A.L. baş harfleriyle imzasını atan çevirmen, hayranlık verici bir kavrayış yeteneğini, yüksek bir matematik kültürünü ve konuya ilişkin engin bilgi birikimini sergileyen notlar eklemişti. Menabrea da Babbage'a bu baş harflerin sırrını söylemesi için yalvarmıştı.

"Babbage kendisine Lady Ada Lovelace'in, Lord Byron'un biricik kızının adını verince nasıl şaşmasın? Kendini sıkı bir biçimde hesap makinelerini incelemeye veren bu şair kızından daha şaşırtıcı birşey düşünülebilir mi!"

Şurası da ilginçtir ki, sözün ve eğretilemenin büyüsüyle, en kuru matematiksel formüller ve en yıldırıcı teknik tanımlar, bu hanım ma-

tematikçinin kaleminde en seçme algoritmik şiirler haline geliyordu. Bu metinde şöyle diyecektir bu hanım: "Çözümleyici Makinenin, Jacquard dokumacılarının çiçek ve yaprak dokuması gibi, cebirsel motifler dokuyacağını söyleyebiliriz."

Lovelace kontesi Ada Augusta Byron (1815-1852) zaten delikli kartlar üzerine kodlanmış yönergeli dokumacıların ilklerindendi: Günün birinde ünlü dostunun makinesinde kullanmak üzere *Analytical Engine*'le ortak bir dile dayanan bir dizi program geliştirmişti. *Analytical Engine*'in dili ise Basile Mouchon'un icat edip Joseph-Marie Jacquard'ın geliştirdiği kart delme dizgesine dayanıyordu.

"Epey yetenekli bir kadındı bu ve konusuna çok hakimdi. *Çözümleyici Makine* yapılsaydı, büyük matematikçi olarak nitelenecekti" (M.V. Wilkes).

Ne ki retorik tutum yetmediğinden, Ada Lovelace, gelecekteki bilgi sorunlarına ilişkin şaşırtıcı bir öngörüşlülük ve büyük bir kesinlik içinde "*Çözümleyici Makinenin* kesinlikle kendi kendine birşey yaratma iddiasında olmadığını, yapmasını istediğimiz herşeyi yapabildiğini, bir çözümlemeyi izleyebildiğini, ama *çözümsel* bağıntıları ya da hakikatleri tasarlama yeteneği bulunmadığını, rolünün yapmayı zaten bildiğimiz şeyi yapmamıza yardım etmek olduğunu" eklemek zorunda kaldı.

Mucitinin kendi düşüncesinde ve kendi terminolojisiyle, Babbage'ın makinesinde şunlar vardı:

1- Bir giriş ve çıkış aygıtı *(input/output).*

2- Makineyi işletme organı (Babbage bunun için bir terim bulamamıştı). Bu organ sayıları doğru sıraya sokmak için bir aygıttan ötekine sayıların aktarımını yapıyordu. Makinenin *kumanda organıydı* bu.

3- Yapılan hesapların ara ve son sonuçlarını saklamaya yarayan bir bellek dizgesi *(store).* Bu, makinenin hesaba girecek sayıları alıp hesap sonucu olarak elde edilenleri biriktirmeyi amaçlayan *belleğiydi.*

4- Çözümleyici Makineye verilen sayılar üzerinde işlemler yapmakla görevli bir aygıt olan bir "değirmen" *(mill)*: Bu, makinenin *aritmetik birimiydi*; burada sayılar istenen kurallara göre mekanik olarak birleştiriliyordu; dolayısıyla, başka deyişle, söz konusu hesabın sonuçlarını elde etmek için dönüştürmek üzere, makineye verilen verileri kullanarak hesapları yapmakla görevli *işletim organıydı* bu.

5- Son olarak sonuçları basmayı sağlayan bir baskı düzeneği *(printing device).*

Böylece, Babbage makinesi, hiç değilse kâğıt üzerinde, bugünkü bilgisayarların gerçek öncüsünü oluşturmuştu.

Otomatik ve sıralı sayısal hesabın tarihinde büyük sentez ilk kez bu dâhi mekanikçi mucit tarafından gerçekleştirilecektir. Babbage yalnız aritmetik hesabın mekanikleştirilmesi alanında gerçekleştirilmiş ilerlemelerden (Leibniz, Leupold, Stanhope, Thomas de Colmar'ın... katkılarından) değil, ayrıca ve özellikle Aydınlanma yüzyılı otomatlarının büyük teknisyenlerinin (Von Knaus, Vaucanson, Jaquet-Droz, Kintzig...) teknik bilgilerinden ve dönemin programlama uzmanı Joseph-Marie Jacquard'ın edinimlerinden de yararlanacaktır.

Böylece Babbage böyle kavramların güçlükle anlaşıldığı bir dönemde, *çözümleyici hesap makinelerinin* temel organları ile işlevlerini çok açık bir biçimde tanımlayacaktır.

Babbage makinesi, işlem akışında hiçbir insan müdahalesi gerektirmediğinden, otomatik sayısal hesap makinesi kavramını programlanabilir bir dizgeyle yönetilen ve ilgili iç düzeneklerin maddî yapısından bağımsız, değişebilir bir işletimi olan otomat kavramıyla birleştirmiş oldu.

Daha da iyisi, Babbage, yine tarihte ilk kez, günümüzün evrensel hesap makinelerinin gerçek öncüsü oldu: Bunlar özel bir problem sınıfının çözümünde uzmanlaşmış olmayan, yapısı bakımından epeyce geniş bir problemler kategorisini çözmek üzere tasarlanmış bulunan *çokişlevli çözümleyici hesap makineleridir.*

Bununla birlikte bugünkü bilgisayarın yapısı ile Babbage'ın makinesinin yapısı arasında bulunan temel farkı göreceğiz.

Çözümleyici Makineye dönersek, M.V. Wilkes [2] şöyle diyor: "Babbage "depo"da *(store)* her biri on konumdan herhangi birine sabitlenebilen, dolayısıyla da ondalık rakamları *(digits)* birer birer depolayabilen, sütunlar halinde dizilmiş tekerler kullanmayı öneriyordu. Sayıların depodan makinenin başka bir kısmına aktarılması gerektiğinde, bir dizi dişli çark tekerlerdeki dişlere geçiyor, her dişli çark tekerin sıfır konumuna ulaşmasına dek işliyordu. Hareket, çubuklarla, bellek tekerlerinden birinin doğru konumunu aldığı aritmetik birime aktarılıyordu. Babbage aritmetik birimi incelemeye, özellikle de olabildiğince çabuk yapılması gereken 10'ların aktarımı sorununa çok zaman harcadı.

"Babbage işletim organı olarak karmaşık motifli kumaş üretimine yönelik bir Jacquard tezgâhında kullanılmış düzeneğin uyarlanmasını öneriyordu..."

Çözümleyici Makine'nin başka bir çarpıcı özelliği de "koşullu" hesapları ele alma biçimiydi. M.V. Wilkes [2] şöyle diyor:

"Babbage, bir gün İtalyan matematikçilerden birinin, Profesör Mosotti'nin kendisini görmeye gelip şu güçlüğü ortaya koyduğunu anlatır: "Düzeneğin gücünün tüm sayısal ve cebirsel bağıntılar alanını hesapladığını kabul etmeye tamamen hazır olduğunu söyledi bana. Ancak iki ya da daha fazla farklı işlem ortaya çıktığı zaman makinenin kimi zaman çözümleyici bir açınım (yani sayısal hesap) sırasında istenen bir ayırım edimini nasıl yapabileceği konusunda bir fikri olmadığını da ekledi. Bu da birçok durumda, özellikle doğru işlemin, hesabın ilk kısmı tamamen bitmeden bilinemediği durumda böyledir. O zaman ona herhangi bir dereceden bir sayısal katsayılı denklemin alışılmış ve çok yorucu yollardan çözümünün kendisinin bana sergilediği güçlüğü temsil edip etmediğini sordum. O da bunun tamamen tipik bir örnek olduğunu hemen kabul etti."

"Babbage'ın kafasında Horner yöntemi adıyla bilinen yönteme benzer bir yöntem vardı. *İki işlem süreci* arasındaki *seçimin, hesaplanmış birtakım niceliklerin pozitif olarak mı negatif olarak mı göründüğünü bilmeye* bağlı olduğunu gösterdi. Belli bir nicelik negatif olarak görünüyorsa, bunun nedeni bir sayının kendisinden küçük bir sayıdan çıkarılması olacaktır. Örneğin 20 rakamlı bir makinede 511'i 423'ten çıkarırsak şöyle olur:

00000	00000	00000	00423
00000	00000	00000	00511
99999	99999	99999	99912

"Onlar hanesinin aktarımının sonucu 9'ların temel rakamların solunda yerleşik basamaklar içinde art arda görünmesidir. Bu koşullarda, 9'lar belleğin en soluna dek yayılacak, bellek daha büyük olsa daha da ileri gidecektir.

"Babbage gösterdi ki, 9. basamaktan (bu basamak varsa) 21. basamağa geçişe neden olan aktarım kolunun hareketi, istenen bambaşka bir etkiyi başlatabilir. Kol sonucun negatif olması halinde hareket ettiğine göre, arzulanan bu etkinin ortaya çıkacağını ya da çıkmayacağını bilme olgusu hesaplanmış sayının imine göre *koşulludur.* Koşullu bir işlemin yarattığı etkinin seçiminde Babbage yargısının kesinliğini kanıtladı. Bu etkinin Jacquard düzeneklerindeki kartları ilerletmek ya

da başlangıçtaki konumlarına geri döndürmek olacağına karar verdi. Kartlar bir sıra ileri giderse, programın bir kısmı atlanacaktır. Böylelikle, işlem dönüşü bir uçtaki yanıt imi değiştirinceye dek yinelenebilir; o zaman yeni bir dönüş başlatılabilir. Babbage'ın verdiği örnekte imi değiştirilen sayı normal olarak hesaba giren sayılardan biridir.

"Lady Lovelace imi değişen sayının özel olarak bu amaçla verilmiş bir sayı olduğu daha karmaşık bir örnek verir. Örnek, bir yinelenme formülünden yola çıkarak *Bernoulli sayılarının* hesaplanmasıdır. *n*. Bernoulli sayısının yani B_n'nin hesaplanmasında belli bir işlem dönüşünün *(n + 1)* kez tamamlanması gerekir. B_n hesabının başlangıcında belli genişlikte bir belleğin *n* sayısını içermesi sağlanır ve dönüşün her tamamlanışında bellekte kayıtlı sayıdan 1 çıkarmaktan oluşan işlemler programa yazılır. Böylece yinelenmelerin sonunda sayı sıfır olur, bir sonrakinde ise negatif hale gelir. Dolayısıyla dönüşün sonuna yerleştirilmiş koşullu bir işlemin etkisi makinenin hesabın *(n + 1)*'den sonraki kısmına başlaması olacak, çevrim bir kez daha yinelenmeyecektir. Yalnızca sayım yapmak için kullanılan bir sayıyı bir belleğe koymak modern bilgisayarların programlarının hazırlanmasında kullanılan tekniğin temel özelliğidir."

Başka deyişle, Babbage'ın kafasında, makinesinin bugün bizim *koşullu çatallanma* dediğimiz olanakları taşıması gerekiyordu: Herhangi bir program istenen bir işlem sırasına göre belli anlarda işleyebilir ve makine yinelenen bir hesabı temel süreci tekrar tekrar programlamaya gerek olmadan otomatik olarak yapabilir.

Babbage'ın makinesinde bulunan başka bir olanak da yardımcı yönergelere başvurma olanağıdır. Makine bunu temel programa geri dönmeden yapabilir. Buna bugün *alt-yordamlar* (İngilizcede: *subroutines*) kullanmak denir.

Böylece Babbage'ın kavramlarının çağına göre ne denli gözüpek, ne denli ileri olduğunu görebiliyoruz.

Babbage Niye Bilgisayarı Keşfetmedi?

Babbage'ın hangi düşünce düzeneğiyle böylesine güçlü bir senteze, böylesine devrimci fikirlere ulaşmış olduğunu bilme sorunu dışında, başka bir soru daha gelip kendini dayatıyor: Babbage böyle bir soyutlama ve genellik derecesine ulaştıysa, bilgisayarı keşfetmesini engelleyen nedir?

Çünkü Doğrusu, bu büyük dehâ bilgisayarı neredeyse bulmuş ise de, onu henüz icat etmiş değildir. Bunun da en az üç nedeni vardır:

– Gelişmekte olmasına karşın, Babbage'ın çağında henüz onun kavramlarının düzeyine gelememiş olan teknik donanımın kullanımına ilişkin bilginin eksik olması;

– Babbage'ın, makinesinin tanımını matematiksel yapısından ayıramamış olması; başka deyişle, makinesinin fizik donanımını, biçimselleşmiş bir varsayımsal-tümdengelimli kuram biçiminde yaklaşmanın uygun olduğu yapısal incelemeden ayırmaya yönelmemiş olması;

– matematik ile mantığın, onun çağında, *belli bir sorunlar sınıfının çözüm algoritmasını simgesel olarak dile getiren program* kavramını tasarlayacak ölçüde gelişmiş olmaması;

– son olarak, tamamen teknik açıdan, *Çözümleyici Makine*'sinin belleğinin çok çok sınırlı olması, dolayısıyla, belli bir programın bütün yönergelerini fizik olarak kaydedememesi (*kayıtlı program* fikri, tamamen mekanik, dolayısıyla çok yavaş bir iç belleği olan onunki gibi bir makinede zaten pek ilginç değildir).

Babbage'ın Makinesi: Teknik Bilgiye Gerçek Meydan Okuma

Çözümleyici Makinede içerilen düşüncelerin somutlaştırılmasına dönersek, Babbage'ın yaşadığı teknik güçlükleri kolaylıkla tasarımlayabiliriz. Ünlü öncelinin çalışmalarına gerçek değerini vermeyi her zaman bilmiş olan İspanyol mühendis Leonardo Torres y Quevedo (1582-1936) 1914'te Babbage hakkında şunları söylemiştir:

"Göz önüne alınması gereken çok sayıda düzenek, bunlar arasında kurulması gereken bir sürü bağ, bu bağları her an değiştirmeyi sağlayan aygıtlara sahip olma gerekliliği, düzenekler biribirini rahatsız etmeksizin bütünü biraraya getirme güçlüğü, sayabileceğimiz bir sürü başka pratik güçlük sorunu yanına yaklaşılmaz kılmaktadır.

"O sorunun üzerine gitmek için Babbage'ın mekanik dehâsı gerekmiştir ve Babbage sorunu çözmek için zekâsını ve gücünü, kendi parasını ve ülkesinin parasını harcamış olmasına karşın, cesaret verici sonuçlar elde edememiştir.

"Babbage'ın, çözümleyici makine tasarısına giriştiği zaman, tamamen olağan dışı bir kuramsal hazırlığı vardı... Mekanik bir gösterim dizgesi hazırlamıştı; bu dizge büyük bir çalışmayı temsil ediyordu.

"Çok sayıda çözümü inceledi ve sonunda bu yapıtı, yaşamının yapıtını ortaya koydu, bunun için aralıksız otuz yıl çalıştı. Ne ki büyük ve tartışılmaz becerilerine karşın, zekâsına, özverisine ve sabrına karşın, başarısızlığa uğradı. Çizimleri ve modelleri Kensington Müzesinde saklanıyor, ama kimsenin işine yaramamaları üzücü..."

Bununla birlikte, Maurice d'Ocagne'ın anlattığı gibi: "Babbage, kraliçe Victoria'nın özgürlükçülüğüyle kullanımına sunulan ve kişisel servetinin bir kısmıyla daha da büyüttüğü para yardımı sayesinde makinesinin öğelerini oluşturan parçaları üretebildi.

"Ne yazık, bu parçaların montajına girişmişti ki ölüm kendisine sürpriz yaptı. Parçalar İngiliz ordusunda general olan oğlunun elinde kaldı. O da onları Londra'daki South-Kensington Museum'a [bugün Science Museum deniyor] bağışladı.

"General [Henry P.] Babbage ayrıca babasının tasarladığı makine konusunda derleyebildiği tüm belgeleri koca bir ciltte topladı.

"Günün birinde keskin görüşlü bir mekanikçi Babbage'ın yarım kalan bu yapıtını, onun tanımından yararlanarak tamamlar mı acaba?

"Bu soru, İngiliz Bilimleri Geliştirme Kurumuna getirildi ve yanıtlanması çok nitelikli bilginlerden oluşan bir komisyona devredildi [komisyonda şu bilginler vardı: Cayley, Farr, Pole, Glaisher, Kenedy, Clifford ve Merrifield].

"Bu komisyon halen montajı yapılmış olan parçanın küçük bir parça [işletim organı] olduğunu, ancak Babbage'ın mekanik olarak toplama ve çıkarma yapmak için kullandığı yöntemi kavramak için yeterli olduğunu kabul etti; ayrıca montajı yapılmamış parçaların arasında çelik eksenle üzerine monte edilmiş madenden kolların ve tekerlerin bulunduğunu, makinenin tüm hareketlerini kavramayı sağlayan, ancak yapım aşamasındaki son çizimlerle tamamlanması gereken çizimlerin yapılmış olduğunu gördü.

"Bununla birlikte, komisyon, geriye kalan işin zaman ve masraf (en az 250 000 Frank [elbette dönemin Frankıyla]) gerektirdiğine, kurumun da Babbage'ın yapıtının eksiğini tamamlamak için bu yükü üstlenemeyeceğine karar verdi."

Uzmanların vardığı sonucun *Çözümleyici Makinenin* "icatçı bir dehânın ürünü olan, ne ki yalnızca kuramsal bir olanak olarak kalacak olan olağanüstü bir anıt" olduğunu da ekleyelim.

M. d'Ocagne 1905'te yine şunu söylüyordu:

"Hiç değilse, İngiliz mekanik bilgininin hayal ettiği ilkelerin bir gün küçük ama ilginç bir uygulamasını görmeyi umamaz mıyız? Tıpkı, birinci dereceden çok bilinmeyenli denklem dizgelerinin çözümü için determinant hesabının peşinde koşarken olduğu gibi."

Bu soru bugün öyle basit bir sorudur ki gülümsemeye neden olabilir. Bununla birlikte bundan uzak durmak yerinde olur, çünkü Maurice d'Ocagne, "mekanik ve grafik yöntemlerle yakınlaştırılmış hesabın" büyük uzmanı olarak, onu köşe bucak incelediğinden, neden söz ettiğini biliyordu. O sırada basit bir determinant hesabı bile büyük güçlükler yaratırken, hesabın mekanikleşmesini ve elbette otomatikleşmesini beklemek en anlamsız iddialara girişmek demekti.

Babbage makinesinin bir modelinin yapılması konusunda sorulan bu soru elbette XX. yüzyıl için ancak tarihsel olarak ilginç bir sorudur, çünkü bu kavram o zamandan beri yalnız mekanik, elektromekanik ya da elektronik yollardan gerçekleştirilmekle kalmamış, *Çözümleyici Makinenin bugünkü kardeşlerinden olan bilgisayarlarca da aşılmıştır.*

Varlığını Bilimin Gelişmesine Adamış Olan Büyük Bir Bilgine Saygı

Bugün Charles Babbage'ın bilişimin tarihinde oynadığı birinci dereceden rolün önemini ancak geriye doğru bakarak ölçebiliyoruz.

Tüm varlığını kendi hayal gücünün ürünü olan devrim niteliğindeki bir yapıyı fizik gerçekliğe dönüştürmek gibi tek ve biricik bir amaca adamış bu olağan dışı dehânın hüzün verici yazgısı. Yüz yıldan daha kısa bir süre sonra başka kafalarda filizlenerek son derece verimli sonuçlar doğuracak olan bir yapı.

Ne ki, ömrünün sonuna doğru, neredeyse peygamberce denebilecek bir öngörüyle, herşeye karşın şöyle yazacaktır: "Birkaç yıl daha yaşayabilsem, *Çözümleyici Makine* varolur, örneği tüm dünyaya yayılırdı."

Sonra, daha da dokunaklı bir biçimde bayrağı teslim alacak geleceğin bilim adamlarına seslenerek, şunu ekleyecektir: "Benim örneğimden gözü korkmamış birisi günün birinde matematiksel çözümlemenin tüm ilkelerini içinde taşıyan bir makine yapacak olursa, ona büyük saygı duyarım, çünkü benim çabalarımın ve vardığım sonuçların değerini ancak o bilebilir.

Gerçekten, bu büyük mucite, ancak yapıtının öğelerini burada bütünlüğü içinde yeniden ortaya koyarak saygı gösterilebilir.

Babbage'ın Yapıtının İlk Sürdürücüsü

Mucitin ölümünden sonra Henry P. Babbage babasının yapıtını sürdürmeye çalıştı: Çalışmaları 1880'de başladı ve 1910'da Makinenin bir kısmının, yani işletim organının ("değirmen") ve baskı aygıtının montajıyla sona erdi.

Ancak maddî kaynak ve mekanik teknoloji konusunda bilgi eksikliğinden ötürü, bu çalışmalar kesin olarak askıya alındı.[8]

Percy Ludgate: Babbage'ın Yapıtının İkinci Sürdürücüsü

Bununla birlikte, Babbage'ın fikirleri terkedilmedi; R. Ligonnière'in [1] dediği gibi: "Babbage'ın 1840 planlarını geliştirmesinden yaklaşık altmış yıl sonra ve tam da oğlu Henry'nin çalışmalarını bıraktığı dönemde, bir İrlandalı yeni bir çözümleyici makine tasarısı getirdi. Dublinli Percy E. Ludgate (1883-1922) matematik alanında sağlam bilgileri olmasına karşın, matematikçiden çok saymandı. Bu yetişime ya da doğal bir vergiye faydacılık anlamını yüklemek gerekir mi? Ludgate aynı zamanda hesap makinelerinin yarım yüzyıldır gösterdiği gelişmelerden yararlanarak hayalgücü ile aklı ne mutlu ki biraraya getirebileceğimizi gösterdi. Kendi hesap makinesi tasarısı üzerinde altı yıl çalıştı. Başlangıçta Babbage'ın kavram çerçevelerini bilmiyordu. Öğrenince, eline geçirebildiği belgeleri özenle inceledi, öncekinin dehâsını teslim etti, ama daha gösterişsiz ve mekanik bakımdan daha gelişmiş bir çözüm önerdi. Şubat 1909'da kendi tasarısı üzerinde ancak boş zamanlarında çalışabilen Ludgate düşüncelerini ondört sayfada sergilediği bir rapor yazdı. İşte tasarısının temel ilkeleri:

"– Çeşitli delikli kartların ve çeşitli Babbage okuyucularının yerine, yönergeleri ve işlenecek sorunun verilerini içeren delikli bir kâğıt rulosunun konması. Bu, her işletim programı tipinin farklı bir rulo üzerinde bulunması demekti.

"– Makinenin on tuşlu iki sayısal klavyeyle donatılması. İlk klavye, önceden delikli bir kâğıt şerit hazırlamaksızın, verileri ya da yönergeleri makineye girmeyi sağlıyordu. Bu görece basit ve kısa işlemlerde il-

ginç bir esneklikti. İkinci klavye, işletmenin makinenin kontrol birimiyle iletişimini sağlıyordu. Bu, mıknatıslı makinelerle birlikte otuz yıl sonra ortaya çıkacak olan "işletim masalarının" ya da "konsolların" ilk biçimiydi. Makine klavyeyle yönetildiğinde, sonradan aynı sorunu ele alabilmek üzere kâğıt şerit üzerinde bir veri delinebiliyordu.

"– Sıradan yardımcı işlemlerin uzmanlaşması: Uzmanlaşmış altprogramlar özel silindirlere bağlanmıştır. Örnek: Bölme silindiri, logaritma silindiri...

"– Aritmetik işlemlerin kurallarla ve aritmetik tablolarla yalınlaştırılması. Bu özellikle Ludgate'in, Babbage'ın öngördüğü gibi yinelenen toplamalar yerine, doğrudan hesap tarzıyla yaklaştığı çarpmaya uygulanıyordu.

"– Sonuçların ya kâğıt üzerine ondalık baskıyla ya da daha sonra başka bir programda kullanılabilen bir kâğıt şeridin delinmesi yoluyla ortaya konması.

"Bu aygıtlar Charles Babbage'ın düşündüğü çözümleyici makineyi hatırı sayılır ölçüde yalınlaştırıyordu. Ayrıca Ludgate kendini 20 rakamlı 192 değişken içeren bir kapasiteyle sınırladığından, inanılmaz küçük boyutları sayesinde kuramsal olarak taşınabilir bir hesap makinesi ortaya çıkıyordu: 66 santimetre uzunluğunda, 61 santimetre genişliğinde, 51 santimetre yüksekliğinde bir makine.

"Bir elektrik motoru makinenin birincil ekseninde saniyede üç devirlik bir düzenlilik sağlıyordu.

"Ludgate'in öngördüğü ise toplama ve çıkarma için üç saniyelik, 20 rakamlı ve 2 çarpanlı çarpım için 10 saniyelik bir performanstı. Çok yavaş olan bölme yardımcı bir silindirle düzenleniyor ve 90 saniyeye varabiliyordu.

"Mucit, makinesinin, işleyişi bilen, ama matematikçi olması gerekmeyen bir işletmen tarafından kullanılabilir olmasını istiyordu. Hesap makinesinin kullanımı, açık yazılımlarla tanımlanmış, sınıflanmış, delikli şeritler üzerine yazılmış bir programlar kitaplığına serbest girişle kolaylaştırılmıştı.

"1914'te Ludgate, John Napier'in logaritmalarının (ve çarpan çubuklarının) icadının üç yüzüncü yılı dolayısıyla yayımlanan ortaklaşa bir yapıtta yer alan ikinci bir metin kaleme aldı. Yazar orada Babbage'ın çalışmalarının kısa ama övücü bir tarihini çıkarıyor, *kendi makinesinin yapımına henüz girişmediğini* belirterek yaptığı araştırmalardan söz ediyordu.

"Ancak bu, olağanüstü teknik yönelimleri tanımlamış, matematiksel güçlüklerle mekanik karmaşıklık arasında ustaca bir uzlaşma gerçekleştirmiş olan Ludgate'in değerini ortadan kaldırmaz. Onun makinesi 1920'li yıllarda yapılmış olsaydı, ola ki modern bilgisayarların temel teknik kavramlarının dile getirilişini hızlandırırdı."

Torres y Quevedo: Babbage'ın Yapıtının Büyük Sürdürücüsü

Böylelikle Babbage'ın icadı uzun süre teknik bilgiye bir meydan okuma olarak kaldı. Kimileri bu fikri kaçık bir bilim adamının görüşü saymaya kadar vardırdılar işi.

Bu, İspanyol Leonardo Torres y Quevedo'nun soruna eğilip ilk çözümleri getirdiği 1914 yılına dek sürdü.

Ancak o da başlangıçta bir parça karamsar bir bakışla işe girişmişti. Şöyle diyordu:

"Babbage'ın başarısızlığa uğradığı yerde belki bir gün bir başkası zafer kazanacaktır; ancak iş kolay görünmüyor ve bize yolun güçlüklerini yenme umudu veren yeni mekanik ilkeler edinmediğimiz sürece onun adımlarını izlemek bence gözüpeklik olur."

Bununla birlikte daha sonra şöyle diyecektir:

"Salt mekanik bir çözümün güçlükleri, en azından benim kullanabildiğim araçlarla, bana aşılamaz görünüyor. Daha iyi dile getirmek gerekirse, hesap makineleri üzerine incelemelerimde, yalnızca mekanik çözümleri göz önünde bulundurduğum sürece genel kanıyı paylaşıyordum; mekanik hesap sorununu benim burada incelediğim tüm genelliğiyle çözmenin olanaklı olduğuna inanmıyorum."

Böylece Torres, elektromanyetik mıknatısların üstünlüklerini ortaya koyarak, elektromanyetik teknolojiye dayalı makinelerin pratik üstünlüklerini açıkladı.

Torres'in Elektromekanik Tanıtlaması

Torres, öncelinin kullandığı, kendisinin de elektriğin, özellikle de elektromıknatısların özellikleriyle birleştirdiği mekanik yöntemleri kullandı; temel aritmetik işlemleri yapmayı sağlayan çok uygun bir bileşenler kümesini ayrıntılı şemalar halinde ortaya koydu; böylece *Çözümleyici Makinenin* elektromekanik yollardan tamamen gerçekleştirilebilir olduğunu kanıtladı.

Oğlu Gonzalo 1953'te bunu şöyle anlatacaktır: "Babam bir çözümleyici makine yapmadı, –birçok bakımdan modern makinelerde benimsenen ilkelere çok benzeyen [yazar o sıralarda ortaya çıkan ilk elektronik bilgisayarlardan söz ediyor]– (ilkeleri adı geçen çalışmada (bkz. L. Torres y Quevedo [1]) ortaya koydu ve tanıtlayıcı bir aygıt yaptı; bu aygıt bütün küçük sayılar için $\alpha = (p \times q) - B$ anlatımının değerini hesaplıyordu.

"Bu, küçük bir çözümleyici makineydi; 1914'te Paris'te sergilenmişti. Bu kollokyumda sözü edilenlerle [bilgisayarlarla] kesinlikle karşılaştırılamayacak çok küçük bir belleği vardı. Öte yandan bir yazı makinesi ile çeşitli aygıtlardan oluşan tamamen otomatik bir elektromekanik aritmometre yaptı. Bu aygıtlar arasında kaydedici, toplayıcı, çarpma aygıtı, karşılaştırıcı ve eşgüdümleyici vardı. Yazı makinesinde örneğin bir bölmenin bölüneni olan 12 347 sayısı yazılır; sonra bölme imi (iki nokta), ardından da bölen, örneğin 60 yazılır. O zaman makine çalışmaya başlar ve bitirince eşitlik imini, 205 bölümünü ve 47 kalanını kendi kendine yazar.

"Makinede bölen ile bölünenin her anını karşılaştıran bir aygıt vardır; bölünen daha küçük olunca artık böleni eksiltmez, şaryoyu bir adım ilerletir" (G. Torres-Quevedo).

Bununla birlikte, Babbage'ın yapıtının dâhi sürdürücüsünün çok önemli katkılarına karşın, *Çözümleyici Makine* 1920'li yılların başında tam olarak gerçekleştirilmiş değildir.

Böyle bir hesap makinesi gereksiniminin kendini hissettirmesi için İkinci Dünya Savaşını beklemek gerekmiştir. İşte o zaman, simgesel mantık ile matematiğin çok önemli gelişmelerinin eşlik ettiği teknolojik ilerlemeyle birlikte, Babbage'ın düşü sonunda gerçek olmuştur.

Babbage'ın Makinesinden Çözümleyici Hesabın Gelişmesine

1930-1940 yılları boyunca, makineyle büyük hesaplar yapma gereksinimi mutlak bir zorunluluk olarak kendini gösterdi.

Başka deyişle, klasik sayısal hesap makinelerinin çok açık yetersizliğinden, analojik yöntemin yapısal sınırlılığından ve gittikçe daha karmaşık hale gelen bilimsel sorunlar karşısında mekanografik bilgi işlem yönteminin tıkanıp kalmasından ötürü, çok daha gelişmiş makineler kullanma gereksinimi iki savaş arasında gittikçe arttı ve 1930'lu yıllardan itibaren yüz yıl önce Charles Babbage'ın çizdiği yol üzerinde-

ki kimi araştırmacılar gerçek bir *çözümleyici hesap makinesi* yapma çabasına girdiler.

Çözümleyici Hesap Makinesi Nedir?

Devam etmeden önce, bu deyimden ne anladığımızı belirtmemiz uygun olur.

Bu deyimin Babbage'ın makinesi kadar eski olduğu görülecektir. Ancak yine de hâlâ tamamen yeni sayılır, çünkü bilişim tarihçileri onu hiçbir zaman hak ettiği şekilde kullanmamışlardır.

Söz konusu sözcük Yunanca *analusis*'ten, o da "çözmek" anlamındaki *analuein*'den gelir. Etimolojik bakımdan *analiz*, çözme, bir bütünü parçalarına ayırma, hattâ parçaları da daha küçük öğelere bölme eylemidir.

Bu, matematikte kullanılan ve kendisini izleyerek "ortaya konan bir problemi bir başkasına, onu da bir üçüncüye götürdüğümüz, çözümünü bildiğimiz bir probleme varasıya böyle devam ettiğimiz" (J.M. Duhamel, *Méthodes dans les sciences de raisonnement*, I, s. 51) *çözümleyici yöntemden* başka birşey değildir.

İmdi, konusu matematik problemlerinin pratik sayısal çözüm yöntemlerini incelemek ve o yöntemleri uygun tekniklerle geliştirmek olan otomatik sayısal hesap alanında *sayısal çözümlemenin* anlamı da tamamen aynıdır.

Condillac'ın dediği gibi, "*çözümlemek*, öğelere ayırmak, bağıntıları karşılaştırmak ve kavramaktır... Dolayısıyla çözümleme bir nesnenin tam olarak öğelerine ayırılmasıdır" (Art de penser, *Oeuvres philosophiques*, I, s. 410).

Öyleyse bu yöntem, çözümünü bildiğimiz bir problemden yola çıkarak bir önceki problemin çözümünü ondan türete türete devam ettiğimiz *bireştirici* yöntemle tam bir karşıtlık içindedir (bkz. J.M. Duhamel, *op. cit.*).

İmdi, *Analitik* ("çözümleyici") tam olarak Babbage'ın insan aklınca tasarlanmış ilk çözümleyici hesap makinesi olan kendi makinesini adlandırmak için seçtiği sözcüktür. Torres y Quevedo da, Babbage'ın ardından, "çözümleyici makinelere uygulanan genel ilkeleri" incelerken, *Otomatik Makine İçin Denemeler*'inde bu terimi kullanmaya devam edecektir.

Başka deyişle, Babbage onu tamamen bu terimlerle dile getirmediyse de, *çözümleyici hesap* adı verilmesi uygun olan şeyi icat etmiştir. Bu ise:

1- Çözülebilir türden bir problemin çözümü için gerekli matematiksel kurallar ve işlemler bütününü belirlemek üzere o problemi bir başkasına, onu da yine bir başkasına götüren ve böyle devam eden bir ön araştırmayla başlayan;

2- amacı bu kuralları ve işlemleri gelişmiş bir makinedeki bir yönergeler programı biçiminde kullanmak olan;

3- söz konusu problemin, yönergeleri otomatik olarak ve belirlenmiş işlem sırası içinde uygulayan makine tarafından çözülmesiyle sona eren bir etkinliktir.

Otomat terimleriyle dile getirirsek, bu tip etkinliğe dayanan hesap makineleri için şu genel tanımı verebiliriz:

Çözümleyici bir hesap makinesi sıralı ve programlanabilir bir sayısal otomattır:

– Bu otomat esnek bir programlama dizgesi tarafından yönetilir;

– makinenin iç aygıtlarının maddî yapısından bağımsız bir değişebilir işletim organı vardır;

– program yönergelerinin işleyişi sırasında hiçbir insan müdahalesi gerekmez.

Bu şekilde (modern terimlerle) dile getirilen genel tanım Babbage makinesini çok iyi tanımlamaktadır. Böylece bu, onun gerçek kavramını kulllanılan her türlü teknolojiden bağımsız bir çeşit cebirsel yapı olarak ortaya koymayı sağlar.

Bu tanım Charles Babbage'ın gerçekleştirdiği bireşimin gücünü çok açıkça ortaya koyarak, bu makine ile gökbilim saatleri ya da Vaucanson'un, Jaquet-Droz'un insan biçimli otomatları arasındaki farkı daha anlaşılır kılmakta, ayrıca da *Çözümleyici Makine* ile klasik hesap otomatları arasındaki temel farkın daha anlaşılır olmasını sağlamaktadır.

Babbage'ın İki Savaş Arasındaki Araştırmalara Tartışılmaz Etkisi

Çözümleyici hesabın tarihine dönersek, şunu belirtmek gerekir ki, bu yıllar boyunca sürdürülen tüm araştırmalar Charles Babbage'ın çalışmalarından şu ya da bu şekilde etkilenmiştir.

Zaten yapay, mekanik ya da başka yöntemlerle sayısal hesapla ilgili olarak, XIX. yüzyıldan ve XX. yüzyılın başından beri yayımlanmış ve farklı araştırmacılara otomatik hesap üzerine daha önce geliştirilmiş kuramlar konusunda kâh giriş kılavuzu kâh bilgi ve esin kaynağı ola-

rak yardımcı olmuş incelemelerin ve makalelerin çoğunun, az ya da çok geniş bir biçimde, övücü ifadelerle ve çoğu kez ayrıntılı kaynakçalara dayanarak Babbage'ın *Çözümleyici Makinesinin* fikirlerini dile getirdiği ya da betimlediği görülecektir.

Bu yayınlar arasında şunları saymak yerinde olur:

– M. d'Ocagne'ın (eskiden iyi bilinen ve 1893'ten beri birçok kez yayımlanan) Fransızca yapıtı;

– L. Jacob'un 1911'de yayımlanan yapıtı;

– Stuttgart'tan R. Mehmke'nin 1902'de Leipzig'de *Encyklopädie de mathematischen Wissenschaften*'da yayımlanan, 1909'da M. d'Ocagne tarafından *Encyclopédie des sciences mathématiques*'in I. cildinde (4. fasikül) Fransızcaya çevrilen *Numerisches Rechnen* başlıklı önemli fasikülü;

– Leonardo Torres y Quevedo'nun 1913'te ve 1920'de yalnız Madrid *Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales* dergisinde değil, Paris *Bulletin de la société d'encouragement pour l'industrie nationale* dergisinde de yayımlanan, yine iyi bilinen yayınları;

– Napier'in keşiflerinin üç yüzüncü yılı dolayısıyla 1914'te aynı anda hem Edinburg'da hem Londra'da yayımlanan, o zaman *Modern Instruments and Methods of Calculation* adıyla çok iyi bilinen ve Babbage'ın Çözümleyici Makinesine birçok kez göndermede bulunan, E. M. Horsburgh yönetimindeki ortak yapıt;

– Paris Bilimler Akademisinin *Comptes rendus*'lerinde bu konuda yayımlanan bütün makaleler;

– R. Taylor's *Scientific Memoirs*'ında aynı konuda yayımlanan bütün yayınlar;

– elbette Babbage'ın kendi yayınları ve L. F. Menabrea'nın Ada Lovelace tarafından İngilizceye çevrilen çalışması.

Ayrıca, Amerikalı yazar Edgar A. Poe (1809-1849) da 1840'ta yayımladığı *Tales of the Grotesque and Arabesque* adlı yapıtında büyük gürlemeye göndermede bulunmuştur.

İlk mekanik mantıksal çıkarım aygıtını yapan İngiliz mantıkçı, filozof ve iktisatçı W. S. Jevons'a (1835-1882) gelince, o da farkedilmeden geçen söz konusu icat hakkında şöyle övgülerde bulunmuştur:

"Kalan hesabının ilkelerinin makinede somutlaşması yoluyla mekanik hesabın en büyük ilerlemesini borçlu olduğumuz dâhi, Babbage'dır...

"Babbage, *Çözümleyici Makine* tasarısında, mekanik bir aygıtın, en azından kuramsal olarak, bilimlerinin her dalında en uzman matematikçilerin çalışmalarıyla rekabete girebileceğini göstermiştir.

"Ruh kendisinin en yüksek niteliklerinden kimilerini maddeye vermeye ve duyumsuz bir makinenin çarkları ve kollarıyla kendi rakibini yaratmaya yatkın görünüyor" (bkz. *Philosophical Transactions*, 160/1870, s. 497-518).

Artık kuşkuya yer yok: 1930'lu yıllar boyunca çözümleyici bir hesap makinesi yapmaya çalışan Alman, Fransız, İngiliz, Amerikalı ve başka araştırmacılar doğrudan ya da dolaylı olarak hep Babbage'ın çalışmalarını izlemişlerdir.

Couffignal: Babbage ile Torres y Quevedo'nun Yapıtının Sürdürücüsü

Bu araştırmacılar arasında, M. d'Ocagne'ın, Haziran 1937 tarihli *Larousse mensuel illustré*'deki, bizim önceden bildiğimiz bir durumun özetiyle başlayan bir makalede verdiği çok ilginç bilginin gösterdiği gibi, ilkin bir Fransız mühendis bulunmaktadır:

"Kafası sürekli böylesine kışkırtıcı bir tasarının uğradığı acı başarısızlığın anısıyla meşgul olan Torres de, yalnız mekanik değil, koşulların kendisine gerçekleştirme zamanı bırakmadığı elektromekanik bir çözüm bulduğunu düşündüğü soruna dalmıştı.

Torres yine de 1920'de Thomas de Colmar'ın aritmometresinin yüzüncü yılı dolayısıyla Paris'te düzenlenen sergide gördüğümüz kısmî bir modelini yapmıştı bu makinenin.

Babbage'ın sorununun onun çözümünden daha basit olan salt mekanik bir çözümünü ise bugün Brest mekanikçi mühendisler okulunda profesör olan Couffignal düşündü. Bu çözüm halen gerçekleştirilme aşamasındadır."

Maurice d'Ocagne'ın tilmizi olan ve doğal olarak Babbage ile Torres y Quevedo'nun çalışmalarından etkilenen Louis Couffignal (1902-1966) gerçekte iki savaş arası dönemin söz konusu soruna çok dikkatle eğilen ilk bilim adamlarından biri olmuştur.

Çalışmalarına 1930'a doğru başlamış, daha o yıl yayımlanan bir ilk notta "evrensel bir makine" sorunundan söz etmiştir.

Ancak araştırmalarının kesin olarak bu yönü tutturması ancak 1933'ten sonra, "hesap makineleri, ilkeleri ve evrimleri" üzerine yazdı-

ğı ilk yazısını bitirdiği zaman olmuştur. O yazıda ise halen varolan ya da daha önce yapılmış tüm hesap makinelerinin ayrıntılı bir incelemesini ve sınıflamasını yapmıştır.

Bu çalışmalar daha sonra, 1937'den itibaren Babbage'ın sorununun tamamen kuramsal bir çözümünde ve ilk kavramlara getirilen çok belirgin iyileştirmelerde açık anlatımını bulmuş, böylece Couffignal'i bu alanda gözüpek bir yenilikçi haline getirmiştir.

1938'de sunduğu doktora tezinde söz konusu düzeneklerin temel özelliklerini çok kesin bir biçimde tanımlamış, aynı zamanda (1936 tarihli bir yayında daha önce ilk biçimi dile getirilmiş olan) ikili sayılama kullanma fikrini geliştirmiştir.

Elektromekanik bir tekniği olan ve ondalık tabana değil, ikili tabana dayanan çözümleyici bir hesap makinesinin planlarını da o yıldan itibaren vermiştir.

1939'da Savunma Hizmetlerinin isteği üzerine, Ulusal Bilimsel Araştırma Merkezi (CNRS) hesap makineleri yapımını amaçlayan bir mekanik hesap laboratuvarı kurdu. Yönetimine ise Louis Couffignal getirildi. Ne ki kısa süre içinde koşullar bozuldu ve onun etkinlikleri için elverişsiz hale geldi. Çünkü bu tarihten itibaren Müttefiklerin ilgili servisleriyle ilişki kurulamadı.

Özetle, Alman işgaliyle başlayıp tüm tasarılarını alt üst eden İkinci Dünya Savaşı patladığında Couffignal Babbage'ın düşünü maddî olarak somutlaştırmaya hazırlanıyordu.

Yine de, savaştan sona, 1950'den itibaren, Couffignal, Logabax şirketinin teknik işbirliği sayesinde, aynı tipte bir makineyi Blaise-Pascal Enstitüsü için gerçekleştirmeyi başardı: Elektronik teknolojisine dayalı olan, çokişlevli, ikili bir çözümleyici hesap makinesiydi bu.

Ancak gösterdiği bütün etkiye ve aynı yıl Paris'te yapılan sibernetik kongresinde kazandığı bütün başarıya karşın, Couffignal'ın hesap makinesi, kendi kategorisindeki makinelerin İkinci Dünya Savaşından hemen önce ve sonra gösterdiği göz alıcı niteliği doğrusu artık göstermiyordu: O makinenin kavramı 1950'lerin başında çoktan ortaya çıkmış bulunan bilgisayar yapısındaki ilk makinelerce aşılmıştı.

Zuse: Çözümleyici Hesabın Alman Öncüsü

Bilişimin bir başka öncüsü de Alman mühendis Konrad Zuse (1910 doğumlu) olmuştur. Zuse, 1936'dan 1939'a dek çözümleyici, mekanik ve ikili hesap makineleri tasarlayıp yapmaya çalışmıştır. Araştırmala-

rı cebirsel denklemlerin çözümünü amaçlayan Z1 ve Z2 adlı (adının baş harfinden) iki hesap makinesinin üzerinde yoğunlaşmıştır.

Ne ki bu iki makine ancak deneysel aşamada kalmıştır.

Zue, 1941'de, aynı tipte bir makineyi, elektromekanik yollardan, elektromanyetik mıknatıs tekniğini kullanarak gerçekten yaptı. Bu makine yapısı bakımından görece daha geniş bir kullanım için tasarlanmıştı. Hiçbir zaman doğru çalışmayan, güvenilirlikten hep uzak olmuş Z3'tü bu.

Bu makineyi 1944'te yine elektromekanik çözümleyici bir makine olan ve –en azından kuramsal olarak– herhangi bir zincirleme işlemi otomatik şekilde yapabilen Z4'ün üretimi izledi.

Ancak, savaş yüzünden, bu makineler hiçbir zaman Nazi Almanyası dışında tanınmadı; zaten ilk üçü müttefik bombardımanlarıyla yok edildi. Dördüncüsü ise 1945'te Almanya'nın bozguna uğraması nedeniyle gerçekten işlemsel hale gelemedi.

Bununla birlikte, 1948'den itibaren Zuse yeni makineler yapmaya girişti; 1950'de ise bundan böyle elektronik bilgisayar üretiminde uzmanlaşacak olan kendi şirketi Zuse Kg'yi kurdu.

Göründüğü kadarıyla, Hitler Zuse'nin çalışmalarına ilgi göstermediğinden, Zuse'nin girişimleri, en azından savaş sırasında, kılgın bakımdan resmî kabul görmedi ve ola ki hiçbir destek olmadan yürütüldü.

Mucit, galiba, Alman üniversitelerinin ilgisini çekmek için her yolu denemiş: Ülkesinin temel araştırmalarında izlemek istediği rolün geleceğine kimse gerçekten inanmadığı için, bunlar boş girişimler olarak kalmış.

Zuse, para yardımı istediği bir makine yapımcısının, kendisine "Genç bir adamın hesap konusunda yeni fikirler geliştirmek için bu kadar zaman ve çaba harcaması hayranlık verici" dediğini anlatır. Sanayici daha sonra da "araştırmalarının mutlu sonuca ulaşması için verdiği bütün sözleri tuttuğunu, ancak, ne yazık ki hesap makineleri konusunda olanaklı bütün keşiflerin daha önce yapılmış olduğunu, bu alanda artık yeni fikirlere yer bulunmadığını söylemiş (K. Zuse [1] aktarıyor; R. Ligonnière de anıyor: *Ordinateur*, 20 Eylül 1982, s. 44).

Uzaktan bakınca bu adamın keskin görüşlülüğünün nerelere vardığını ve özellikle, bilmeden ne büyük bir sağduyu ve akıl göstermiş olduğunu anlıyoruz!

Nazilerin çözümleyici hesabın kazandıracaklarını görmüş olup olmadığını ve bilişimin geleceğine ilişkin bir tasarıları olup olmadığını

hiçbir zaman bilemeyeceğiz. Buna karşılık bildiğimiz şu ki, Reichsführer ve onun korkunç Gestapoları Alman bilimsel ortamını kısırlaştırmış, yok etmişlerdir.

Ne mutlu bize ki III. Reich'ın barbarlığı öngörüldüğü gibi binyıllarca sürmedi! Çözümleyici hesabın tutkunu olan Zuse ile meslektaşları *ülkelerinin yetkililerinden bekledikleri etkili desteği* gerçekten almış olsalardı gerçekleşecek olan felâket senaryosunu düşündükçe tir tir titriyoruz...

Stibitz: Çözümleyici Hesabın Amerikalı Öncüsü

Birleşik Devletlerde aynı yöndeki ilk önemli girişimler, New Jersey'deki Bell Telephone laboratuvarlarına (Bell Labs) bağlı olarak çalışan fizikçi ve mühendis Georg Robert Stibitz (doğumu 1904) tarafından gerçekleştirildi.

Stibitz'in esin kaynağı, kavramsal düzeyde dar olmakla birlikte, teknik bakımdan hesabın hata kaldırmadığı bir alandı: Koşu alanlarındaki bahis. J. Tricot şöyle diyor:

"Gerçekten güvenilir olan ilk toplayıcının (ya da o dönemin Anglo-Saxon deyimiyle *totalizator*'un ortaya çıkışı, İngiltere'de müşterek bahisin yasallaşmasından sonra olmuştur

"Basit bahisin tersine, müşterek bahisin, aynı koşu üzerine girilen bahisler olduğu için, toplama gerektirdiğini hatırlatalım. Dolayısıyla bahis oynamanın olanaklı olduğu her yerde, belli bir anda her at üzerine girilen bahis sayısının görünmesi gerekir (bu olmayınca, Paul Newman ile Robert Redford'un oynadığı, G. R. Hill'in yönettiği *L'Arnaque* adlı filmin senaryosundaki gibi, dolandırıcılık olur).

"Cam bir tüpün içine düşen çelik bilyeli toplayıcılarla birlikte telefon tekniği de (elektroniğin çıkışından önceki apartman zilleri gibi, elektromanyetik mıknatıslı) elbette kullanılıyordu.

"Ancak 1930 Ocak ayında British Thompson Houston, bir koşu alanından ötekine taşınabilen, *altı at üzerine dakikada 12 000 bahsi* kaydedebilen, tamamen elektrikli bilyesiz bir toplayıcıyı çalıştırdı! Birleşik Devletlerde (1928'de Baltimor'da) tasarlanan bu makine American Totalisator Co'nun ilk ürünüydü. Bu şirket 1933'ten itibaren bunun bir modelini ünlü koşu alanı Arlington Park'a yerleştirdi.

"Bu toplayıcıların hesap gücü zayıftı. Ama iyi çalışıyorlardı. Telefon tekniği de kimilerine fikirler verdi. Bunlardan biri, telefon mık-

natısları sayesinde [1937'de] toplama, çarpma, bölme, ikili-ondalık dönüştürme ve (-1'in kökü i'yi ya da elektrikçilerin alternatif akımın davranışını betimlemek için dedikleri gibi j'yi kullanan) karmaşık sayılar üzerinde işlemler yapabilen[9] ilk ikili devreleri (0 = kapalı, 1 = açık) tasarlamış olan, Bell Telephone Laboratories'in mühendisi George Stibitz'di. Bunun doğrudan ve mantıksal olarak yararlı bir uygulaması vardı: Telefon ağı" (bkz. Sv, no 741, Haziran 1979, s. 114 vd.).

Böylece Stibitz, telefon mıknatısları yardımıyla, ilk gerçek elektromekanik ikili hesap makinesi olan *ikili bir toplayıcı* yapmaya girişti.

R. Moreau [4] bunu şöyle anlatıyor: "Stibitz toplayıcısını bir hafta sonunda, çöpe atılmış birkaç mıknatıs, iki ampul ve bir tütün kabı kullanarak, evinde yaptı. Mıknatıslar, toplam 1 olduğunda iki ampulun yanacağı, 0 olduğunda ise sönük kalacağı şekilde kabloyla sarılmıştı. Bunlar 1937 yazında oluyordu.

"İkili olarak kodlanmış öğelerle işlem yapmayı sağlayan bu ilk aygıt, aritmetik ve mantıksal birimlerin iki değişmez fizik halden birini alabilen öğelerden yola çıkarak oluşturulacağı [otomatik sayısal bilgi işlem] makineleri çağını açıyordu.

"Stibitz, boş zamanlarında çarpma ve bölme aygıtları da yaptı. İşverenlerine de yaklaşık 50 000 dolara mal olacak [çözümleyici] bir hesap makinesi yapabileceğini söyledi. Kendisine yanıt olarak, hiç kimsenin hesap yapmak için böyle bir parayı harcamayacağı söylendi.

"Ancak Stibitz Bell Laboratuvarlarını karmaşık sayılarla işlemler yapabilen bir hesap makinesi üretmenin yararına inandırdı.

"Sayılar kuramını Stibitz'in kafasına sokmuş olan Sam B. Williams adında bir mühendis de ona katıldı ve ikisi birlikte 1939'un sonunda, kuşkusuz dünyada bilinen ilk [çözümleyici] hesap makinesi olan ve daha sonra *Bell Labs Relay Computer, Model I* denen [yahut *Bell Telephone Labs Computer, Model I* adıyla anılan] *Complex Calculator*'u ortaya koydular.

"Veri girişi uzakyazıcıyla yapılıyordu. Bellek ve hesap blokları toplam sayısı 400 olan telefon mıknatıslarından oluşuyordu.

Bell Telephone Laboratuvarlarının Getirdiği Bilişim Kavramları

Böylece Stibitz ile Bell Labs bilişim alanına bir dizi yeni kavram getirmişlerdi. İşte bazıları:

"[Bell Telephone laboratuvarlarının ilk hesap makinelerini hemen kendi gereksinimleri için kullandıklarını biliyoruz,] Bell Labs'ın yapılacak uzun hesapları olan iki başka topluluğu, *Complex Calculator*'a birer uzakyazıcı bağladılar. Bugün *veri iletme dizgesi* dediğimiz şeyin ilk yapılışıydı bu kuşkusuz. Makinenin paylaşımı şöyle yapılıyordu: Önce giriş isteyen ilk uzakyazıcıya hizmet veriliyordu, yani *Complex Calculator* kendisinden çağrı aldığı ilk uzakyazıcının kullanımına veriliyordu. Onun işi bitince beklemekte olan öteki uzakyazıcılar hesaba başlıyordu. (Bu sisteme çoğu kez FIFO, *First In, First Out* denir).

"Ancak daha iyisi de olmuştur. 1940 Eylül'ünde, American Mathematical Society'nin[10] kongresinin yapıldığı New Hampshire'da, Stibitz New York'ta bulunan Bell makinesine telgraf hattını kullanarak bir uzakyazıcı bağladı. Katılanlar, Hanover'den *Complex Calculator* üzerinde işlem yapabiliyor, yanıt bir dakikadan daha kısa sürede kendilerine ulaşıyordu. Bu kesinlikle *uzaktan işin* (ingilizcede: *Remote job entry*) ilk kullanımı ve *telematik*in doğuşuydu.

"1939'dan itibaren uzaktan iletişimin günün birinde bilişimde oynayacağı son derece önemli rol hissedilmeye başlıyordu.

"Stibitz ayrıca, 1942'den itibaren, üzerinde hesap yapılan sayılar çok büyük olduğunda, onları 10'a, 100'e, 1000'e ... bölmeyi, sonra da tam sonucu bildirmek üzere bu işlemleri anımsamayı sağlayan *kayan aritmetik*'i icat edecektir. Bu aritmetik günümüzün tüm bilgisayarlarında pratik olarak kullanılmaktadır..." (R. Moreau [4]).

Böylelikle, George Stibitz, Amerikan bilişiminin büyük öncüsü, çok özel bir işlevi olmakla birlikte, yapısı bakımından çözümleyici bir hesap makinesi olarak tasarlanmış fiziksel, işlemci ve güvenilir bir makineyi sona erdiren tarihteki ilk kişilerden biri olmuştur.

Onun ilk hesap makinesinin olanakları yine de çok sınırlıydı, çünkü karmaşık sayılar üzerinde yalnızca dört temel işlemi yapabiliyordu.

"Bundan ötürü, [önceden belirlenmiş sıralara göre program değişmesinin temel sorunları ve hesaplarda hata bulma ile ilgili çalışmalarına İkinci Dünya savaşı nedeniyle maddî destek sağlayan] Stibitz uzakyazıcılardan alınmış delikli bir kâğıt yardımıyla kendisine iletilen yönergeleri gerçekleştirerek "en azından çokterimli anlatımları değerlendirebilen [yapısal bakımdan daha geniş işler yapmak üzere tasarlanmış] yeni bir makine gerçekleştirdi. Bu, 1942'de yapılıp işletilen [ve 1961'e dek işleyecek olan] *Bell Labs Relay Computer, Model II* (sonraki adıyla *Relay Interpolator*) idi. [Ancak] *Model II*'nin, bu hesapları yap-

mak için, kendisini çokişlevli [çözümleyici] bir makine olarak görmeye izin vermeyen çok sınırlı bir koşullu yönerge biçimi vardı. Bundan ötürü bir sonraki *Bell Labs Relay Computer, Model III* yapıldı [bu, hâlâ *Ballistic Computer* adıyla bilinir; 1942'de başlanıp Haziran 1944'te bitirilmiştir ve atış kontrolüne yöneliktir. 1958'e dek US Navy'nin araştırma laboratuvarlarında kullanılacaktır]. Bu diziden ilk çokişlevli [çözümleyici] bilgisayar [ise] *Bell Labs Relay Computer, Model V* olmuştur. 1946'da yapılan bu bilgisayarda yaklaşık 9 000 mıknatıs kullanılıyordu, aşağı yukarı on ton ağırlığındaydı ve 105 metre karelik bir yer kaplıyordu. 7 ondalık rakamlı iki sayının toplanması 300 milisaniye, çarpımları bir saniye, bölünmesi 2,2 saniye sürüyordu" (R. Moreau [4]).

İkinci Dünya Savaşının Doğurduğu Gereksinimler

1940'lı yılların başına dönersek, çözümleyici hesabın gelişmesi asıl yükselişini savaşın getirdiği bilimsel ve askerî gereklerden ötürü, savaş sırasında göstermiştir. Bunun nedenleri de şunlardır:

1- Almanlarla Japonların gizli iletişimindeki gizli yazıyı ivedilikle çözmeyi başarmanın çok önemli olması. (Ne sezgisel yoldan ne de yapay olmayan çözümleyici bir çalışmayla kod anahtarına ulaşılabilen şifreli düşman haberleşmesinin gizini delmek amacıyla yalın, güvenilir, hızlı ve etkili bir yöntem geliştirmek söz konusudur).

2- Topçulukta daha etkili bir nişanlama için analojik hesap makinelerinkinden daha büyük kesinlikte hesaplara ulaşma kaygısı.

3- Simülasyon sorunlarını çözmenin gittikçe daha gerekli hale gelmesi.

4- Son olarak hava akınlarında radarla ilgili sorunlar gibi karmaşık sorunları çözme gerekliliği.

Babbage'ın Düşü Gerçek Olunca

Öte yandan, *Bell Labs Relay Computer, Model V* (1946'da gerçekleştirilen) dışında, sözünü ettiğimiz bütün makineler yapısal bakımdan yalnızca tek bir özel işlem kategorisini yapmak üzere tasarlanmıştı.

Örneğin Zuse'nin ilk hesap makineleri –doğru işledikleri bir gün olduysa– yalnızca cebirsel denklemleri çözebiliyorlardı. Stibitz'in ilk hesap makinesi ise yalnız karmaşık sayılarla hesap yapabiliyordu.

Dolayısıyla yavaş yavaş şu soru sorulmaya başladı: Özel işlevi olan bir sürü hesap makinesi yapmak yerine çok geniş bir problemler kategorisini çözebilen çok daha genel bir makine tasarlanamaz mı?

Bu tamı tamına İngiliz matematikçi Charles Babbage'ın yüz yıl önce düşündüğü *genel amaçlı bilgisayar* sorusuydu. İkinci Dünya Savaşının bu zor günlerinde yeniden sorularak *çokişlevli çözümleyici hesap makinelerini*, yani yapıları bakımından geniş bir işlemler kategorisini yapmak üzere tasarlanmış makineleri tasarlayıp yapmayı olanaklı kılan soruydu.

1937'de Harvard (Cambridge, Massachusetts) üniversitesinde fizik profesörü olan Howard Hathaway Aiken (1900-1973), insanın olanaklarıyla çözülmesi çok yorucu bir çalışmayı gerektiren karmaşık matematiksel problemlerle karşı karşıya kaldı. Böylece, bir sonraki yıldan itibaren, yönergeler programının sonunda, herhangi türden matematiksel problemlerle ilgili zincirleme işlemleri hiçbir insan müdahalesi olmadan yapabilen bir makine yapma projesine girişti.

Zamanla, istatistik mekanografisinin delikli kartlı makinelerinde kullanılan tekniklerin fizik bakımdan böyle bir makine yapmasına izin vermesi gerektiğini açıkça gördü. Böyle bir hesap makinesinin temel kavram çerçevesine gelince, onu da kuşkusuz Babbage'da buldu (Aiken 4 Kasım 1937'de bu amaçla kaleme aldığı makalenin tarihsel girişinde aynı göndermeyi yapar; bkz. Aiken ve Hopper).

İlk araştırmalar üniversitenin kendi para kaynaklarıyla yapıldı, ama bu planları gerçekleştirebilmek için çok daha hatırı sayılır destekler gerektiği çabucak anlaşıldı.

O zaman Aiken, projenin para kaynaklarını sağlamayı kabul eden ve en iyi mühendis ve teknisyenlerinden üçünü vererek şirketinin bütün bilgi birikiminden, deneyiminden ve teknik uzmanlığından kendisini yararlandıran IBM başkanı Thomas Watson'la ilişki kurdu. Sözünü ettiğimiz üç mühendis ve teknisyen C.D. Lake, F.E. Hamilton ve B.M. Durface'di.

Böylece sonunda, 1943 Ocak ayının güzel bir gününde, Babbage'ın düşü elektromekanik yollardan gerçek oldu. Gerçekte IBM ASCC *(IBM Automatic Sequence Controlled Calculator)* denen makinenin gerçekleşmesiyle somutlaşmıştı.

Aiken'in ortaya koyduğu ve daha çok *Harvard Mark I* adıyla bilinen makine uzun süre çeşitli denemelere tutulacağı IBM laboratuvarlarında, Endicott'ta doğmuştu.

Bu, *tarihin tam olarak bitmiş, işlemsel ve güvenilir ilk çokişlevli çözümleyici hesap makinesiydi.*

Sökülüp Cambridge'e taşınan bu hesap makinesi daha sonra Harvard Üniversitesinde Cruft laboratuvarında yeniden monte edildi ve ancak 1944 Mayısında işlevsel hale geldi.

Harvard - IBM Makinesi

Harvard Mark I'in işleme ilkesi özünde mekanikti ve elektromıknatıslarla kumanda edilen bağlama düzenleri kullanıyordu.

Hesap makinesi 16 metre uzunluğunda, 2,60 metre yüksekliğinde 0,60 metre genişliğindeydi. Toplam ağırlığı 5 tondu ve 1000'den fazlası bilyalı rulman olan 750 000 ayrı parçadan, 850 kilometrelik elektrik kablosundan, 175 000 elektrik bağlantısından ve 3 milyon lehim noktasından oluşuyordu.

Bu etkileyici makinede, uzunlamasına bakıldığında şunlar vardı:

1- Üzerinde (bizim mutfak ocaklarımızdakilere benzeyen) birçok döner düğmenin bulunduğu iki pano. Düğmelerin her biri 0'dan 9'a kadar on konumluydu. Bunlar kullanılarak çözülecek problemler elle kaydediliyordu. Bütününde her biri 23 rakamlı 60 değişmez yazılabiliyordu. Bu değişmezler bir hesap sırasında makine tarafından kullanılabiliyordu. Ayrıca bunların değerleri insan müdahalesi olmadan makine tarafından değiştirilebiliyordu.

2- Sayıları hazır tutmayı sağlayan 72 sayacın öbeklenmiş bulunduğu bir dizi pano. Bunların her biri 23 rakamlı bir sayı içerebiliyordu ve 10'ların aktarımı için bir sistemle donatılmıştı.

3- Çarpma ve bölme işlemlerini yapmak için özel olarak tasarlanmış bir dizi pano.

4- sin x , log x ve 10^x fonksiyonlarını hesaplamayı amaçlayan, gerektiğinde de başka trigonometrik, logaritmik ve üslü fonksiyonları türetmeye yarayan başka panolar.

5- Fonksiyonların delikli şeritlerde saklanan ve içdeğerbiçmeyi sağlayan önceden hesaplanmış değerlerini alma olanağı veren aygıtların bulunduğu başka panolar.

6- Enlemesine 24 konumlu delikli şeritler üzerinde makinede gerçekleştirilecek programların "yönerge öbeklerini" *(instruction lines)* okuyan işletim organı. Silindirlerin kılavuzluk ettiği bu delikli şeritler, deliklerden geçerken elektrik teması yaratan 24 noktası olan bir okuma aygıtı-

nın önünden geçiyordu; şeritlerin delinmesi için seçilen düzenlemeye göre, dizge, bir hesabın yapılması için programlanmış dizilerin zincirlenmesine kumanda ediyordu. Her delikli şerit sırasının, "I aygıtındaki sayıyı, sonra onun II aygıtındaki karşılığını al ve III aygıtını kullanarak işlemi yap" türünden bir yönergeye karşılık gelen sekiz delikli üç öbek içerebildiğini de ekleyelim.

Girişte, makine iki delikli kart dağıtıcısı ile bir deliciden, çıkışta ise, işletim organının komutu üzerine yapılan hesapların kesin sonuçlarının kaydını yapmaya yönelik iki elektrikli yazı makinesinden oluşuyordu.

Ayrıca, hesap makinesinin zaman birimi saniyenin 3/200'üne eşit olan bir eşzamanlılaştırma saati içerdiğini belirtelim. Bu saat o döneme göre çok iyi işliyordu. Bir toplama için 0,3 saniye; bir çarpma için yaklaşık 6 saniye; bir bölme için ortalama 11,4 saniye; sinüs hesabı için 1 dakika; ondalık üs alma için 1,12 dakika; ondalık logaritma hesabı için 1,84 dakika.

Bununla birlikte, Aiken, Babbage'ın çalışmalarını bilmesine karşın, koşullu çatallanmalar için hiçbir öngörüde bulunmamıştır. Ama daha sonra makinesine yardımcı bir işletim organı ekleyerek buna çare bulacaktır.

Son olarak, bu makinenin hesap sonuçlarında aşağıda söz konusu edilecek olan ENIAC'tan son derece daha yüksek bir güvenilirlik oranı olduğunu, buna karşılık bu elektronik hesap makinesinden çok daha yavaş olduğunu belirtelim.

Arızalarına gelince, işleyişini kişisel olarak aylarca izleyenler, yirmi dört saat üzerinden yirmi dört saatlik bir çalışmada bu makinelerin haftada bir kez arızalandığına, bozulan düzeneklerin tamirinin de en iyi durumda birkaç dakika, ortalama yirmi dakika, en kötü durumda ise birkaç saat sürdüğüne tanıklık ettiler (bkz. J. Pérès, L. Brillouin ve L. Couffignal).

Savaşın son aylarında US Navy'nin özel gereksinimleri için, balistik problemlerini çözmek üzere, Harvard Mark I ortaya kondu. (Ama doğal olarak, sonradan çok daha geniş bir problemler kategorisini çözmek için kullanıldı ve bu, yok olup gideceği 1959 yılına dek sürdü.

Aiken'in Öteki Hesap Makineleri

Ancak bu arada Howard Aiken yalnız US Navy için değil, US Air Force... için de başka makineler yaptığı bir hesap laboratuvarı kurdu. Yaptığı makineler *Mark II, Mark III* ve *Mark IV* adlarıyla bilinir.

R. Moreau'nun [4] aktardığı gibi:

"*Mark I*'nin ilk fikri 1944'e dayanır, ama bu hesap makinesi ancak 1947'de tamamen gerçekleştirilmiştir. Ondalık olan bu makine on ondalık rakamı olan sayılarla işlem yapıyordu. Başka ilginç özelliklerinin yanı sıra, ilk *BCD kodunu*[11] kullanma özelliği vardı.

"*Mark II*, yine ilginç bir özellik olarak, *kayan bir virgül* kullanıyordu: Bu, Bell Labslardan sonra bunu yapan ikinci makine oldu.

"*Mark II*'yi *Mark III* (1949) izledi. Bu makine elektromekaniği bırakıp elektroniğe, göreceğimiz gibi, daha 1949'da bilinmekte olan teknolojiye geçti. Bu hesap makinesinin ilk *tekerli belleklerden* birini taşıdığını belirtmek gerekir.

"Sonra ilk belleklerden birini taşıyan *Mark IV* (1952) geldi."

Elektromekanik Hesabın Sınırları

Böylece, otomatik sayısal hesabın tarihinde Harvard Üniversitesinin *Mark I*'i elektromekanik yollardan ortaya konmuş ve tamamen bitmiş ilk çokişlevli çözümleyici hesap makinesi olmuştur.

Ancak büyük hacimli, pahalı, düşük güçlü makineler üretecek olan bu teknoloji, çözümleyici hesap ve verileri yapay olarak işleme konusunda daha fazla ilerleme sağlayamayacak kadar sınırlıydı.

Bu alanda en önemli aşama ise elektroniğin gelişmesiyle aşılacaktı.

Elektronik Devrim

Elektroniğin tarihi Alman Heinrich Geissler (1815-1879), Julius Plücker (1801-1868) ve Johann Hittorf'un (1824-1914) katkılarıyla belirlenen zorunlu hazırlık çalışmalarıyla birlikte başlamıştır. İngiliz William Crookes'in (1832-1919), Fransız Jean Perrin'in (1870-1942), İngiliz Joseph Thomson'un (1856-1940) ve İrlandalı George Stoney'in (1826-1911) çalışmalarıyla devam etmiştir. Bu araştırmalar *elektron* denen parçacık fiziğinin gelişmesini sağlamıştır.

Ancak, 1897'de Alman Karl Ferdinand Braun'un (1850-1918) yaptığı katot ışınlı salınımölçerin keşfi dışında, tam anlamıyla *elektronik* teknolojisinin tarihi 1883'te Amerikalı mucit Thomas E. Edison'un (1847-1931), boş bir tüpün içinde sıcak bir elektrottan soğuk bir elektrota akım geçebildiğini (tersinde olmaz) ve ince bir metal tel üzerine akım gönderildiğinde telin ısınarak serbest elektronlar yaydığını keşfetmesiyle başladı.

Sonraki aşama, 1904'te, boş bir tüpün içine pozitif elektrik yüklenmiş küçük bir maden levha yerleştirerek Edison'un "termo-iyonik" denen etkisinden yararlanmayı düşünen İngiliz Fizikçi A. Fleming'in (1849-1945), bu yolla radyo-elektrik salınımları ortaya çıkarmayı amaçlamasıyla aşıldı. Isıtılan telin yaydığı serbest elektronlar levha üzerine doluşuyor ve *bir elektrik akımı* yaratıyorlardı.

Sonradan *diyot* adıyla anılan *salınım valfi* ya da *Fleming valfi* böyle icat edildi.

Ardından, tüpün içine, levha ile tel arasına üçüncü bir elektrot eklemeyi düşünen Amerikalı Lee de Forest (1873-1961) 1907'de *triyotu* keşfetti; bunun etkisi de *elde edilen akımları güçlendirmek* oldu.

Böylece elektronik tüplerin gelişmesine yol açıldı ve radyo alıcıları olanaklı kılınarak radyofonik sanayinin yükselişi başlatıldı.

Elektronik Hesabın Doğuşu ve Gelişmesi

Ancak giderek bu *boş tüplerin* elektrik sinyallerinin *yer değiştirmesi* için kullanılabileceği anlaşıldı.

Böylece, özellikle elektromanyetik mıknatısları kullanmak yerine aritmetik hesapları elektronik tüplerle yapmanın olanaklı olduğu keşfedilince, *elektronik* hesabın gelişmesine yol açılmış oldu.

Bir bilgi kodlama düzeneği ortaya konarak *sayısal* tipten elektronik hesap makinelerine ulaşıldı.

Bu sırada, İngiliz W.H. Eccles ile F.W. Jordan ünlü *flip-flop*'u keşfettiler. Bu, kendine özgü özelliği olan iki triyotlu bir aygıttı. Aygıtın girişlerinden birine uygulanan her gerilim iki triyotu bir halden öbürüne çeviriyordu. Başka deyişle *flip-flop* elektronik bir çiftkararlı ikili devreydi[12]. 1919'da gerçekleşen bu keşif ilk *ikili elektronik devrelerin* yapılmasını sağladı.

Bu demektir ki, bütün gerekli devreler yapılıp işletilince, elektromanyetik mıknatıslarla yapıldığı gibi, tüm aritmetik işlemleri iki boş tüpten oluşan bir çiftkararlı ikili devreyle yapmanın olanaklı olduğu görüldü. İkili bir kod temeli üzerinde bir bilgi kodlama düzeneği (uylaşımsal olarak 0 ve 1 rakamlarıyla betimlenen iki büyüklüğe indirgenmiş bir biçim altında, ikili olarak verileri betimlemeyi sağlayan kurallar bütünü) ortaya konarak, *ikili hesap makineleri tekniği* yaratıldı. İkili dizgenin elverişliliği her gün biraz daha açık hale gelince, *elektronik ikili hesap teknikleri* yavaş yavaş benimsenip geliştirildi (bkz. 31. Bölüm).

Ancak bunu başarmak için şu güçlüğü aşmak gerekti. Başlangıç verileri makineye ondalık bir anlatımla verildiğinden girişte bir ondalık-ikili çeviri aygıtı, çıkışta da bir ikili-ondalık çeviri aygıtı bulunması gerekliydi. Söz konusu makine (ilkin çözümleyici hesap makineleri, sonra elektronik bilgisayarlar) giderek daha çok sayıda ara aşamalar içeren daha karmaşık hesaplar yapmaya başlayınca bu gereklilik iyice büyüdü.

Böylece, elektronik sayesinde, makineler ikili olsun ya da olmasın, işlemler artık elektronik devreler yardımıyla, yapılarına, sağlamlıklarına, güvenilirliklerine, hızlarına, boyutlarına ve güçlerine her gün büyük bir ilerleme getiren teknolojik ilerlemeye uygun olarak, çok daha kolayca yapılıyordu.

Elektronik, yapay hesap alanında, yüzyıllardır ortaya konmuş temel ya da karmaşık her türlü soruna basit, ince ve çok etkili çözümler getirmekle kalmamış, Babbage'ın çözümleyici hesap makineleri ile sıradan hesap makinelerinin çok sınırlı olan olanaklarını da aşmıştır.

Ancak buna karşılık, bu teknoloji, mühendisler ile teknisyenleri makinelerin kavram çerçevesini ve yapısını tamamen gözden geçirmeye, organlarının ve oluşturucu parçalarının yapısında köklü değişiklikler yapmaya zorladı.

Kuşkusuz XX. yüzyılın en önemli olaylarından biri olan elektronik hesabın ortaya çıkışı ve yükselişi, elektriğin yalnız bir enerji kaynağı olarak, yalnızca birtakım devinimleri kolaylaştırmaya yönelik bir devindirici güç olarak görülmediği yepyeni tekniklere yol açmıştır: *Bilgi kuramının gelişmesi sayesinde, doğrudan doğruya elektriği kullanarak artık çok etkili bir otomatik bilgi işlem aracı ve gerçek bir iletişim temeli haline getirilmiştir.*

Elektronik denen ve hem elektrik alanından hem de elektroteknik alanından farklı olan bu disiplin, işte tam da bu yepyeni işlev sayesinde yaratılabilmiştir.

Bu teknoloji, çok çeşitli gereksinimlerle ve çeşitli olanaklı kullanımlarıyla, insanlığa çok geniş ufuklar açan ve akla gelmeyecek ya da uzun süre çözülmez diye görülmüş sorunların çözümünün günlük bir gerçeklik haline gelmesini sağlayan yeni kavram çerçevelerine yol açmıştır: Radar icat edilmesi, iletişim araçlarının ortaya çıkışı, radyonun ve televizyonun gelişmesi, sesten hızlı uçakların, füzelerin yapılması... bunlar arasındadır.

Ancak, matematikte, simgesel mantıkta ve otomatlar, programlama, otomatik kumanda süreçleri, sayısal yapay bilgi işlem teknikleri

alanında yüzyıllardır kazanılmış ilerlemelerden yararlanarak, bu devrimci teknoloji, ayrıca ve özellikle, aralarında doğal olarak bugünkü elektronik bilgisayar makinelerinin de bulunduğu gittikçe daha görkemli başarılara ulaşma olanağını sağlamıştır.

Ama buna karşılık, bilgisayarların ortaya çıkardığı gereksinimler de elektronik alanındaki ilerlemelerin itici güçlerinden birini oluşturmuştu.

Elektroniğin Yapay Otomatik Hesaba İlk Uygulamaları

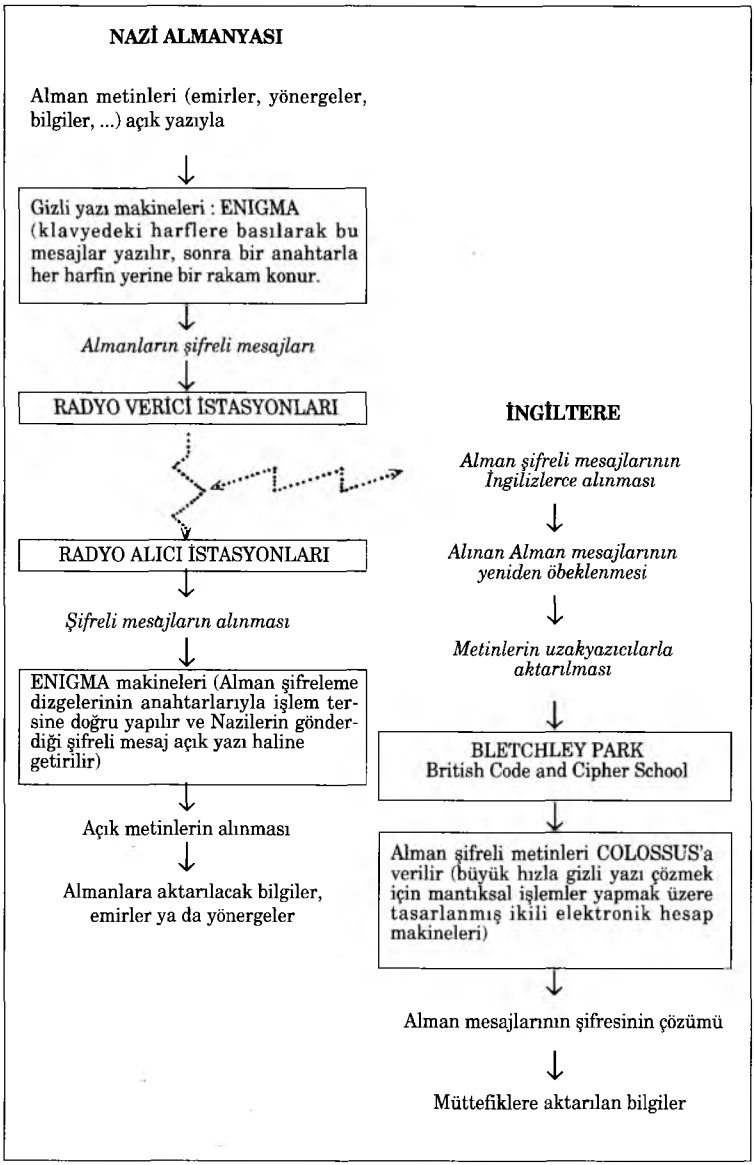
İlk kıpırdanmalara geri dönersek, bu teknolojiyi uygulamaya sokan ilk girişimler 1939'da Birleşik Devletlerde, John Vincent Atanasoff (1903 doğunlu) ile Clifford Berry (1916-1963) küçük bir ikili sayısal hesap makinesi (hiçbir zaman tamamlanmadıysa da) yaptıkları zaman görüldü. ABC (Atanasoff-Berry Computer) denen bu makine, yapısı bakımından doğrusal denklem dizgelerinin çözümü için tasarlanmıştı. Çok ilginç özellikleri olan bu aygıt (en azından kısmen) elektronik parçalar kullanıyordu. Ne ki bu makine fiziksel ve mantıksal yapısı bakımından çok başlangıç düzeyindeydi ve doğrusunu söylemek gerekirse, çözümleyici bir hesap makinesi değildi (programlanabilir değildi). Üstelik hiçbir zaman doğru işlemiyordu.

Aynı yöntemi başka bir girişim de aynı anda ve görünüşe bakılırsa deminkinden bağımsız bir biçimde, 1941'de Almanya'da, Berlin Technisches Universität'te, mühendis Helmut Schreyer'in daha önce Konrad Zuse'nin elektromekanik yollardan tamamlamaya çalıştığı hesap makinelerinden birinin elektronik bir değişkesini üretmeye çalıştığı zaman yapıldı.

Aynı yönde başka girişimler de oldu: 1942'de J. Desch, H.E. Kniess ve H. Mumma'nın Ohio, Dayton'daki NCR laboratuvarlarında geliştirdikleri deneme niteliğindeki elektronik "dört işlem" makinesi; aşağı yukarı aynı dönemde, B.E. Phelps'in Birleşik Devletler, Endicott'taki IBM laboratuvarlarında geliştirdiği yine deneme niteliğindeki elektronik çarpma makinesi.

İngiliz Colossusları: İlk Tam Elektronik Şifre Çözücü Hesap Makineleri

Ancak, doğrusu, bu alandaki ilk büyük ilerleme İkinci Dünya Savaşının sona ermesinden az önce, İngiltere'de, Bletchley Park'ta, British



Şekil 32.1 - İkinci Dünya Savaşının sonunda radyolarla ve elektronik hesap makineleriyle şifre savaşı. Yazarın R. Ligonnière'e [1] dayanarak yaptığı çizelge.

Code and Cipher School'un bir ekibi, M.H.A. Newman ve T.H. Flowers'ın yönetiminde *Colossus* adıyla bilinen şifre çözücü güçlü makineleri yaptıkları zaman gerçekleştirildi (bkz. R. Ligonnière, in: In Pr, no 24, Haziran-Temmuz 1984, s. 97 vol.; ayrıca bkz. Good; Lavington (2); Metropolis, Howlett ve Rota; Michie; Randell [1]).

1943'ten itibaren büyük bir askerî gizlilik içinde üretilen bu makineler yapısal bakımdan Alman şifre dizgelerinin kod anahtarlarını belirlemek ve şifreli metinleri açık metin haline getirmek üzere mantık problemlerini çözmek için tasarlanmış tam elektronik çözümleyici ikili hesap makineleriydi. Amaç, Nazilerin aralarında ünlü *Enigma*'nın da bulunduğu gizli yazı makineleri alanında gösterdiği ilerlemeyi hızla yakalamaktı (bkz. şek. 32.1).

Başka özelliklerinin yanı sıra bu makinelerin şu özellikleri vardı:

– İkili mantıksal hesaplar yapabiliyordu;

– koşullu çatallanmalarla donatılmıştı;

– işlem sonuçlarını otomatik olarak (elektrikli) yazı makineleriyle yazabiliyordu;

– önceden verilmiş işlevleri yerine getirmek üzere belirlenmiş programları kaydedebiliyordu;...

Ayrıca belirtelim ki, "çatışma sırasında İngilizler aldıkları 75 000 mesajın şifresini çözmüşlerdir. Bütün askerî harekâtlar elde edilen bilgilerin işlenmesiyle yapılmıştır. Savaştan sonra kimi ülkeler şifreleme için hâlâ *Enigma*'ya benzer makineleri kullandığından, İngilizler bu çeşit şifre çözümünün elektronik [çözümleyici] hesap makineleriyle yapılabildiğini açığa vuran her türlü bilgiyi yasaklamışlardır" (R. Ligonnière; in: *Ordinateurs*, 19 Kasım 1984, s. 42).

Amerikan ENIAC'ı: İlk Tam Elektronik Çokişlevli Çözümleyici Hesap Makinesi

Elektronik hesabın tarihindeki öteki büyük aşama, Birleşik Devletlerde, fizikçi John Presper Eckert (1919 doğumlu) ile John William Mauchly'nin (1907-1980) –kuşkusuz (en azından kısmen) Atanasoff ile Berry'nin fikirlerinden esinlenerek– matematikçi Hermann Heine Goldstine'nin (1913 doğumlu) işbirliğiyle, daha çok ENIAC adıyla bilinen *Electronic Numerical Integrator and Computer*lerini tasarladıkları zaman geçildi.

1943'te planlanan ve 1945 Ağustosunda tamamlanan bu makine Pennsylvania Üniversitesinde, Moore School of Electrical Engine-

ering'te yapıldı. Belleğe alma ve hesap elektronik devrelerle gerçekleştirildiği ve makinenin kendisi yapısı bakımından geniş bir işlemler kategorisini yapmak üzere tasarlandığı için, ENIAC *tarihin ilk tam elektronik ve işlemsel çokişlevli çözümleyici hesap makinesi oldu.*

30 ton ağırlığında, 72 metrekare yer kaplayan çok etkileyici bir makineydi bu. 6 metre genişliğinde, 12 metre uzunluğunda bir U oluşturan makine üç metre yüksekliğinde, 60 santimetre genişliğinde ve 30 santimetre derinliğinde, bir sürü düğmesi ve lâmbası olan kırk kadar maden panodan oluşuyordu.

Tamamen elektronik olan bu makinede 18 000 boş tüp vardı ve bunlar makine çalışırken 200 kilowat harcıyordu. Öyle ki binlerce elektronik tüp içeren parçanın içine bir üfleme ve soğutma sistemi koymak zorunlu olmuştu. Makine ayrıca 10 000 kondansatör, 6000 kumanda düğmesi, 1500 mıknatıs içeriyordu. 50 000 resistans ve 500 000 lehimle yapılmıştı.

Ayrıca dakikada 120 kartlık bir işlemle delikli kartları okuyabilen, verilerin hesap makinesine verilmesini sağlayan bir okuyucu vardı. Hesap sonuçlarının çıkışı ise dakikada 100 kart delen ya bir kart deliciyle ya da akümülatörün ön panosu üzerindeki küçük lâmbalar yardımıyla yazılmış sayıların doğrudan okunmasıyla yapılıyordu. Ama giriş de aynı şekilde, söz konusu verilerin yapısına göre, hesap makinesine yaptırılmak istenen işe uygun olarak makinenin çok belirli parçalarına bağlanabilen üç hareketli panoyla yapılıyordu. Bu panoların kendileri gerçekleştirilecek program yönergelerini alma amaçlı "işlev tabloları" oluşturuyordu.

1456 düğmeden oluşan bu kumanda tablolarının her biri 14 sayısal konumlu 104 bilgiye kadar kayıt yapabiliyordu. Ama ancak elle yapılabilen bu kayıt insan işlemcilerin bir veriyi ya da bir yönergenin öğelerini oluşturan sayıları rakam rakam girmesini gerektiriyordu.

Bütün verileri ve yönergeleri üç panoya birden girmek gerektiği için, hesap makinesini çalıştırmadan önce 4368 düğme konumunda işlem yapmak zorunluydu. İşlemleri başlatmadan önce makineye herşeyi yazmak, başlangıç programının yönergelerinde öngörülmeyen özel bir işlem gerçekleştirmesi isteniyorsa gerekli bütün ayarları yapmak gerekiyordu.

Bu yorucu müdahalelere bir program değişikliğinin ve bir sonraki programın hazırlanmasının gerektirdiği oldukça uzun zamanı da ekleyelim. Çünkü bu durumda bağlantı hatlarını, fişleri ve düğmelerin konumlarını değiştirmek gerekiyordu ve bu, hatırı sayılır bir hata kaynağıydı.

Dahası, makine sık sık bozuluyor ve hiç doğru hesap yapmıyordu. ENIAC'ın icatçıları da sonradan, insan hatalarını da dahil ederek, makinelerinin ancak 100'de 20 doğru sonuç verdiğini itiraf ettiler.

Yine de bu makine elektronik tüplerin geniş bir kategorideki hesapları yapabildiğini göstererek birinci sıradan bir tanıtlama sağladı.

ENIAC, kendi çağına göre, eşi görülmemiş hızından ötürü çok büyük bir başarı göstermiştir. Örneğin bir toplamayı 200 mikrosaniyede (saniyenin 200 milyonda biri), bir çarpmayı (on rakamlıyı on rakamlıyla çarpmayı) 2,8 milisaniyede, bir bölmeyi (bölümü on rakamlı olan bölmeyi) 6 milisaniyede yapıyordu.

Hesap makinesine şan getiren şu slogan buradan çıktı: "ENIAC koca bir havan topu mermisinin yolunu mermi daha hedefine varmadan hesaplayabilir!"

Bu makinenin küçümsenemeyecek bir özelliği de *Harvard Mark I*'den bin kat daha hızlı çalışmasıydı. Harvard Mark I'in 1/3 saniyede yaptığını, ENIAC 1/3000 saniyede yapıyordu.

O dönem için olağanüstü olan bu niteliği bir yana, güvenilirlikten ve sağlamlıktan yoksundu. İşleyişinde arızalar, kusurlar vardı. Bunlar elbette teknolojik ilerlemenin yakında düzelteceği kusurlardı.

Önceki Çözümleyici Hesap Makinelerinin Yapısal Sınırları

Ancak, ne Harvard Mark I, ne ENIAC ne de daha önceki hesap makinelerinin herhangi biri sözcüğün gerçek anlamıyla bilgisayar olabilmiştir. Bunlar henüz yapısal bakımdan Babbage'ın *Çözümleyici Makinesiyle* akraba hesap makineleridir.

Bu makinelerin hiçbiri *programlama dizgelerinin dışsal olması* anlamında, evcilleştirilememiştir. Başka deyişle, yönergeleri depolama aygıtları, ancak alınmış ve işlenmiş verileri korumaya yönelik olan iç belleklerinden ayrıydı.

Bundan ötürü, yönerge dizileri hesap sonuçlarından bağımsız olarak gerçekleştiriliyor, *işlem sırasında olan hiçbir olay işleyişi değiştiremiyordu.*

Başka deyişle, *işlem bir kez başladı mı, bu hesap makineleri işlem sırasını kendi kendine değiştirmek için belirli bir program yönergesini otomatik olarak bulamıyordu.* Bütün kararları vermek için bir insan işlemci gerekliydi.

Elbette çözüm, programlama dizgesi için belleğin içine yerleştirilmiş olan ve yönergeleri de verileri işlediği gibi işleyebilen programlanabilir, çokişlevli bir sayısal otomat tasarlamaktı. Bunun adı *kayıtlı program* çözümüdür. Görünüşte çok basit olan bu çözüm için dönemin en derin matematiksel soyutlamalarından birinin yapılması gerekmiştir.

Kayıtlı Programlı İlk İşlemsel Çokişlevli Çözümleyici Hesap Makinesi

1940'lı yılların ortasından itibaren, kimi mühendisler kayıtlı programın çok önemli olduğunu hissettiler; kimileri de haklı olarak yönergeleri makinenin iç belleklerine yerleştirme fikrinden elde edilebilecek büyük yararın altını çizdiler; böylelikle makineye çok büyük bir işletim esnekliği verilebilirdi.

Bu düşünce 1945'de Harvard Üniversitesinde o zamana dek *Mark I*'ın ekibinden biri olan matematikçi Robert R. Seeber tarafından Howard Aiken'e önerildi.

Ne ki Aiken bu fikre şiddet dolu bir düşmanlık gösterdi. Gittikçe artan fikir ayrılıkları iki adamı karşı karşıya getirdi; öyle ki Seeber Harvard ekibini terk edip IBM şirketinin hizmetine girdi. IBM'in o yıldan itibaren, teknolojik gelişmeler sayesinde, Aiken'in makinesinden daha güçlü, daha gelişmiş, daha başarılı bir çözümleyici hesap makinesi yapmayı tasarladığını söylemek gerek.

Böylece, 1947 Ağustosunda, Columbia Üniversitesinden gökbilimci Wallace J. Eckert'in yönetimi ve Frank E. Hamilton ile R.R. Seeber'in katkılarıyla, SSEC *(Selective Sequence Electronic Calculator)* adı verilen dev makine doğdu.

Makinenin halk önünde açılışı, bu yeni aygıtı "Dünya Bilimine" adayan ve üzerine "Bu makine, uzayın, zamanın ve fizik koşulların sonuna dek, insan düşüncesinin ürünlerini işlemesi için araştırma kurumlarının, devletin, sanayinin istediği katkıyı getirecektir" yazısını taşıyan bir levha iliştiren IBM başkanı Thoman Watson tarafından yapıldı.

Doğrusu, SSEC geniş ölçüde gökbilim problemi için kullanıldı. O güne dek yapılmış olanların hepsinden daha kesin bir ay günlükleri çizelgesi hazırlandı. Özellikle ay çevresinin enlem, boylam ve ıraklık açısı bakımından 12'şer saatlik değişkelerinin bir çizelgesini yapmayı

sağladı. Bunlar da yirmi yıl sonra "Apollo" projesinin hazırlanışı sırasında, 20 Temmuz 1969 günü Ay'a inecek ilk insanların varış koşullarını belirlemekte kullanılan öğeler oldu (bkz. R. Ligonnière, in : *Ordinateurs*, 24 Eylül 1984, s. 38 vd.).

Bu makine teknik bakımdan, ENIAC'ın kanıtladığı güçlerini göz önüne alarak elektronik oluşturucular kullanmak isteyenler ile *Mark I* deneyiminin kanıtladığı güvenilirlikten ötürü elektromanyetik mıknatısları yeğleyenler arasında bir çeşit orta yoldu. İşletim organında, hesap aygıtında, 160 karakterlik bir genişliği olan bellekte boş tüpler, geri kalanı için, örneğin 3000 karakterlik bir genişlik verilmiş olan doğrudan girişli (elektromanyetik) bellek için elektromanyetik mıknatıslar kullanıldı.

Bu arada belirtelim ki toplam 300 000 karakter kapasitesi olan delikli şerit okuyucular, toplam 100 000 karakter kapasitesi olan tablo okuyucular vardı.

Bizim amacımız açısından pek yararı olmayan teknik ayrıntıları bir yana bırakırsak, denebilir ki, bu makinede kullanılan çeşitli öğeler, hiç kuşkusuz, –böylelikle yakında bilgisayar pazarı olacak alana gerçekten girmiş olan– IBM şirketine, yakın bir gelecekte yararlanacağı ve çözümleyici hesap makineleri ile bilgisayarların yapımında belli bir süre uygulamaya sokacağı sağlam bir teknik deneyimin meyvelerini getirmiştir.

O dönem için, SSEC'nin 14 rakamlı iki sayıyla 60 000 çarpmayı 20 dakikada, yani bir insanın ancak tek bir çarpma yapabileceği bir zaman aralığında yapan olağan dışı bir hızı vardı. Birkaç aylık bir programlamanın sonunda 9 milyon temel işlem içeren bir fizik problemi bu makinede 103 saatte çözüldü; oysa bu hesap bir büro hesap makinesiyle yaklaşık yüz yılda çözülürdü.

Zaten o sıralarda yapılan bir reklamda SSEC'nin bir Harvard makinesinden 250 kat daha hızlı olduğu ilân ediliyordu; oysa en güvenilir tahminler bu değeri ancak 100 kat diye vermişti.

Ancak SSEC'nin hızı, teknolojisi tamamen elektronik olan ENIAC'tan düşüktü. Ne ki bellek kapasitesi ve özellikle güvenilirliği onu öne çıkardığından, kimileri durmadan bozulan ve çok fazla hata yapan ENIAC yerine büyük cebirsel işlemlerini onunla yapmayı yeğliyordu.

Şurası kesin ki, IBM (biri sonuçların kaydedilmesi için, öteki ise sonraki yönerge için kullanılan) dört adresli yönergelere göre çalışıyordu; bu yönergeler bellekten ikili öbekler halinde çıkıyordu.

Dahası, bir yönergeler sırasını otomatik olarak değiştirebiliyor, gelecek bir yönergenin adresini belirleyebiliyordu.

Ayrıca, *koşullu çatallanma* olanağıyla donatılmıştı ve ana programa dönmeden gerçekleştirebildiği kısa yönergelere başvurma kapasitesi vardı; modern terimlerle söylersek, *alt-yordamlar* kullanabiliyordu (bkz. B. Randell, s. 219 vd.).

Hattâ *kayıtlı bir programı* vardı: IBM'in SSEC'si, tartışılmaz bir biçimde tarihin, önceden kaydedilmiş yönergeleri gerçekleştirme olanağı taşıyan, dolayısıyla aynı şekilde verileri işleyebilen ilk işlemsel çokişlevli çözümleyici hesap makinesi olmuştur (bkz. C.J. Bashe, L.R. Johnson, J.H. Palmer ve E.W. Pugh).

IBM'in SSEC'si: Tarihin İlk "Bilgisayarımsısı"

Özetle, bu makine, bir insan işlemcinin karar vermesine gerek olmadan, işlem sırasını kendi kendine değiştirmek için belirli bir program yönergesini otomatik olarak bulabiliyordu.

Başka deyişle IBM'in *Selective Sequence Electronic Calculator*'ı tarihin ilk "bilgisayarımsısı"ydı.

Niye "–ımsı"?

Çünkü ilkin, bu makine, çözümleyici hesap makinelerinin tarihinde önemli bir aşama olmuş ise de, her zaman bir geçiş makinesi olarak kalmıştır.

İkincileyin, gerçekte Harvard'ın *Mark I* hesap makinesinin izlediği doğru çizgiyi izlemiştir.

Üstelik, hesap işlemlerinin akışında *eşzamanlılaştırma eksikliği* gibi büyük bir kusuru bulunmasının yanı sıra, elektromekanik öğeleri elektronik öğelerle birleştiren teknolojisinden ötürü, *tamamen artzamanlıydı.*

Bununla birlikte bunlar daha önemli sakıncalarıyla karşılaştırıldığında görece küçük kusurlardı: Hem kullanımı hem temel kavram çerçevesi hem yapımı hem tasarlanışı bakımından, gerek yaratıcıları gerek işleticileri için *olağanüstü karmaşık* bir makineydi bu.

SSEC'nin *hatırı sayılır mantıksal tutarsızlıklar* içerdiğini söylemek gerekir. Öyle ki bütün üstünlüklerine ve bütün başarılarına karşın –programlanışındaki güçlüklerden ötürü– hesapları bu karmaşık ve artzamanlı makineden çok ENIAC'la, hattâ *Mark I*'le yapmayı yeğliyordu herkes.

Bundan ötürü IBM'in bu hesap makinesinden sonra yaptığı bütün makineler, 1945'ten itibaren, matematikçi John von Neumann'ın ortaya koyduğu kuramdan çıkarılmış *bilgisayar yapısına* göre tasarlanıp geliştirilmiştir.

Basit Düşünceden Açıkça Temellendirilmiş Kavrama

IBM'in SSEC'sini tasarlayanların programı çözümleyici hesap makinesinin iç belleğine kaydetme fikrini matematikçi von Newmann'ın o yıl yayımladığı rapordan alıp almadıkları, çok sık sorulan bir sorudur.

Gerçekte, sorunun hiç önemi yoktur ve denebilir ki bu hatalı bir tartışmadır. Çünkü, ne olursa olsun, kayıtlı program fikri W. J. Eckert, R. R. Seeber ve F. E Hamilton'da hiçbir dış etki olmadan ve biribirinden bağımsız olarak doğmuştur.

Ancak (altı çizilmesi gereken en önemli nokta budur) bu fikir onlara, düşüncelerinin ürününe esas olarak teknik türden bir iyileştirme getirmeyi amaçlayan deneysel bir biçimde gelmemiştir.

Doğrusu, bu mühendis ve matematikçilerde bu kavram hep basit düşünce aşamasında kalmış, yapısı hiçbir zaman gerçek bir kuramsal temellendirmenin desteğiyle somutlaştırılmamıştır. Öyle ki, kayıtlı program gibi büyük bir keşfin sunduğu olanaklardan hiçbir zaman yararlanmamışlardır. Özetle, IBM SSEC'nin gerçekleştiricileri hep Charles Babbage'ın eskimiş fikirleri içinde hapsolmuşlardır.

Bundan ötürü, her zaman söylenenin tersine, IBM'in SSEC'si bilgisayarlar ailesi içinde sınıflanamaz, sınıflanmamalıdır. Bu makine gerçekte Babbage'ın çözümleyici makinesinin elektroniko-elektromekanik bir değişkesiydi; gerçi üzerinde çok açık bir teknik iyileştirme yapılmıştı, ama dıştan programlama özelliği ve elbette bunun getirdiği sakıncalar korunmuştu.

Bu durumda, İngiliz bilişiminin öncülerinden biri olan Andrew D. Booth'un bir gün, Eccles ile Jordan'ın ünlü *flip-flop*'unun 1919'da keşfedilişi konusunda dile getirdiği şu ünlü düşünceleri anımsamadan edemiyoruz:

"Bu tarihten itibaren, herhangi bir anda modern bir bilgisayar yapılabilirdi... Gerekli manyetik belleklere gelince, Danimarkalı Valdemar Poulsen'in manyetik kaydedicisinin yirmi beş yıldır varolduğunu ve manyetik bir bellek yaratmak için temel düşüncenin İngiliz Oberlin Smith tarafından 1888'de dile getirilmiş olduğunu anımsamak gerek."

Katkıları hatırı sayılır bir önemde olan bu adamın hiçbir zaman anlamadığı –çağdaşlarımızın epeycesinin de her zaman iyi kavramadığı– şey, bilgisayar gibi devrimci bir yapay aygıtı ortaya koymak ve geliştirmek için, gerekli oluşturucu öğelerin hepsine sahip olmanın, hattâ uygun bir teknolojiyi kullanmanın yeterli olmadığıdır. Bunların yanı sıra, söz konusu yapının temelindeki kavramı kuramsal bir biçimde açık ve kesin olarak temellendirip dile getirebilmek için vazgeçilmez olan matematiksel yatkınlıklara, bilimsel yetilere sahip olmak gerekir.

Salt "teknik donanım" ile mantıksal ve matematiksel bir yapısı olan fiziksel bir dizge içinde iyice incelenmiş, geliştirilmiş, düşünülmüş bir kavramın uygulamaya sokulmasının sonucu olan gerçek profesyonel çalışma arasındaki bütün fark da tam olarak budur.

IBM'in SSEC'sinin tasarımcılarına geri dönersek, onlar kayıtlı program kavramını devrimci bir şekilde geliştiren fikirlerine karşın, tamamen teknik kaygılarla bu kavramı içine hapsettikleri dar çerçeveden ötürü, makinelerini mantıksal olarak tutarsız bir aygıt haline getirdiler.

En verimli kafalardan çıkmış, en usta, en becerikli teknisyenlerce somutlaştırılmış olsa bile, böylesine incelikli bir düşünce, önceden yapılmış tam bir kuramsal çalışma olmayınca, hak ettiği gelişmeyi gösteremez, bütün meyvelerini toplayamadı.

Gerçekte, "kuramın işi bir sınıflama yapmak, elde edilen sonuçları bir bireşime ulaştırmak, onların yalnız bilineni yorumlamakla kalmayan, aynı zamanda bilinmeyeni de olabildiğince önceden görmeyi sağlayan ussal bir tablosunu ortaya koymaktır" (L. de Broglie, *Sur les sentiers de la science*, s. 14).

"Matematiksel kuramların işi benzer şeylerin gerçek yapısını göstermek değildir: Bu aşırı bir iddia olurdu. Onların tek amacı deneyin bize bilgisini verdiği, ama matematiğe başvurmadan dile getiremediğimiz fizik yasalarını düzenlemektir" (H. Poincaré, *Leçons sur la théorie mathématique de la Lumière*, Önsöz, I).

Yunan mekanikçilerinin bir hesap makinesi üretmek için bütün teknik öğelere sahip olduklarını unutmayalım. Ama bunu hiçbir zaman yapmadılar, çünkü herşeyden önce ellerinde sayısal donanım (yani Hint kökenli sayılama gibi tam bir sayısal betimleme) ve elbette söz konusu fizik modellerin yapılması için zorunlu olan, kuramsal temellendirmeye uygun matematiksel âlet yoktu.

Bu düşünsel donanımlardan ve her türlü ileri mekanik kuramından yoksun oldukları için böyle bir kavramı kavrama olanağını bulamadık-

ları gibi, onun ufuklarını görmek için gerekli düşünsel çerçeveden de uzak kaldılar.

İşte bu, kuşkusuz, belli bir icadın, daha eski bir tarihte değil de tam o kesin tarihte ortaya çıkmasını açıklayan nedenlerden biridir.

"Makine"nin Kavram Çerçevesi: Yürünen Yol

Yine de, az önce dile getirilen temel hakikat savaştan hemen sonraki dönemde çok yeni değildi, çünkü yaklaşık yüz yıl önce sıkı bir biçimde dile getirilmişti.

1808'de École Polytechnique'te makineler hakkında bugün çok özel türden bir durumun ıralayıcı özelliği olarak görülen tanımı yapan matematikçi Gaspard Monge'dan (1746-1818) beri çok yol yürünmüştür. Gaspar Monge şöyle demişti: "Bunlar doğanın güçlerini, ağırlığı, rüzgârı, suyu ve insanın istediği işlerde hayvanın gücünü dize getiren makinelerdir" (bkz. L. Couffignal [8]).

Buhar makinesinin keşfinden beri Avrupa'da bir makinenin betimini giderek onun kuramından ayırmaya yönelik bir eğilim gelişmiştir. Başka deyişle, XVIII. yüzyılın sonundan beri araştırmalar fizik aygıtları ile onların kendine özgü matematiksel yapılarını gittikçe daha açık bir şekilde biribirinden ayırmaya yönelmiştir.

1864'ten beri, Haton de La Goupillère ile birlikte, bir makinenin "icadının" açıkça temellendirilmiş bilimsel bir kuramın özel bir düzenekler bütünüyle uygulamaya sokulması olduğu kabul edilmiştir.

Ancak F. Reuleaux ile birlikte, 1877'den itibaren, makine, farklı mekanik öğelerin biçimselleştirilmiş bir tümdengelimli kuram biçimde sınıflanması diye tanımlanmıştır.

Bununla birlikte, maddelerin direnç gücüne karşı koymak üzere yapılmış her düzeneğe "makine" adı verilmiştir.

Ancak 1905'te Koenigs "makine bilimi yaratıcının geniş ve gizemli bir sezgisi bulunan insan olduğu gerçek bir yapay hayvan bilimidir" diyecektir (bkz. L. Couffignal [8]).

Modern kavram çerçevesine götüren ilk adım ise 1893'te Maurice d'Ocagne'ın Conservatoire des arts et métier'deki ünlü hesap makineleri koleksiyonunu ve general Sebert'in (bugün IBM şirketinin elinde olan) bir o kadar önemli koleksiyonunu keşfetmesiyle atılmıştır. Maurice d'Ocagne, bu makineleri dönemin hiçbir mekanik kuramına bağlayamadığından, onları gerçek bir sıradüzen içinde geliştirdiği çeşitli

kategorilere sokmayı düşünmüştür. Bunu yaparken, ölçütlerini biyolojik sınıflamadan almış, *Calcul simplifié* adlı yapıtının 1905'te yeniden yayımlanmasından sonra artık "hesap makinelerinin karşılaştırmalı anatomisinden" söz ederek hesap makinelerini eskiden her birine ilginç ve biricik bir karakter veren kendine özgülükten çıkarmıştır. Bunlar kuşkusuz mekanik hesap makinelerine ilişkin ilksavlı bir kuramın öncülleriydi.

Böylelikle, makineler araştırması artık ussal, nesnel ve bilimsel olabilen bir disiplin olarak ortaya çıktı.

Zaten, L. Couffignal'in belirttiği gibi, "bu makineler sınıfının incelenmesi, bir buhar makinesinde buharın makinenin parçasını oluşturmadığını düşünen Reuleaux'nun düşünce çizgisine [yerleştirilmiştir]".

Ancak hareket halindeki tek iç öğesi sıvı olan bir füzeyi düşünürsek, bu sıvının makinenin parçası olduğunu ya da olmadığını nasıl söyleyebiliriz?

Sorunu çözmek için, ilksavlarıyla, ölçütleriyle, tanımlarıyla, tümdengelimleri, tanıtlamaları, teoremleri ve kendine özgü sonuçlarıyla gerçek bir matematik kuramı geliştirmek gerekecektir (bkz. ileride, çerçeveli kısım). Çünkü "düzlemin aynılığı ilkesinin, kılavuzluk ettiği karşılaştırmalı anatominin büyük çeşitliliği içinden benzer organları seçmesi gibi, ilksavlı dizge de biçimsel benzeşimler kurarak, aynı bilimin çeşitli alanları arasında kuşku götürmez karşılıklılıkları, hattâ birbirine yabancı gibi görünen bilimler arasındaki akrabalıkları açığa çıkarır" (R. Blanché [3], s. 69).

İşte XX. yüzyıl mantıkçıları ile matematikçilerinin katkısı sayesinde, sıkı matematiksel bir anlamda, amacı *makineler* adıyla gösterilen soyut matematiksel varlıkları incelemek olan çok genel bir ilksavlı kuram ortaya konmasının nedeni budur.

Zamanla, özellikle de 1930'lu yılların sonundan itibaren, insanın gücünün esas olarak makinelerine bir amaç yüklemekten ileri geldiği fikrine ulaşıldı. Sibernetik araştırmaları daha sonra bütün temel kavramları belirledi ve yapay aygıtlar için şu çok genel tanımı koydu: *Bir makine, insan tarafından amaç yüklenmiş, amacı bir eylemin gerçekleştirilmesinde insanın yerini tutmak olan fiziksel bir aygıttır.*

Zaten bir makine mekanik güçleri *önceden belirlenmiş bir amaç için* eylemeye zorlayacak biçimde düzenlenmiş bir maddî organlar kümesi değil de nedir? Başka deyişle, neden kavramının etki kavramını taşı-

ması gibi, kendisiyle birlikte mantıksal olarak amacını da taşıyan ve birtakım işlemlere uyarlanmış fiziksel bir aygıttır (bkz. L. Bounoure, *Détermination et finalité,* s. 254).

Özetle, L. Couffignal ile M.P. Schutzenberger'in dediği gibi, sonunda makine "insanın tanımladığı bir işlemler kümesini [varılacak bir amacı gerçekleştirmek üzere] insanın yerine yapacak şekilde düzenlenmiş cansız varlıklar bütünü" diye tanımlanmıştır.

Böylece, kuşaklar boyunca, amaca uygun olarak değişen bir karmaşıklık derecesiyle şu makineler geliştirilip üretilmiştir:

1- Temel işlevleri bakımından, dıştan sağlanan bir enerjiyle doğrudan doğruya belirli maddeler üzerinde etkide bulunmayı sağlayan *âlet-makineler.*

2- İşleyişleriyle maddeye etki ederek bir miktar enerji ortaya çıkaran *enerji sağlayıcı makineler.*

3- Nesne ya da insan taşımaya yarayan *taşıt-makineler.*

4- Enerjiyi bir iş makinesi olarak kullanan ve bunu motorlarda, jeneratörlerde, taşıyıcılarda uygulamaya sokan *hareket ettirici makineler.*

5- Maddenin oluşturucuları üzerinde etkiyerek bir cismin fizik, kimyasal ya da biyolojik yapısını değiştiren *özümleyici makineler.*

6- Enerjilerini dış bir kaynaktan alarak, "veri" biçiminde dile getirilmiş çok belirli fizik etkileri "sonuç" denen şeyleri elde etmek üzere dönüştüren *bilgi dönüştürücü makineler* (klasik hesap makinelerinin, analojik hesap makinelerinin, çözümleyici hesap makinelerinin ve bilgisayarların modellerini oluşturduğu makineler).

Makine Biliminden Yapay Otomatlar Zoolojisine

Bilgi devrimine ulaşmak için ilkin XX. yüzyılın *yapay otomatlarını* gerçekleştirmek gerekmiştir.

Bu alan bu temel katkıyı en başta İspanyol Leonardo Torres y Quevedo'ya borçludur.

Çünkü, Torres y Quevedo çözümleyici hesap makineleri alanında (bu alanın genel ilkelerini ortaya koyan) öncü olmakla kalmamış, aynı zamanda çok daha genel bir alanda *otomatlar* üzerine modern kuramların başlatıcısı olmuştur.

Bu yapay otomatları yapmanın olanağını ilk kez dizgeli, çok geniş, çok ayrıntılı bir biçimde ortaya koyan da odur.

1914 gibi bir tarihte tamamen gözüpek kavramlarla geliştirdiği devrimci kuramlarının sonuçlarından bazılarını Torres'in nasıl dile getirdiğini dinleyelim:

"Bu otomatların *duyuları* olacak: Termometreler, pusulalar, dinamometreler, gazölçerler...; bu otomatların işleyişi üzerinde etkisi olan koşullara duyarlı aygıtlar.

"Bu aygıtların *aldığı izlenim* genel olarak bir devinimle, örneğin dereceli bir daire üzerindeki bir ibrenin yer değiştirmesiyle kendini gösterir.

"Bu otomatların *üyeleri* olacak: Kendilerine yüklenecek işlemleri yapabilen makineler ya da aygıtlar. Karmaşık işlemler bile söz konusu olsa, kumanda çok basit bir yoldan yapılabilir; bu, bir çalar saatinkine benzer bir düzenekle, çeşitli devinimleri gerçekleştiren kuklaları çalıştaran kimi duvar saatlerinde görülür.

"Bu otomatlarda *gerekli enerji* olacaktır: Aküler, akarsular, hava depoları, motorlara, istenen işlemleri yapmaya yönelik makineleri çalıştırmak için gerekli gücü sağlar.

"Ayrıca –otomat biliminin başlıca amacı budur– otomatların *ayrım yapmaya* yatkın olması, aldıkları hattâ daha önceden almış bulundukları izlenimlere göre istenen işleme her an *kumanda edebilmeleri* gerekir. Dolayısıyla otomatların aldıkları izlenimleri *düzenleyerek canlı jestleri taklit* etmeleri gerekir.

"Duyuların rolünü oynayan aygıtların yapımı kuramsal olarak hiçbir güçlük göstermez. Her gün, fiziksel dünyanın olgularına karışan öğelerin değişkelerini ölçmeye ve kaydetmeye yarayan yeni yeni aygıtlar icat edilir; bugün ölçülemeyenler yarın ölçülür ya da en azından böyle olmayacağını söylemek için hiçbir neden yoktur.

"Aynı şeyi otomatlara yüklenen işi yapan makineler için de söyleyebiliriz. Mekanikteki ilerlemenin sınırlarından kesinlikle kimse söz etmeyecektir; hiç kimse belirli bir işlemi yapan bir makine icat etmenin olanaklı olduğunu kabul etmekten kaçınamayacaktır.

"Nasıl tepki göstereceğini belirlemek için *çevre koşullarını tartan* bir otomat yapmanın olanaklı olup olmayacağı sorulduğunda da aynı şey söylenecektir. Sanırım kimi durumlarda işler çok kolaylaştırılabilir: Bir işçinin yaptığı tamamen mekanik işlemleri otomatikleştirmek olanaklıdır, ama zihinsel yetiler gerektiren işlemler hiçbir zaman mekanik olarak gerçekleştirilemez. Bu ayırımın hiçbir değeri yoktur, çünkü burada bizi ilgilendirmeyen refleks hareketler dışında, bütün insan eylemlerinde *zihinsel yetiler* işe karışır...

"Tamamen kuramsal bir açıdan, yapım sırasında keyfî olarak koyabileceğimiz kurallara göre bütün edimleri az ya da çok sayıda koşullara bağlı olan bir otomat yapmak her zaman olanaklıdır. Söz konusu kurallar otomatın hareketlerini hiçbir belirsizlik bırakmadan yönetmeye yetecek kurallar olması gerekir.

"Bu sorun binlerce farklı yoldan çözülebilirdi ama ben –kendimi daha kolayca anlatmak için– salt soyutlamalara girmek yerine, sorunun genel çözümünü verebilen elektromekanik bir yöntem dile getireceğim..."

Torres y Quevedo şöyle devam edecektir:

"Düğmelerin sayısını ve bu düğmelerin bağlı olduğu parçaların sayısını istediğimiz kadar çoğaltabiliriz. Başka deyişle, otomatın eylemlerini düzenlerken göz önüne alacağı özel durumların sayısını sınırsızca artırabiliriz.

"Bunda da hiçbir kuramsal güçlük yoktur. En basit makine ile en karmaşık otomat arasında hiçbir temel fark yoktur; ikisi de kendi oluşumundan türeyen fizik yasalara uyan bir dizgeye indirgenmiştir; ancak, bu yasalar karmaşık olduğunda, bu yasalardan söz konusu hareketleri türetmek için önemli bir uslamlamada bulunmak gerektiğinde, bunları gerçekleştiren makine kendi kendine akıl yürütüyormuş gibi görünecektir ve kafası bu sorunla meşgul olan kişileri doğru yoldan saptıran da genellikle budur."

Bunlar, matematiğin ve simgesel mantığın gelişmesiyle birlikte yalnız (özel türden otomatlardan başka birşey olmayan) bilgisayarların gerçekleşmesini sağlamakla kalmayan, bugün sibernetik ve yapay zekâ alanlarından bildiğimiz robotlar ve başka yapay otomatlar biliminin ortaya çıkmasını da sağlayan temeller üzerinde geliştirilmiş kuramlardır.[13]

Bilgisayarların Ortaya Çıkışına Dek Yürünen Yol

Bilgisayarların kavramının bilimsel olarak keşfedilmesinin gerçek getirilerini kavramak için, sonunda bilgisayarlar çağını açmış olan yapay otomatlar alanı ile otomatik hesap alanında yüzyıllardan beri elde edilmiş bilgilerin hızlı bir özetini yapmamız gerek.

Bu tarih elbette ilkin, sözcüğün genel anlamıyla, *hesap* dediğimiz, *sonucu oluşturan matematiksel varlıkların belli bir sınıfını elde etmek üzere uyarlanmış bir kümenin öğeleriyle* ilgili iyi tanımlanmış aritmetiksel, matematiksel ya da mantıksal işlemler ve kurallar kümesinin gelişmesiyle sıkı sıkıya bağlıdır.

Ama aynı zamanda bu tarih, insan hesaplayıcının hiçbir müdahalesi olmaksızın insan düşüncesinin hareketlerini dile getirmek üzere, hesap işlemlerini kolaylaştırma araştırmalarıyla ilgilidir.

Dolayısıyla bu tarih insan düşüncesinin otomatikleştirilmesi çalışmalarıyla sıkı sıkıya bağlıdır ve işlem akışı sırasında düşünme, zekâ ve zahmet gerektiren eski yapay hesap yollarının yerine *hesap algoritmalarının* konması düşüncesi buradan doğmuştur.

Sümer, Teb, Babil, Atina, Bağdat ya da Cordoba döneminden çağdaş uygarlık dönemine dek matematik ile aritmetiğin tarihini aşıp gelen sayısız aritmetiksel ve matematiksel "reçete" de (bunların en ünlüsü Eukleides'in en büyük ortak bölenin belirlenmesiyle ilgili algoritmasıdır) buradan kaynaklanır.

Elbette, çok çeşitli matematiksel niteliklerden çıkmış reçetelerdir bunlar ve genel olarak incelenmesi, sonunda bir çeşit soyutlama yoluyla genel *algoritmalar* kuramına vardırmıştır. Günümüzde *belli bir problemler sınıfını çözmek için kesin ve katı bir zincirlenme içinde adım adım yapılacak bütün bir sonlu temel işlemler dizisini çözümlemek ve incelemekte* kullanılan kuram.

Bu harekette önemli bir itici güç oluşturmuş olan başka bir düzenek de yinelenen ve yorucu hesabın güçlüklerinden ötürü derin düşünmelerine ara veren matematik bilginleri ile sayısal hesap uygulayıcılarının öteden beri yaşadıkları bir gereksinime bağlıdır.

Bu gereksinim bu düşünsel işleri özel olarak bu amaç için tasarlanmış makinelerle yapma arzusuyla açık bir biçimde dile getirilmiştir.

Dört aritmetik işlemde uzmanlaşmış çeşit çeşit hesap makinesi böyle keşfedilip geliştirilmiş, verileri alıp birtakım dönüşümler gerçekleştirebilen ve istenen her sonucu elde edebilen yapay aygıtlar böyle tasarlanmıştır.

Ancak bu gelişmelerden elde edilen en önemli yarar *sayısal hesap makinelerinin* yaratılması olacaktır. Bunlar, alınıp işlenen verilerin, kod denen çok kesin bir kurallar kümesine karşılık gelen rakamlar ve simgelerle betimlendiği bilgi dönüştürücü makinelerdir.

Bilgisayar fikrine ulaşmak için ise herşeyden önce "kendi işlemlerini denetleyip kendi hatalarını düzelterek insanın işini yapan" bir makine (Gardellini *cit.* P. Foulquié) fikrine yönelmek gerekecektir.

Bu yoldaki temel kavramlar:

1- İlkin insanları ve hayvanları taklit etmeye bağlı olan, sonra yavaş yavaş çeşitli düzenlemeler içinde insanın müdahalesini ortadan

kaldırmak amacıyla ilk bağlamından koparılan, Yunan ve Arap mekanikçilerinin başarılarından XX. yüzyılın Batılı uzmanlarının başarılarına dek uzanan *otomat teknikleri bilimi;*

2- maddî gerçekliğin farklı düzeylerde gözlenmesinden yola çıkan, mantık ve matematik temeller üzerinde genel ve soyut olarak kurulan *insan zekâsı işlemlerinin modelleştirilmesi*;

3- ilk kez Aydınlanma yüzyılının Avrupalı mucitlerince (Vaucanson, Von Knaus, Jaquet-Droz ...) mekanik olarak gerçekleştirilen, kumanda kurallarıyla yüklü organlar bütünü olarak tasarlamış ve matematiğin daha sonra daha biçimsel ve çok daha kesin bir statü kazandıracağı dizgeler olmuştur.

Böylece otomatik yapay hesap yolunda herşeyden önce aritmetik hesaplarda uzmanlaşmış birçok *otomatik hesap makinesi* yapılmıştır.

Ancak bu makinelerin yine de büyük bir kusuru olmuştur, çünkü zincirleme bir işlem sırasını gerçekleştirmesi gereken kişi birçok kez işlem akışına müdahale etmek zorunda kalmıştır: Verilerin dışında bütün ara sonuçları da art arda elle yazmak ve bunları aşama aşama yeniden makineye geçirmek gerekiyordu.

Elde edilen makine *sıralı* türden olduğu için bu yol iyi değildi: Gökbilim saatlerinde, otomatik saat düzeneklerinde kullanılan kavramlara geri dönmek gerekiyordu.

İşte en az insan müdahalesiyle, önceden belirlenmiş bir kumanda organı sürecini izleyerek zincirleme işlemler yapabilen *otomatik ve sıralı hesap makineleri* fikri buradan doğdu.

Ancak *sabit yönergeli hesap makinelerinden* kaçınmak gerekiyordu. Bunlar Babbage'ın kalan makineleri gibi iç düzeneklerle bütünleşik bir işletim organı taşıyordu. Bu dizgelerde esneklik olmadığından ancak tek bir işlem tipini (yapısal olarak hangisi için tasarlandılarsa onu) yapabiliyorlardı; üstelik yapılacak her işlem sırası işletim aygıtının önceden ayarlanmasını gerektiriyordu.

Ama ayrıca *kumandası iç düzeneğin maddî yapısından bağımsız olmayan değişebilir yönergeli hesap makinelerinden* de kaçınmak gerekiyordu: Örneğin XX. yüzyılın ilk yarısının klasik elektromekanik hesap makinelerinden *(Monroe, Mercedes-Euklid* ya da *Supermetal)* yahut 1930 ve 1940 yıllarının (*Logabax* tipi) otomatik sayım makinelerinden ve yine programlanabilir olmayan dört işlem makinelerinden...

Yönelinecek makineler, yönergeleri insan ile makine arasında iletişim kuran bir dilden yola çıkarak ortaya konmuş esnek bir programlama dizgesiyle yönetilen *programlanabilir hesap makineleriydi.*

Ne ki *yarı-otomatik tam işletimli programlanabilir hesap makinelerinin* yapısından da kaçınmak gerekiyordu. Bunlar bir işlemin gerçekleştirilmesinde bir ya da daha çok insan müdahalesi gerektiriyordu ve işlem başladıktan sonra işlem akışını otomatik olarak değiştirmek olanaksızdı. Dolayısıyla, XX. yüzyılın ilk yarısının delikli kartlı mekanografik hesap makinelerinin yoluna da girmemek gerekiyordu.

Yani araştırmanın işlem akışını kendi kendine değiştirmek için belirli bir program yönergesini bulabilen makinelere yönelmesi gerekiyordu.

Dolayısıyla *tam otomatik tam işletimli programlanabilir hesap makinelerinin* yapımına yönelmek zorunluydu. Bu makineler bir problemi önceden verilmiş bir program sayesinde tamamen otomatik olarak çözebilen makinelerdi.

Böylece *otomatik, sıralı, programlanabilir sayısal makinelerden* başka birşey olmayan çözümleyici hesap makineleri kavramına ulaşıldı. Bu makinelerde şu işlevsel organlar bulunduğunu biliyoruz:

1- Önceden geliştirilmiş bir dilden yola çıkarak dış ortamla ilişki kurmayı sağlayan bir *giriş/çıkış* aygıtı. Giriş, makineye verilen verileri kodlanmış bilgilere dönüştürür; çıkış ise sonuçları, yani çeşitli biçimlerde işlenebilen bilgileri verir.

2- Makine tarafından gerçekleştirilecek *program yönergeleri* için bir *depo* aygıtı.

3- Makineye verilmiş program yönergelerinin gerçekleştirilmesini yöneten bir kumanda organı.

4- Amacı ara hesapları ya da bitirilmiş hesapları saklamak olan bir *bellek.*

5- Girilen verileri düzenleyen, bunları dönüştüren, sonra da otomatik olarak makinenin belleğine aktaran bir *işletim organı.*

İngiliz matematikçi Charles Babbage'ın tarihte ilk kez izlediği yol tam olarak budur.

Ancak bir kez daha yön değiştirmek gerekmiştir, çünkü onun makinesiyle aynı yapıdaki *çözümleyici hesap makineleri* dış programlama dizgeleri içeriyordu.

İşte bu yapısal sınırları aşma gerekliliği yavaş yavaş *kayıtlı program* fikrini doğurmuştur. Bunun temel sonucu da verileri ve yönerge-

leri işletebilen, başka deyişle *bilgisayar* denen programlanabilir makinelere ulaşmak olmuştur.

Böylece bilgisayar bilimi tarihinin nasıl eşsiz bir karmaşıklığı olduğunu, rakamların evrensel tarihinden çok daha dolambaçlı yollardan geçtiğini görüyoruz (bkz. şek. 32.2A - 33.2D).

Ancak bütün bu araştırmaları taçlandırmak ve dolayısıyla bu temel kavramın bütün yararlarını elde etmek için, herşeyden önce, gerçek bir matematiksel kuramla, buraya dek söz konusu edilen çokişlevli çözümleyici hesap makinelerinden son derece daha genel ve daha soyut bir mantıksal yapısı olan *evrensel makine* fikrine ulaşmak gerekiyordu.

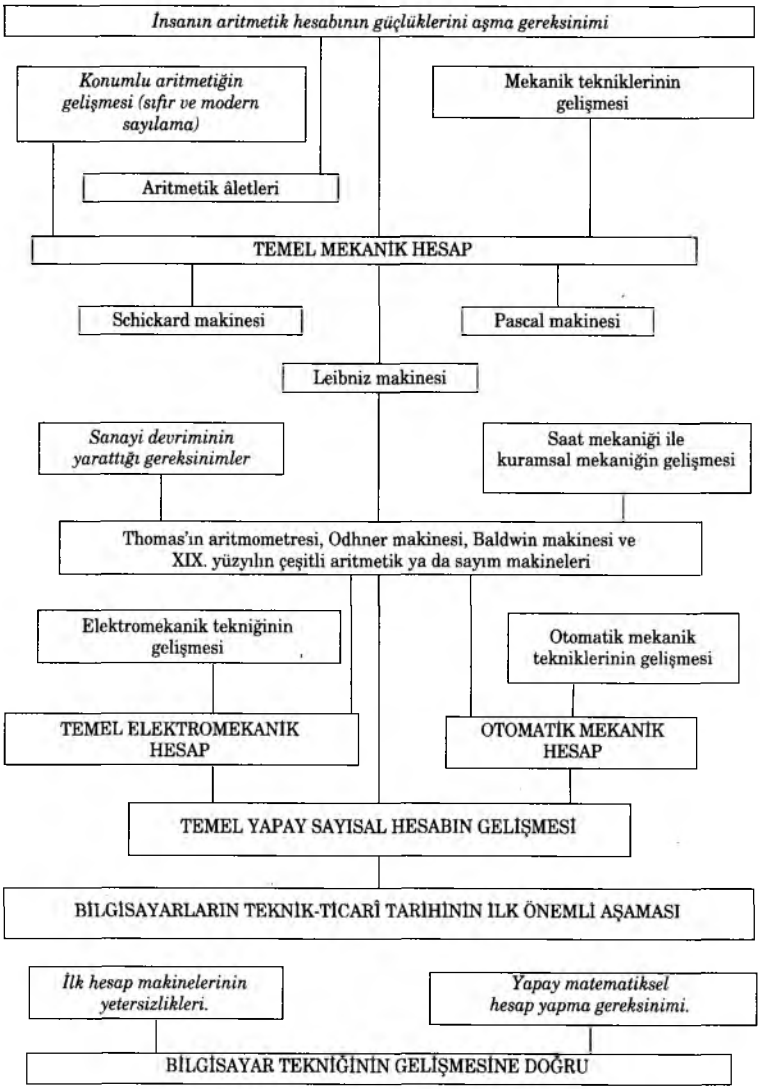
Kayıtlı Program Kavramının Getirileri

Öyleyse bilgisayar bilimi öncülerinin kayıtlı program fikrinin bilimsel keşfine, yani kuramsal doğrulamasına ulaşmakta yaşadıkları hatırı sayılır güçlüğü vurgulamak gerekir. Bize çok basit gelen bu fikrin bundan topu topu elli yıl önce inanılmaz karmaşık bir sorun oluşturan ve açıklıktan uzak bir fikir olduğunu tamamen unuturuz.

Geriye dönüp baktığımızda, R. Moreau'nun [4] açıklamalarına göre, teknik bir bakış açısının ortaya koyduğu temel kazanç şudur:

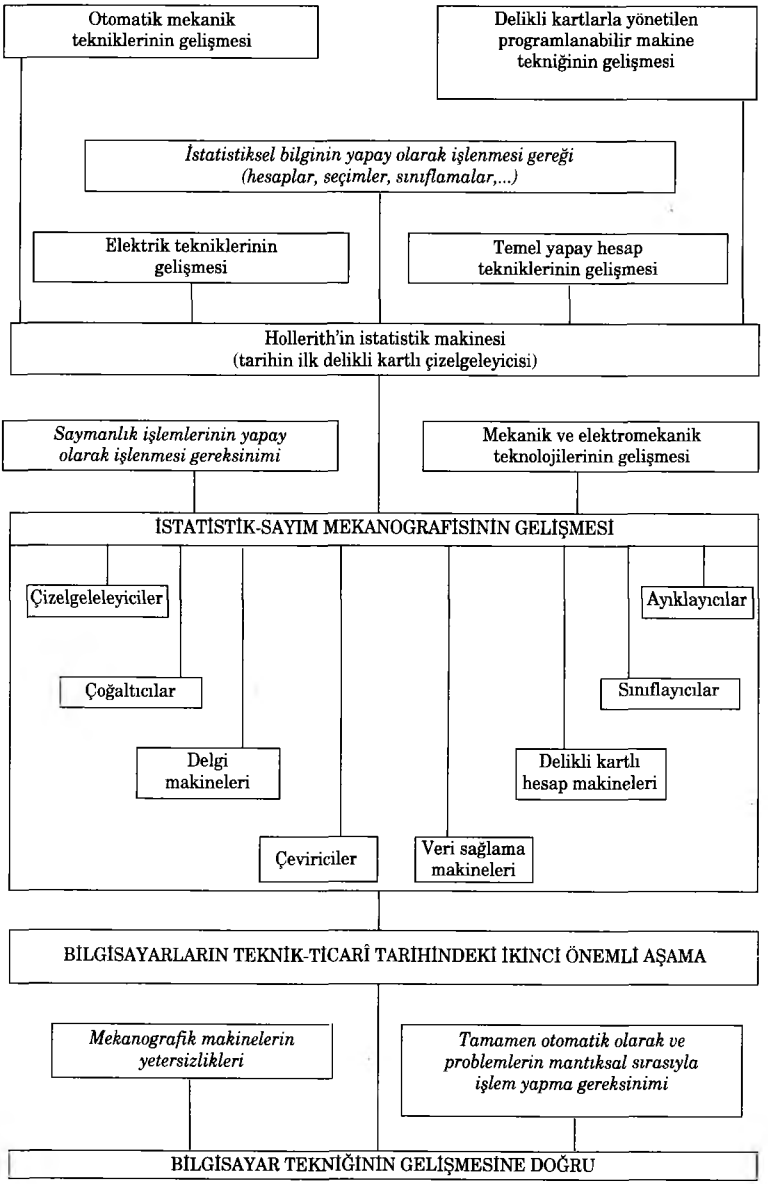
"[Çözümleyici bir hesap makinesinin iç belleğine] bir program kaydetmek işletimin boyutunu [kökten bir biçimde] değiştirmek demekti. [ENIAC dönemine geri dönersek], o zamana dek programın doğrudan doğruya makinenin girişine yerleştirilmiş delikli şerit ya da mekanografik kart yığını üzerindeki işletim birimince okunduğunu anımsamak gerekir. Dolayısıyla, Jacquard ya da Babbage döneminde olduğu gibi, programın bir parçasını gerçekleştirmek için delikli şeridi ya da kart yığınını elle vermek gerekiyordu. Gerçekleştirilecek programların doğrudan erişimli bir belleğe kaydedilmesi bu sakıncaları tamamen gideriyor ve işlemi hızlandırıyordu.

"Sonra, ilk [çözümleyici] hesap makinelerinden bu yana, yönerge kavramı kesinleşti. Şimdi biliyoruz ki her algoritmik işlem aritmetik ya da mantıksal işlemlerin sıralı olarak yapılması demektir. Bu işlemlerin her biri makinede *makine yönergesi* denmesi uygun olan bir yönergeyle belirtilmiştir. *Temel* olduğunu söyleyeceğimiz –gelişmiş programlama dillerinde kullanılanlardan ayırmak için– böyle bir yönerge makineye sayısal bir kod biçiminde aktarılır. Çoğu kez ilk sayı yapıl-

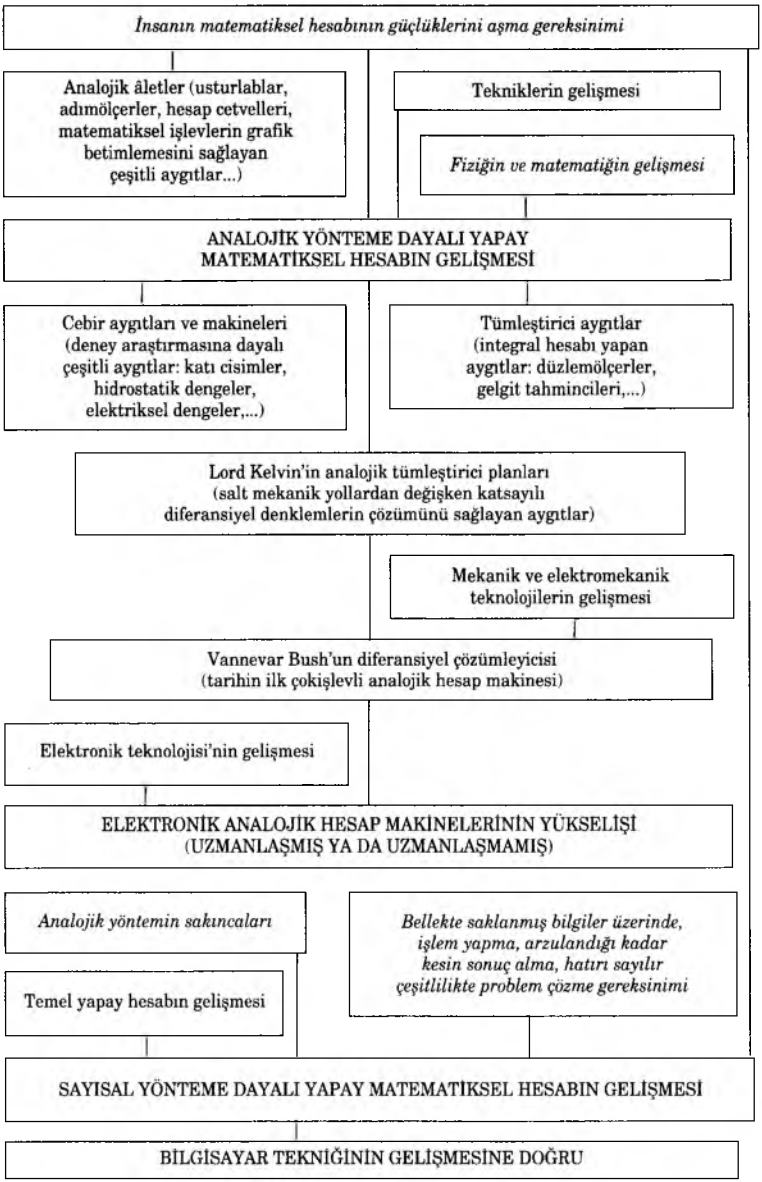


Şekil 32.2A*

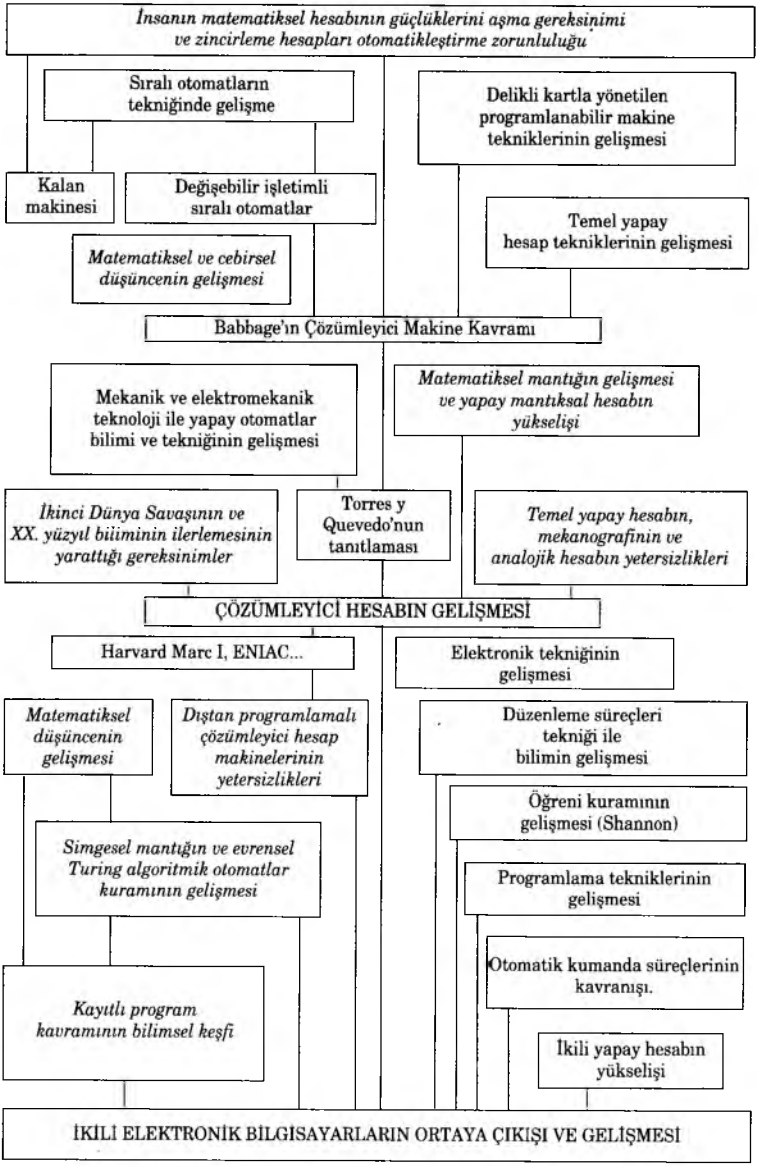
*Bu ve bundan sonraki üç çizelgede italik metinler ya gereksinimleri, ya yapısal sınırları ya da bilimsel gelişmeleri (matematiksel, mantıksal...) gösterirken düz metinler çözümleyici hesabın bilgisayar biliminin gelişmesine yol açmadan önce geçirdiği tekniklerle (mekanik...) ilgilidir.


Otomatik mekanik tekniklerinin gelişmesi
Delikli kartlarla yönetilen programlanabilir makine tekniğinin gelişmesi
İstatistiksel bilginin yapay olarak işlenmesi gereği (hesaplar, seçimler, sınıflamalar,...)
Elektrik tekniklerinin gelişmesi
Temel yapay hesap tekniklerinin gelişmesi
Hollerith'in istatistik makinesi (tarihin ilk delikli kartlı çizelgeleyicisi)
Saymanlık işlemlerinin yapay olarak işlenmesi gereksinimi
Mekanik ve elektromekanik teknolojilerinin gelişmesi
İSTATİSTİK-SAYIM MEKANOGRAFİSİNİN GELİŞMESİ
Çizelgeleleyiciler
Ayıklayıcılar
Çoğaltıcılar
Sınıflayıcılar
Delgi makineleri
Delikli kartlı hesap makineleri
Çeviriciler
Veri sağlama makineleri
BİLGİSAYARLARIN TEKNİK-TİCARÎ TARİHİNDEKİ İKİNCİ ÖNEMLİ AŞAMA
Mekanografik makinelerin yetersizlikleri
Tamamen otomatik olarak ve problemlerin mantıksal sırasıyla işlem yapma gereksinimi
BİLGİSAYAR TEKNİĞİNİN GELİŞMESİNE DOĞRU

Şekil 32.2.B


İnsanın matematiksel hesabının güçlüklerini aşma gereksinimi
Analojik âletler (usturlablar, adımölçerler, hesap cetvelleri, matematiksel işlevlerin grafik betimlemesini sağlayan çeşitli aygıtlar...)
Tekniklerin gelişmesi
Fiziğin ve matematiğin gelişmesi
ANALOJİK YÖNTEME DAYALI YAPAY MATEMATİKSEL HESABIN GELİŞMESİ
Cebir aygıtları ve makineleri (deney araştırmasına dayalı çeşitli aygıtlar: katı cisimler, hidrostatik dengeler, elektriksel dengeler,...)
Tümleştirici aygıtlar (integral hesabı yapan aygıtlar: düzlemölçerler, gelgit tahmincileri,...)
Lord Kelvin'in analojik tümleştirici planları (salt mekanik yollardan değişken katsayılı diferansiyel denklemlerin çözümünü sağlayan aygıtlar)
Mekanik ve elektromekanik teknolojilerin gelişmesi
Vannevar Bush'un diferansiyel çözümleyicisi (tarihin ilk çokişlevli analojik hesap makinesi)
Elektronik teknolojisi'nin gelişmesi
ELEKTRONİK ANALOJİK HESAP MAKİNELERİNİN YÜKSELİŞİ (UZMANLAŞMIŞ YA DA UZMANLAŞMAMIŞ)
Analojik yöntemin sakıncaları
Bellekte saklanmış bilgiler üzerinde, işlem yapma, arzulandığı kadar kesin sonuç alma, hatırı sayılır çeşitlilikte problem çözme gereksinimi
Temel yapay hesabın gelişmesi
SAYISAL YÖNTEME DAYALI YAPAY MATEMATİKSEL HESABIN GELİŞMESİ
BİLGİSAYAR TEKNİĞİNİN GELİŞMESİNE DOĞRU

Şekil 32.2C



Şekil 32.2D - Bilgisayar: Çok sayıda gerekliliğin ve biribirinden ayrı çok eski adımların biraraya gelmesiyle oluşan koca bir bireşimin ürünü.

ması gereken işlemi, ikinci sayı işlemin ilgili olduğu niceliklerin bellekte bulunduğu konumu, üçüncü sayı ise sonuçların yerleştirilmesi gereken belleğin tam yerini belirtir. Bu üç sayı yönergede biribirinin yanına yerleştirilir. Dolayısıyla yönerge kendini tek bir sayı olarak gösterir ve bir veriyi dile getirir. Bellek kapasitesinin artması ise yönergeleri belleğe yerleştirme yollarını genişletecektir.

"Bu çözümün sayısız yararı vardı. İlki hesapları hızlandırmasıydı. Doğrusu [elektronik bir çözümleyici makinede] bellek ile hesap birimi arasındaki aktarım elektrikle sağlanırken, makinenin girişinde örneğin delikli bir kart üzerindeki okumada çok daha yavaş olan mekanik yöntemler kullanılır.

"Başka bir üstünlük de yönergelerin artık veriler gibi işlenebilmesiydi. Gerçekten, bir programın aynı parçasını belleğin farklı yerlerine yerleştirilmiş farklı verileri işlemek için birçok kez yeniden gerçekleştirmek olanaklı hale geliyordu. Artık her işlemde bellekteki yerlerinin ne olduğunu belirterek yönergeleri makineye yeniden girmek gerekmiyordu. Her temel yönergede işlenecek niceliklerin değerinin bulunduğu bellek *adresini* değiştirmek, dolayısıyla bu yere karşılık gelen sayıyı değiştirmek yetiyordu. "Bir nesneye bir bellek adresi vermek" anlamına gelen *adrese gönderme* ve bu eylemi gösteren *adresleme* (İngilizcede: *adressing*) buradan gelir.

"Bellekte yönerge kullanımının başka bir üstünlüğü de bir programın kimi parçalarını otomatik olarak atlamanın bundan böyle olanaklı hale gelmesiydi.

"Böylece makineye verilen inceliği anlamak kolaydır. Örnek olarak 1 + 2 + 3 + ... n = n (n + 1) / 2 formülünü kullanmadan ilk 100 tam sayının toplamasının [programlanabilir olmayan] hesap makinesiyle yapıldığını düşünmek yeter. Durmadan toplama komutu vermek, elle yeni verileri yazmak gerekir ki, bu, kayıtlı programı olan bir makinede tamamen otomatik olarak yapılacaktır...

"[Zaten] *Bilgisayar, kayıtlı programlı evrensel [çözümleyici] bir hesap makinesidir.* İnsanın müdahalesi olmadan –Babbage makinesinden türeyen öteki makinelerden temel farkı budur– kendisine iletilen her algoritmik işlemi kendi kendine yapar.

"Bir bilgisayarda kumanda biriminin işletim programının akışını denetleyebilmek, gerekli adres değişikliklerini yapmak, gerçekleştirilebilir yönerge adımlarını aramak için hatırı sayılır ölçüde gelişmiş olması gerekir.

"Kumanda birimi; belleklerin işleyişi, hesap bloğu ve bir ölçüde erişim organları arasında eşgüdüm sağlayan bir aygıtlar bütününden oluşur. Bu birimin rolü aritmetik ve mantık biriminin rolüyle karşıtlık içinde tanımlanır. Aritmetik ve mantık birimi belli bir probleme karşılık gelen şey olan bir programı gerçekleştirir. Kumanda birimi ise bir programın, her ne olursa olsun doğru gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğine bakar. Dolayısıyla genel bir rolü vardır."

Şimdi kuramsal bir bakış açısıyla, yeni tipte bir makinenin geliştirilmesi (yanlış olarak "icadı" deniyor), kendisi de çok belirli bir matematiksel kuramdan çıkan kendine özgü bir yapının ortaya konması demektir aslında. İnsanoğlu bu kuramı cansız varlıklar üzerinde uygulamaya sokar. Çünkü onun belli bir amaca göre tanımlanmış işlemler kümesini kendisinin yerine yapabilen bir aygıt olduğunu görür.

"Bir fizik kuramı söz konusu olduğunda üç soru ortaya çıkar (...):

"1° Kuramın kendisi mantıksal mıdır; başka deyişle, hiç kendisiyle çelişmez mi?

2° Olgularla uyuşur mu?

3° Önceden varolan kuramlardan çok olgularla mı uyuşur?" (J. Hadamard, in : BSFP, 22/1922, s. 96).

Bu demektir ki söz konusu kuramın, öngörülen yapay aygıtın gerçekleştirilebilmesi, aygıtın tutarsızlık ve bağdaşmazlık taşımaması için eksiksiz ve çelişkisiz olması gerekir.

Bundan ötürü, bütün önermeler dizisinin kendilerinden türetileceği bir ilksavlar dizgesi yardımıyla, biçimselleştirilmiş bir tümdengelimli bilim kurmak gerekir.

Ancak böyle bir ilksavlar dizgesi ortaya koyabilmek için deneyden ve maddî gerçekliklerden uzak olmak gerekir. Dolayısıyla başlıca koşullar, bu ilksavların:

1° *Bağımsız olması,* başka deyişle hiçbir şekilde biribirinden türetilememesi;

2° *tutarlı olması,* yani tam bir küme oluşturması;

3° *bağdaşır olması,* yani biribiriyle hiçbir zaman çelişmemesidir.

Özetle, bilgisayar kavramına *bilimsel olarak* ulaşabilmek için:

1- Böyle "evrensel" makinelerin varlığının kanıtını matematiksel olarak ortaya koymak;

2- çokişlevli çözümleyici bir hesap makinesinin organlarını ve başlıca işlevlerini koruyup iç belleğine de söz konusu programları ekleye-

rek gerçekte böyle evrensel makinelerin fiziksel bir modelinin yapılmış olduğunu yine matematiksel olarak göstermek gerekiyordu.

Başka deyişle, bu tür makinelerin kuramı için, tek yararı mantıksal tutarlılık, deneysel nesnelere her türlü uygulamadan uzak durma ve her türlü öznel yorumdan bağımsız olma olan varsayımsal tümdengelimli bir dizge geliştirmek söz konusuydu.

Böylece bu temel keşfin getirdiği olanakların ancak kuramsal bir ilerlemeyle görülebilmiş olmasını şimdi daha iyi anlıyoruz.

Çok incelikli matematik ve özellikle simgesel mantık soruları ortaya çıktığından, kayıtlı program kavramıyla gelen ve aşılması gereken sorunlar salt mühendis ve teknisyen kafasını çok çok aşıyordu; sıkı eğitim görmüş çok kültürlü kuramcıların ve matematikçilerin uzmanlığını gerektiriyordu (bkz. aşağıdaki çerçeveli kısım).

BİLGİSAYAR BİLİMİNİN YOLUNU AÇAN DÜŞÜNCE DÜZENEKLERİ

Bilgisayar sayı boncuğunu yetkinleştirerek icat edilmiş değildir kesinlikle!

Tarih şunu çok iyi gösteriyor ki, bilgisayarların ortaya çıkışı bu çok ilkel hesap âletinin icadıyla başlamış olan birörnek ve çizgisel bir evrimin son aşamasını oluşturmuyor.

Halihazırdaki temel bilimin, bilgisayar biliminin de içinde olduğu oluşturucu parçalarının biribirini etkileyişi, biribirine bağlı oluşu, çizgisel olmayışı ve karmaşıklığı üzerinde bir kez daha durmak gerek.

Çünkü, çağımızın bütün büyük başarıları (buhar makinesi, otomobil, demiryolu, uçak, fotoğraf, sinema, telefon, televizyon, video, uzaktan iletişim) gibi, bu olay da, çok eski ve biribirinden ayrı hayranlık verici birçok adımın biraraya gelmesinden oluşan, meyvesi ancak XX. yüzyılın ortasında olgunlaşmış olan, son derece karmaşık ve çokbiçimli bir evrimin ürünüdür (bkz. şek. 32.2A-32.2D).

Özellikle şunu belirtmek gerekir ki teknik deneyim ve teknolojik evrim bu tarihte önemli bir rol oynadıysa da tek belirleyici öğe olmamıştır. Çünkü bunlar gereklidir ama yeterli değildir.

Zaten otomatik sayısal hesabın yolunu açıp sonunda bilgisayar bilimi ile tekniğinin doğumunu ve yükselişini sağlayan tüm düşünce düzenekleri içinde, matematiksel düşüncenin ve çağdaş mantığın temel kavramlarının gelişmesi kuşkusuz ilk ve en temel olanıdır. Aşağıdaki sergilemeyi fazlasıyla soyut ve özellikle hassas irdelemelerle karmaşıklaştırmadan, söz konusu düşünsel düze-

neklerin büyük öneminin daha iyi kavranmasını sağlamak üzere bu alanlara bir kez daha döneceğiz.

İlk Temel Düzenek:
Sıfır ve Konumlu Sayılama

Kendimizi yineleyecek olsak da, ilkin bu başarının Hint kökenli konumlu sayılamanın dışında açıklanamayacağını vurgulamak yerinde olur. Bu sayılamanın keşfedilmesi, sayısız temel sonuçlarının yanı sıra, görünüşte biribirinden ayrı olan çok sayıda kavramı birleştirmeyi, dolayısıyla da bu temeller üzerinde o zamana dek tasarlanmakta olan genel kuramlar kurmayı olanaklı kılmıştır.

Bu çok önemli yenilikte, yalnızca sayıların konumlu yazılışında eksik olan konumların boşluğunu dile getirmekle kalmayan, bir sözcük, bir çizge ya da simgeden daha fazla birşey olan sıfırın keşfinin büyük önemini belirtmeden geçemeyiz. Sıfır, ayrıca ve özellikle hem sayısal bir kavram ve aritmetik işlemci olarak hem de matematiksel sonsuzun tamamen tersi olan ve aynı zamanda tam sayılar, üleşkeli sayılar, gerçek sayılar, karmaşık sayılar... kümesine ait olan bir sayı olarak tasarlanmış bir kavramı yaratmıştır. (bkz. 27., 28. ve 30. Bölümler).

Bu temel kavram bugünkü matematiğin bütün dallarının kavuştuğu noktada yer alır. Doğal olarak da fizik, gökbilim, gök fiziği, istatistik, iktisat biliminden, biyoloji, kimya, genetik, dilbilimi, bilgisayar bilimi ve sibernetiğe kadar bütün öteki bilimsel disiplinlerde temel bir rol oynar.

Özetle, sıfırın keşfi insanoğluna olağanüstü bir güç vermiştir. Başka hiçbir insan yaratısı insan düşüncesinin gelişmesi üzerinde böyle bir etki göstermemiştir (Bkz. **Sıfır*, Sözlük).

İkinci Temel Düzenek:
Cebirsel Düşüncenin Gelişmesi

Bilgisayar fikrinin o olmadan akla bile gelemeyeceği başka bir temel donanım, simgesel düşüncenin yüzyıllar boyu gelişmesinin bir sonucudur. Özellikle bayağı aritmetikten büyüklükler cebirine ve özgül sayıların betiminden bilinmeyenlerin ve belirsiz değişkenlerin harfle gösterimine geçişle oluşmuştur. Bu aynı zamanda tekil akıl yürütmeden ortaklaşa akıl yürütmeye geçişe damgasını vurmuştur (bkz. 29. ve 30. Bölümler).

İşte İngiliz matematikçi Charles Babbage –onun ünlü *Çözümleyici Makine*'si bugünkü bilgisayarların gerçek atasıdır– o çok güçlü senteze ve aynı zamanda devrimci düşüncelere tamı tamına böyle bir düşünce düzeneğiyle ulaşmıştır.

Zaten yapay hesabın tarihi ile cebirin tarihi arasında çarpıcı bir benzerlik vardır.

Yapay hesapta, genel kavram çerçevesinin olmayışı, bu alanı uzun süre çok özel aritmetik ve matematiksel işlemler yapmak için rastlantıyla geliştirilmiş *yöntemlere dayanan özel işlevli bir makineler* bolluğu yaratmaya götürmüştür. Harfle gösterimin keşfedilişi nasıl modern cebiri yarattıysa, Babbage'ın *Çözümleyici Makinesi*'nin getirdiği kavramlar da yapay yollardan hesabın tarihinde yepyeni bir çağ açmıştır.

Kısacası, Babbage'ın aştığı aşama, başka deyişle *çözümleyici hesabın* keşfi, özel işlevli sayısal hesap makinelerinde, tam sayılar aritmetiğinden büyüklükler cebirine geçişin bayağı aritmetiğin işlemleri ile gösterimlerinde yarattığı şeyi yaratacaktır.

Ne ki, doğal olarak, bu devrim bilgisayarların kavram çerçevesine ulaşmak için yeterli olmamıştır; bir aşamayı daha geçmek gerekmiştir ki, ileride ona yeniden döneceğiz.

Elbette Babbage makinesinin getirdiği simgesellik kavram çerçevesinin genelliğinde bir ilk aşamaya karşılık gelmiştir.

Bu kavram çerçevesi bilgisayarların hesaplayıcı işlevlerinin gerçek evrenselliğinde son derece aşağı bir düzeyde yer alsa da, *Çözümleyici Makine*'ye verilen genellik fikrinin kendisi, Babbage'ın kafasında daha üst bir derecede soyutlama yapmadan açıklanamaz.

Çünkü oraya ulaşmak için Babbage'ın zihinsel olarak bireşimini yaptığı kavramların her birini tek tek ayırması, her birinin tekil özelliklerini belirlemesi, onları ayrı ayrı düşünüp aynı şekilde bağlamlarından soyutladığı başka özelliklerle birleştirmesi gerekmiştir.

Gerçekten dönemin mekanik deneyiminin henüz genelleyici olmayan kavram çerçevesinde, bir duvar saati ya da bir saat çalgısı ile Vaucanson, Von Knaus ya da Jaquet-Droz'unkiler gibi bir otomat arasında nasıl bir ilişki vardır? Jacquard'ın dokuma tezgâhı türünde bir otomat ile otomatik olmayan ve henüz teknik bakımdan tam olarak gelişmemiş çok özel işlevli mekanik hesap makineleri arasında ne gibi ortak noktalar görebiliriz? Henüz ayırılamamış, gerçeklikte de ayırılamaz olanı ayırmayı bilmiş olan Babbage'dan başka hiç kimse bunları görmemiştir.

"Gerçek anlamda soyutlamanın benzerlik ile farkın bilinciyle başladığı doğrudur. Soyutlamak birçok nesnedeki ortaklığı ya da bir nesnenin farklılığını seçip ayırmaktır" (A. Burloud, *Pensée conceptuelle*, s. 163). *Soyutlamadan söz*

eden de aynı zamanda genellemeden söz etmiş olur: "Tikellerin bilgisinden genel önermeler elde etmek aklımızın bir özelliğidir" (Descartes, *Rép.*, IX, 111).

Soyutlama ile genelleme birarada yürüdüğünden, Babbage'da bunun sonucu mekanik hesabın temel kavramlarının bir çeşit cebirleştirilmesi olmuştur. Böylece Babbage, insan hesabının güçlükleri karşısında ve sıradan hesap makinelerinin yetersizliğinin açık bilinciyle, yavaş yavaş bütün bu kendine özgü verilerin hatırı sayılır çokluğunu aşma arzusu duymuş, bir evrensellik düşüncesine yaklaşmıştır. Matematiksel uslamlaması çok soyut olduğu (elbette o dönemin sahip olduğu genellik derecesine göre) için de, Babbage, iyi bir matematikçi olarak, her türden her çeşit problemi çözmek için şu şu işlemin özgüllüğünün çok üstüne çıkabilen bir makine tasarlamaya çalışmıştır.

Babbage, makinesiyle yapabildiği sınırsız sayıda işleme, *çözümleyici makinesine* kumanda etmek için kullandığı çok sayıda değişik karta, temel adımlardan başlayarak koşullu çatallanmalar oluşturabilme kolaylığına, işletim organının ve giriş ile çıkışın otomatik olmasına dayanarak şunu söyleyecektir: "Görünüşe bakılırsa, *sınırsız* genişlikte hesap yapabilen *sonlu* bir makineyi olanaklı kılan koşulların tümü Çözümleyici Makinede bulunmaktadır... Ben uzayın sonsuzluğunu zamanın sonsuzluğuna dönüştürdüm." Bu söz için hiçbir yoruma gerek yok.

Üçüncü Temel Düzenek:
Mantıksal Düşüncenin Gelişmesi

Uslamlama kuramlarının gelişmesinde, dolayısıyla bilişim ve sibernetik kavramlarının ortaya çıkışında gözden uzak tutulamayacak başka bir düşünsel düzenek mantıksal düşüncenin yüzyıllar boyu gelişmesiyle kendini gösterecektir.

Burada bu bilimle ilgili bütün ayrıntılara girmeden birkaç temel adımı ve birkaç önemli düşünceyi anımsatmak yerinde olur.

İlkin etimolojik olarak mantık (*logique* sözcüğünün Yunanca *logike tekhne* ("söz söyleme, uslamlama sanatı ya da bilimi") deyiminden, onun da *logikos*'tan (*"logos*'la ilgili olan", yani "söz, akıl ya da uslamlamayla ilgili olan") dan geldiğini belirtelim.

Bundan ötürü, mantık insanoğlunun onlarsız hiçbir bilginin olanaklı olmadığı tüm düşünsel süreçleriyle ilgilidir. Bunlar sıradan, yaygın, kendiliğinden düşünme süreçleri olabildiği gibi, tartılmış, iyi irdelenmiş bilimsel düşünce süreçleri de olabilir.

Amacı ruhsal yaşam olgularını, başka deyişle zihinsel işlevlerin gerçekliklerini incelemek olan *psikolojinin* tersine, *mantık* bu işlevlerin ürünlerini, yani zihinsel etkinliğin ürünlerini incelemeyi nesne edinir.

Psikolog genetik açıdan iş görür ve ruhsal olgulara nesnel yaklaşımla zihinsel yapıların ya da işlevlerin oluşumunu izlemeye çalışır. Mantıkçı ise bu yapılar üzerine eğilir ve bunların yaptığı işlemlerin temellerini ve geçerliliğini inceler (bkz. A. Cuvillier).

Aynı düşünceler dizisi içinde *ussal* olanla *mantıksal* olanı –bu sözcükler gerek Yunancada gerek Latincede aynı kökten gelse bile– biribirine karıştırmamak gerekir. İlki (*ussal*, "rationnel") "us" anlamına gelen *ratio*'dan, ikincisi "söz, söylem, us, uslamlama" anlamına gelen Yunanca *logos*'tan gelir. *Ussal olan,* göz önüne alınan şeylerin kendileriyle, *mantıksal olan* ise önermelerin yapılışıyla, bizim için düşünmenin âleti, düşünceyi dile getirmenin aracı olan dilin biçimleriyle, düzeniyle ilgilidir (bkz. A. Cournot, *Enchaînement des ides fondamentales*, I, s. 64).

Zaten mantık "gerek kendin öğrenirken gerek başkalarına öğretirken, şeylerin bilgisinde aklı iyi idare etme sanatı" olarak sunulmuş, bu sanatın kendisinin de "insanların ruhun dört temel işlemi üzerine, [yani] *tasarlamak, yargılamak, uslamlamak ve düzene sokmak* üzerine yapılmış düşünmelerden ibaret olduğu söylenmiştir.

En azından 1662'de Ortaçağın skolastik kavramları ile Bacon ve Descartes'ın düşüncelerini alan *Port-Royal Mantığında* geliştirilen bakış açısı budur (bkz. Arnauld ve Nicole).

Bu mantık yorumu gerçekte esas olarak düşüncenin genel yasalarını keşfetmekle ve farklı bilgi alanlarında hakikati ortaya koymak için aklın izlemesi gereken yolu belirlemekle uğraşmış olan Yunan filozofu Aristoteles'e (-384/-322) dek uzanır. Aristoteles, mantığın temel düzeneklerini incelediği ve bu düzenekleri sıkı sıkıya dile bağladığı *Organon*'unda, *klasik biçimsel mantığın* temel ilkelerini ve öğelerini (tasım, tümdengelim ve tümevarım kavramlarını) vermiştir.

Ancak, doğrusunu söylemek gerekirse, mantık, uslamlamalı bilgi alanına ait olması ve belirli bir nesneyle ilgi olması anlamında bir bilimdir.

Klasik felsefedeki anlamıyla *mantık* düşüncenin biçimlerinin ve yasalarının bilimidir ve amacı "hakikatin bilgisine yönelik düşünsel işlemlerden hangilerinin geçerli olduğunu, hangilerinin olmadığını belirlemektir" *(A. Lalande, Vocabulaire technique et critique de la philosophie).*

İmdi, "hakikat düşüncenin kendisiyle uyuşması olarak ve düşüncenin şeylerle uyuşması olarak görülebilir" (E. Bloncourt, in: GLE, 6, s. 815). Bu açıdan, klasik felsefî mantığın son amacı hakikatin bilgisi olan norm koyucu bir bilim olduğu söylenebilir.

Böyle anlaşıldığında mantık her türlü somut belirlenimden bağımsız, "uslamlamalarımızı doğrulukları ya da yanlışlıkları biçimlerinden anlaşılacak şekilde yapmamızı öğreten" *biçimsel bir mantıktır* (Whewhell, *De la construction de la science,* s. 104).

Bundan ötürü bu mantık "dile getirilen önermelerin maddî doğruluğundan ya da yanlışlığından, yani gerçekle bağdaşır olup olmadıklarından soyutlama yapar: Örneğin, Fransızların dürüst olup olmadıklarını yahut Bretonların Fransız olup olmadıklarını bilmekle uğraşmaz. Yalnızca uslamlamanın biçimsel doğruluğuna, yani biçiminin doğruluğuna, önermelerin kendi aralarındaki tutarlılığına bakar: "Tasımı sonuca götüren güç öncüllerden gelir, ama o öncüllerin doğruluğundan değil" (Pradines, *Psychologie*, III, s. 129). Tasımın işi, ilk iki öncül kabul edilirse, sonucun da kabul edilmesi gerekip gerekmediğini belirlemektir (P. Foulquié [1]).

Dolayısıyla klasik biçimsel mantık, "düşüncenin nesnesinden, yani ilgili olduğu konudan soyutlama yaparak, doğru olan ve olmayan akıl yürütme biçimlerini belirlemek amacıyla yalnızca düşüncenin *biçimlerini* inceler" (P. Foulquié [2]).

E Bloncourt'un dediği gibi *(op. cit.)*:

"Düşünen insan yargılayan ve akıl yürüten insandır; ama yargılamak ve akıl yürütmek ancak kavramlarla ya da kavramların temel öğelerini oluşturan genel ve soyut fikirlerle yapılabilen işlemlerdir.

"Dolayısıyla *kavram* kuramının biçimsel mantıkta büyük bir önemi vardır.

"Mantıkçı [sözcüğün klasik anlamıyla] kavramı *içlemi* ve *kaplamı* açısından ele alır.

"*İçlem*, kavramın nesnesini ıralayan nitelikler kümesidir. *Kaplam* ise aynı nitelikleri taşıyan varlıklar kümesidir. Dolayısıyla içlem ile kaplam ters orantılıdır. Bir kavramın kaplamı arttığında içlemi, içlemi arttığında kaplamı azalır.

"Örneğin, "omurgalı" kavramının kaplamı "köpek" kavramınınkinden daha büyüktür, ama "köpek" kavramının da içlemi "omurgalı" kavramınınkinden büyüktür.

"*Yargı*, kavramların zincirlenmesidir. Ancak mantıkçı sözcüklerle, kavramların sözlü anlatımıyla dile getirilmiş yargıyı ele alır. Bu sözcükler bütünü, hiç-

bir varlıksal anlamı bulunmayan bir fiil olan "dır" fiiliyle, bir koşaçla biribirine bağlanmış, öznesi ve *yüklemi* olan bir önerme oluşturur.

"Mantıkçı önermeleri nitelik bakımından (önermeler ya evetleyici ya değilleyicidir) ya da nicelik bakımından (önermeler ya tümeldir ya tikeldir) ele alır. Örnekler: "Hava güzel" (evetleyici önerme); "hava güzel değil" (değilleyici önerme); "bütün insanlar ölümlüdür" (tümel önerme); "bazı insanlar bilgedir" (tikel önerme).

"Önermelerde dile getirilen ilişkiler özne ile yüklem arasında uygunluk, ayrılmazlık, içerme ya da dışarda bırakma ilişkisidir.

"Bir yargılar zinciri bir *uslamlama* oluşturur. Aristoteles'e göre, temel bir rol oynayan akıl sayesinde, ilkelerden zorunluluğu ve genel geçerliği tartışılamayan sonuçlara geçilir.

"Akıl, bir algıdan gelen bilginin tersine, "tanıtlayıcı" denen bilgiyi ıralayan *çıkarımları* ya da *uslamlamaları* sağlar.

"Verilerden doğrudan doğruya sonuca geçmeyi sağlayan *dolaysız uslamlamalar* ve sonucun özdeşlik ya da çelişmezlik ilkesine uygunluğuyla temellendirildiği bir ara işleme başvuran *dolaylı uslamlamalar* vardır.

"Dolaylı uslamlama türü *tasarımdır*. Bu, iki şey verilince üçüncünün onlardan zorunlu olarak çıktığı bir uslamlamadır.

"Bir tasım üç önermeden oluşur; ilk iki önermeye *öncül*, üçüncüye *sonuç* denir. Öncüllerin ilki en büyük kaplamlı terimi içerir ve buna *büyük terim* denir; ikincisi kaplamı en küçük olan terimi içerir ve buna *küçük terim* denir. Ayrıca iki öncül arasında bağ kuran bir orta terim vardır ki sonuç onun sayesinde geçerli olur.

"Örnek: "Bütün insanlar ölümlüdür" (büyük öncül); "Soktates insandır" (küçük öncül); "o halde Sokrates ölümlüdür" (sonuç)."

"Sonuç öncüllerde içerildiğinden, *tasımsal uslamlamanın* yaptığı yalnızca onu açıkça ve kesin olarak dile getirmektir. Bu sonuç doğrudur ve tartışılmaz bir hakikattir.

"Ancak *biçimsel bir tümdengelim* olan tasımsal uslamlama, bilginin zenginleşmesini sağlayan bir tanıtlama olan matematiksel tümdengelimin verimliliğini taşır.

"Değeri bilim alanında uygulanmış bilgin mantığının değeriyle karşılaştırılamaz olan biçimsel mantık, bütün Eskiçağ boyunca, bilimi tasımın kurallarına uygun olarak bir *tabula logica*'ya, kavram birleşimlerine indirgemiştir. Ortaçağ boyunca skolastik, biçimsel mantığın kurgulayıcı tartışmalarını sürdürmüş, ye-

ni mantık ancak Bacon ve Descartes'la birlikte, yeni bir bilim anlayışına uygun olarak yaratılmıştır.

"O zamandan beri mantık yeni dönüşümler geçirmiş ve Aristoteles ile skolastiğin mantığından uzaklaşıp bir yandan da onlarla bağını koruyarak *simgesel mantığı, bilim mantığını, sezgisel mantığı, çokdeğerli mantığı, diyalektik mantığı* yaratmıştır" (E. Bloncourt, *op. cit.*).

Böylece bilim bir yandan amacı ussal düşüncenin yasalarına uygun düşünsel süreçleri incelemek olan çok daha genel bir felsefî mantığa, bir yandan da son derece daha soyut kavramlara dayalı matematiksel mantığa doğru gelişmiştir.

Böyle anlaşıldıkta, felsefî mantık sonunda şunları da içine almaya başlamıştır: Tek tek bilimlere ilişkin bir mantık oluşturan ve sıradan bilginin ötesine geçip bilimsel bilgiyi düzenlemeyi olanaklı kılan *metodoloji* (yöntem bilgisi); amacı çeşitli bilimlerin yöntemlerini, ilkelerini, kurallarını, varsayımlarını ve vardıkları sonuçları incelemek ve bunların geçerliliklerini, nesnelliklerini incelemek olan *bilim kuramı*; amacı insan bilgisinin koşullarını, değerini ve sınırlarını incelemek olan *epistemoloji* (bilgi felsefesi).

Dördüncü Temel Düzenek:
Klasik Mantıktan Cebirsel ve İkili Mantığa

Ancak bilgisayar denen bu *mantık otomatlarına* gelesiye, ilkin cebirsel mantığın (ya da mantıksal cebirin) tam olarak gelişmesi gerekmiştir.

Bu tarih Eskiçağda, Yunan filozofları Sokrates ile Aristoteles'in tasımı tanımlayıp (kural: "... ise ... o halde") tümdengelimli uslamlamanın ve matematiksel mantığın temellerinden birini atmalarıyla başlamıştır.

"Üç terim arasında *küçük* terimin *orta* terimde içerilmesi ve orta terimin büyük terimde içerilmesi ya da içerilmemesi gibi ilişkiler olduğunda, uçlar arasında zorunlu olarak bir tam *tasım* vardır". İki önerme verildiğinde onlarda örtük olarak bulunan bir üçüncüsünün çıkarsandığı bu zihinsel işlem konusunda Aristoteles'in yaptığı açıklama budur.

Görüldüğü gibi tasım yalnızca bir işlemdir. Bu sözcük *(syllogism)* zaten Yunanca "sayım, hesap, uslamlama" anlamına gelen *sullogismos*'tan gelir.

Ancak, bu aşamada, bu "işlemlerin" bugünkü hesapların ve uslamlamaların soyutlamasıyla biraraya gelmesi için yol henüz çok uzundu: George Boole'un sözleriyle söylersek, hesap olarak geçerliliklerinin içlerindeki simgelerin yorumlanmasına değil, birleşmelerinin temelinde yatan yasalara bağlı olması ge-

rekiyordu; başka deyişle, hiçbir yorum dizgesinin bu yasalarca kabul edilmiş ilişkileri etkilememesi gerekiyordu.

Dolayısıyla, ikili aritmetik (2 tabanlı konumlu sayılamayla hesap) üzerine ilk derinleşmiş çalışmalardan birini yapan ve aynı zamanda bugünkü simgesel düşüncenin temellerini atacak olan Alman filozof ve matematikçisi Gottfried Wilhelm Leibniz'in (1646-1716) attığı önemli adımı beklemek gerekmiştir (bkz. 30. ve 31. Bölümler).

İlkin Descartes ile Leibniz'in katkıları arasındaki koşutluğu ortaya koyan Georges Bouligand'ın söylediği de tamı tamına budur:

"Her alanda kendi kendine, sağduyuyla, özgürce karar vermeyi öğrenmek; işte Descartes'in ideali. Onun genel işlemler biliminin yöntemi ile en başta geometri, mekanik ve fiziğin itici gücü haline gelen cebiri biraraya getirecek olan *evrensel bir yöntem* isteği buradan gelir.

"Aynı program Leibniz'de de vardır, ama daha büyük işlemler alanını düzenleme arzusuyla birlikte. Leibniz, araştırma düzeyinde, Descartes'ın yolunu açtığı evrensel yöntemi yaratmaya çalışır. Bu amaçla ilkin tanıtlama öğretisi olan mantığa uygulanabilen *kalıcı bir simgesel dil* önerir. Ancak uslamlamaktan ya da icat etmekten, tasarım birleşimlerini onların simgelerinin birleşimlerine, ta uzak çağlarda yapılmış zihinsel işlemleri matematiksel türden işlemlere indirgemeyi anlar. Sürekli ortamlar fiziğinin karşılaştırılmaz âleti olan *Sonsuz Küçükler Hesabının Kurallarında* dile getirilen gösterime verdiği önem de buradan kaynaklanır. Yapıt şişirilmiş, simgeselliğe verilen önem, kuramsal ya da deneysel türden bir ölçmenin (uzunluk, süre) sonucunu dile getiren her türlü sayının yazımını bıktırırcasına yinelenen 0 ile 1 rakamlarına indirgemeyi sağlayan ikili sayılamaya başvurularla ikiye katlanmıştır" (bkz. F. Gillot).

Uzaktan bakınca, Leibniz'in çağdaş simgesel düşüncenin kuruluşu ile evrimindeki büyük katkısının değerini verebiliyoruz.

Ancak, oraya ulaşmak için, modern matematiksel mantığın kurucularından biri olan İngiliz matematikçi Georg Boole'ün (1814-1864) temel katkısına borçlu olduğumuz, bir o kadar önemli olan ara bir aşamanın aşılması gerekecektir. Çünkü *Leibniz'in programını* ve onun düşlediği simgeselliği, bir ölçüde, gerçekleştirmeyi sağlayacak olan Boole'dür.

Gerçekten, W. S. Jevons şöyle der:

"XIX. yüzyıla dek, mantık Aristoteles'in iki bin iki yüz yıl önce tasarladığı haliyle kalır. Pythagoras ya da Eukleides çağından beri nicelik bilimi de aynı

şekilde kabaydı, şurası kesin ki Pascal'in aritmetik makinesini, Babbage'ın kalan makinesini [ve elbette bilgisayarı] tanımamış olacaktık. Ben burada betimlenen mantıksal makineyi[14] mantıktaki büyük reformun sonucu, özellikle bir dizi İngiliz yazarın XIX. yüzyıl boyunca gerçekleştirdiği gelişmelerin bir parçası olarak görüyorum. Bu İngiliz yazarlar arasında özellikle şunları sayabiliriz: Jeremy Bentham, George Bentham, Augustus de Morgan, Archibishop Thomson, William Hamilton, Venn, Lewis Carroll ve Royal Society'nin değerli üyesi George Boole.

"Onların çabalarının sonucu Aristotelesçi mantığın egemenliğinde bir gedik açtı ve bize eski yazarların bulmuş olduğundan son derece daha genel, daha etkili bir mantıksal tümdengelim dizgesi getirdi. Eski tanım basit ve bir bakıma kaba yapısından ötürü mekanik eyleme aktarılmaya pek elverişli değildi. Ancak sistemimizi düşüncenin yasaları üzerine kurduğumuz zaman yalın ve birörnek devinimlere bağlı olan bir makineyle somutlaştırılabilir bir tümdengelim yöntemine ulaşırız.

"Mantık öğretisindeki bir ilerlemeyi daha önce sözünü ettiğimiz mantıkçılardan çok daha fazla George Boole'e borçluyuz. Boole, *Mantığın Matematiksel Çözümlemesi* (1847) adlı çalışmasında ve daha da parlak olan *Düşüncenin Yasaları* (Londra, 1854) adlı kitabında, mantığın sorununu ilk kez bütün genelliği içinde ortaya koydu: Belirli koşullar ya da öncüller verildiğinde, bu koşulları yerine getiren bir nesneler sınıfının niteliklerini belirlemek. Bu, eski mantığın yalnızca birkaç yalıtık durumda çözmüş olduğu genel sorundu. Bu yalıtık durumlar ise tasımın ondokuz hali, *çoklu tasımlar, ikilemler, ayrık tasım* ve birkaç başka biçimidir.

"Boole, *matematiksel simgeler kullanarak yalnız bütün eski uslamlama biçimlerinin sonuçlarını değil, sınırsız sayıda başka sonuçları da çıkarmanın olanaklı olduğunu* tartışılmaz bir biçimde gösterdi. Son olarak Boole, ne denli uzun ve karmaşık olursa olsun, bir dizi öncül ya da koşuldan aynı yöntemle hesaplanabilir bir sonuç çıkarmanın olanaklı olduğunu gösterdi" (bkz. F. Gillot).

Boole'ün öteki temel katkısı ise önermeler mantığı işlemlerini gerçek bir cebirsel hesap işlemi haline getirmiş olmasıdır. Buna da tam olarak *Boole cebiri* denir.

Boole, önermeler hesabında sayı ve büyüklük kavramlarından mutlak olarak bağımsız, son derece soyut bir cebir anlayışını benimsemiştir. İşlenen olarak da yalnızca mantık önermelerini göz önüne almış, onların yapıları için hiçbir tanımlama yapmamış, herhangi bir yorum dizgesini işe karıştırmamıştır.

Çünkü onun mantığı yalnızca önermelerin birleşimlerinde egemen olan yasalarca kabul edilen bağıntılarla ilgiliydi.

Değilleme, tümel evetleme, ayrıklık gibi ilişkileri ve işlemleri yalnızca bu önermelerin doğruluğu-yanlışlığı ölçütünden yola çıkarak ve doğru bir önermeyi 1 ile, yanlış bir önermeyi 0 ile, herhangi türden önermeleri de *x* ve *y* ile göstererek tasarladı. Böylece önermeler hesabına aritmetik ile cebirdekilere çok benzer kurallar getirdi.

W. S. Jevons şunu ekleyecektir:

"Bir gün gelecek Dr. Boole'ün hayranlık verici araştırmalarının açık sonuçlarına gerçek değeri verilecek... Hiç kuşkusuz, Boole'ün yaşamı insanın uslamlama biliminde bir dönüm noktasıdır... Kabul etmek gerekir ki, Boole gerçek ve genel bir mantık biçimi keşfetmiş, bu bilime şimdiye dek hiç sahip olmadığı biçimi vermiştir" (bkz. F. Gillot).

Burada kesinlikle temel mantığın ana kavramlarının çok ileri bir genellemesi söz konusuydu. Bunun için şunların kazanılması gerekiyordu:

1- Genelleyici sayı kavramı (bkz. 27. Bölüm).

2- Cebirsel hesabın harfle gösterimi, sayısal gösterimin ve günlük rakamlı hesabın genelleşmesi (bkz. 28., 29. ve 30. Bölümler).

3- İçinde sıfır bulunan ve bizim ondalık konumlu sayılamamızla aynı yapıyı taşıyan bir konumlu sayılamadan edinilebilecek en genel kavram olan *m* tabanlı sayılama dizgesi kavramı (bkz. 28. ve 31. Bölümler).

Beşinci Temel Düzenek

Yapay Mantıksal Hesabın Gelişmesi

Boole'ün böylece gerçek bir cebirsel hesaba dönüştürdüğü mantığın işlemlerini mekanikleştirme, yani otomatikleştirme fikri buradan doğdu.

Zaten, Alain'in dediği gibi, "bir sayım makinesi olanaklı olduğuna göre, bir uslamlama makinesi de olanaklıdır. Cebir de zaten bir uslamlama makinesidir; düzeneği çevirirsiniz ve düşüncenin ancak sonsuz sıkıntılarla ulaşabileceği bir sonucu hiç yorulmadan elde edersiniz" (*Propos*, s. 732, La Pléiade).

W. S. Jevons'un, yukarıda anılan makalesinde, *Mantıksal Piyano*'nun varlığını temellendirmek amacıyla vurguladığı da tamı tamına budur zaten.

Tarihte gerçekleştirilmiş ilk *mantık makinesi* olan bu aygıt, aslında tasımsal türden karmaşık sorunları insan aklından daha hızlı bir biçimde ve yalnızca piyano tuşlarına benzer tuşlara basarak –bu, mantıksal denklikler biçimde veril-

miş önermelerle yapılan işlemlere ve terimlere karşılık geliyordu– çözmek için tasarlanmıştı.

Mekanik hesap tarihinin birkaç ana noktasını verdikten sonra, Jevons, Babbage'ın o dönemde (1870) çok iyi bilinen *Çözümleyici Makinesi*nin olanaklarını dile getirerek, mantıkçıyı bu temel gereksinime somut bir karşılık aramaya götüren nedenleri açıklayacak ve şunu ekleyecektir:

"[Hesap ve matematikle] akraba olan bilime, mantığa döndüğümüzde, hiçbir yardım ya da hiçbir mekanik aygıtla karşılaşmayacağız. Ancak mantık çalışmaları, uslamlama gücümüzün, düşüncenin en soyut işlemleri sırasında bile böyle bir yardım istediği duygusunu içeren eğretilemeli deyimlerle doludur.

"XV. yüzyılda, hattâ daha önce mantıkçılar arasındaki en büyük mantık çalışmalarına yaygın olarak *Organon* ya da "âlet" denirdi ve yüzyıllar boyunca mantık *ars instrumentalis dirigens mentem nostram in cognitionem omnium intelligibilium* [yaklaşık olarak: "kavranabilirin bilgisini elde etmek için ruhumuzca yönetilen âletli sanat] diye tanımlanmıştır.

"Gerçekte daha önceden şu ya da bu biçimde sözü edilmemiş icat azdır; ama şimdiye dek mantıksal çıkarım işlemleri yapan bir makinenin icadı ya da yapımı konusunda eski bir girişim olup olmadığını hiç bilmiyorum; sanırım yalnızca Swift'in hicivli yazılarında gerçek bir *uslamlama makinesine* bir göndermeyle karşılaşılıyor.

"Mantıkçıların gerçek bir mantık âleti yapamayışına gösterebileceğim tek neden, kabul ettikleri öğretilerin çok eksik olmasıdır.

"Betimleyeceğim mantık makinesi tasımların sabit biçimlerini somutlaştırmaya yönelik bir model değildir yalnızca. Kendisine verilen problemlerin tam bir çözümlemesini yapabilen karmaşık yapıda bir *çözümleyici makinedir.*

"Bir yargının öncüllerini ya da verilerini bir klavye üzerinden yazarak makineye öncüller arasında bir karşılaştırma yaptırılır; öyle ki makine mantıksal olarak çıkarsanmış uygun bir yanıt verebilir; dolayısıyla arzulanan mantıksal biçime sokulmuş belli miktarda bilgiyle yüklüdür.

"Gerçek mantıksal çıkarım süreci böylece salt bir mekanik eyleme indirgenmiş olur. Yani mantıkçıların kafasında yüzyıllardır bulunan belirsiz bir *organon* ya da mantık âleti fikrini gerçek kılan [George Boole'ün] *Düşüncenin Yasalarını* somutlaştıran bir makineye ulaşmış oluruz" (bkz. F. Gillot).

Mantık makineleri tarihinin başlayışı ve ilerleyişi aşağıda çok kısa olarak özetlenmiştir.

Zamandizinsel Kilometre Taşları

XII. yüzyıl. Arap büyücüleri ile kâhinleri (en azından Ebû'l Abbas as Sıbti'den beri), simgesel ve gizemli karşılıklılıklar kurmak üzere bütün olanaklı birleşimleri işleme sokan ve içinde Arap harfleri ile bunların sayısal değerlerinin bulunduğu eşmerkezli daireler halindeki "olayları düşünme makineleri" türünden "dairesel evren çizelgeleri" *(zayiçet'ül-Âlem)* kullanırlar. Bunlar ilk *düzenleme âletleridir* (bkz. 25. Bölüm).

1275. Ramon Lulle, *Ars Magne, compendiosa inveniendi veritatem* adlı yapıtında, kendi deyişiyle "imanın hakikatlerini kanıtlamaya yönelik evrensel bir yöntem" olan Arap *zayiçe*'sinden görülür bir biçimde esinlenmiş bir çeşit düzenleme âleti, bir "tasım mekaniği" şeması önerir.

1666. Lulle'ün fikirlerinden esinlenen Alman filozofu G. W. Leibniz, *Dissertatio de arte combinatoria*'sında, insan bilgisinin esasını oluşturan bütün temel kavramların, bütün olanaklı birleşimleri veren bir çeşit "düşünceler alfabesi" oluşturmak üzere, cebirsel türden simgelerle gösterilmesine dayalı evrensel bir gösterim dizgesi tasarlar: Bu, Leibniz'in bir *lingua characteristica universalis* kurma girişimidir; daha sonra buna bir matematiksel uslamlama yöntemi eklenecek, böylece modern mantık anlayışına kapı açılacaktır.

1810. İngiliz bilgin ve mantıkçı Charles Stanhope *Demonstrator*'unu yapar: Bu, Aristoteles mantığıyla ilgili problemlerin çözümünde insana yardımcı olmayı (elle) amaçlayan ilk âlettir.

1847-1854. George Boole (*mantıksal ya da ikili cebiri* tanımladığı) *Mathematical Analysis of Logic*'ini, sonra da *Laws of Thought*'unu yayımlar.

1869. W. S. Jevons, tasımsal türden mantık problemlerini çözmek için tasarlanmış ve "herhangi bir küme oluşturan olanaklı birleşimlerle ilgili olarak kendisine sorulabilecek her soruyu yanıtlayabilen" ilk makine olan *Mantıksal Piyano*'sunu yapar.

1881. Amerikalı mantıkçı Allan Marquand Jevons'unkinden çok daha tam ve daha büyük kapasiteli bir mantık makinesi yapar.

1886. Amerikalı mantıkçı Charles Peirce, Boole'ün cebiri ile elektrik devreleri arasında eşyapılılık ilişkisi üzerinde durur (aynı yıl eski öğrencisi Allan Marquand'a gönderdiği 30 Aralık tarihli mektup buna tanıktır).

1903. İtalyan mantıkçı Annibale Pastore tasımın kurallarına dayanan, üç makaralı (biri özneyi, ikincisi yüklemi, üçüncüsü terimi temsil ediyor) bir düzenekten oluşmuş bir uslamlama makinesi yapar.

1910. İspanyol Leonardo Torres y Quevedo elektronik olarak yapılmış tamamen otomatik bir makine olan *satranç oynayan otomatını* yapar. Satranç tahtası üzerindeki taşların yerini saptamasını sağlayan elektrikli algılayıcılarla ve taşların yerini değiştirebilen mekanik bir kolla donatılmış bu otomatın programlama dizgesi hep matla biter. İnsanın hilebazlığını bilen bu satranç oyuncusu ilk hile girişiminde bir lâmba, ikinci girişimde yine bir lâmba yakar, üçüncüde oyunu sona erdirir; *dolayısıyla belli durumlarda kendisi karar verebilen ilk mantık otomatıdır bu.*

1936. Amerikalı Benjamin Burack karmaşık tasımları çözmeyi amaçlayan elektrikli bir mantık makinesi yapar.

1943. İngilizler, çok büyük bir askerî gizlilik içinde, Nazi birliklerinin şifreleme makinelerinin gönderdiği gizli kodları çözmek amacıyla, özellikle mantık problemlerini çözmek için tasarlanmış olan ve elektronik hesaplar yapabilen ilk *Colossus*larını yaparlar. Bu hesap makineleri yapısal olarak ikili mantık işlemleri yapmak için tasarlanmıştır ve koşullu çatallanmalarla donatılmıştır.

1946. Amerikalı Theodore A. Kalin ile William Burkhart, elektrikli, programlanabilir, verileri parçalarının birinden ötekine otomatik olarak aktarabilen ve mantıksal işlem sırasını izlemek için otomatik bir kumanda organı bulunan küçük bir mantıksal doğrulamalı hesap makinesi yapar (bkz. R. Ligonnière [3]).

Boole Cebirinden Değiştirme Kuramına

Jevons ile Marquand'an Pastore ile birçok başkalarına dek ilk mantık makinelerini yapan mantıkçılar, icatlarının günün birinde herhangi bir pratik bir uygulaması olacağını akıllarından bile geçirmemişlerdi. Bunlar esas olarak ku-

ramsal bilgileri somut biçimler altında uygulamaya sokan ve gerçekte yalnız üniversite öğrencilerine yönelik aygıtlardı.

Bu mucitlerin insan aklının hiçbir zaman önceden göremediği olanaklara yol açtığı da bir o kadar doğrudur. Bunlar bir makineye bir uslamlamayı kendi kendine yapma yeteneği veren olanaklardır. Bu olanakların çok verimli olduğu bir gün anlaşılacaktır, çünkü, uslamlamayla ilgili kuramlarla birleştirildiklerinde, hesap ile işletimi otomatikleştirme fikrine, *bilgisayarların* teknik olarak gerçekleştirilmesine, sonra da uzman *dizgelerin* gerçekleştirilmesine götürecektir.

Boole'ün kuramsal düşüncelerine gelince, onun temel keşiflerinin pratik uygulanışını görmek için, XX. yüzyılı, bu yüzyılda elektrik alanında gösterilen teknik ilerlemeyi ve elektromanyetik-elektronik alanındaki fenomenlere ilişkin bilgiyi beklemek gerekecektir. Boole cebirinin kurallarının elektrik şebekelerine uygulanabileceğini ve bu cebirin temel işlemlerinin devrelerde gerçekleştirilebileceğini 1937'deki tezinde (*A Symbolic Analysis of relays and switching circuits,* "Mıknatısların ve anahtarlı devrelerin simgesel çözümlemesi üzerine") kanıtlayacak olan Amerikalı fizikçi Claude E. Shannon'un çalışmalarıyla başlayalım. Bu temel keşif, 0 ve 1 rakamlarıyla simgeleştirilen iki halli fizik dizgeler (mıknatıslama, delme, akım geçirme...) hakkında elde edilen bilgiyle birlikte, *bilgisayar biliminin* teknik bakımdan gerçekleşmesine doğru temel bir adım oluşturacak, ilkin çözümleyici hesap makinelerinde, sonra da bilgisayarlarda uygulamaya sokulacaktır.

Yani, bilgisayar *biliminin teknik olarak gerçekleşmesi* için mantığın salt felsefi bağlamından koparılıp, maddî gerçekliğe yapısı bakımından fazlasıyla yoğunlaşmış olan dili ve düşünme biçimiyle birlikte Aristoteles'in ve Ortaçağ skolastiğinin kavramlarından soyutlanması, sonra da Boole mantığı aşamasına gelmesi gerekecektir.

Ancak *bilgisayar kuramına ve kavram çerçevesine* ulaşmak için, Boole cebirinin de *simgesel mantık* aşamasına gelmek üzere hatırı sayılır ölçüde genelleşmesi gerekecektir. "Bu simgesel mantık çok kesin, çok belirli bir anlam taşıyan bir simgeler dizgesi olarak günlük dilin yerini alacak ve yalnız içerme ve tutarlılık ilişkilerine değil, her türlü olanaklı mantıksal ilişkiye uygulanacaktır" (A. Cuviller).

Altıncı Temel Düzenek:
Klasik Cebirden Kümeler Kuramına

Buradan, bugün matematikçiler ile bilgisayar bilimcilerinin kendiliğinden düşünceleri ile anlatımlarının bütünleyici parçasını oluşturan kümeler kuramının diliyle ortaya konmuş öteki temel düşünsel düzeneğe geçiyoruz.

Çocukta ussal düşüncenin oluşumunda ve gelişmesinde öbekler kuramının, sınıflar mantığının ve daha genel olarak küme süreçlerinin temel rolünü ortaya koymaya çalışan Piaget'nin çalışmalarında olduğu gibi, ancak çocuk psikolojisinde bu düşünce biçimine başvurulmuştur.

Bu düşünceler bugün tam sayılarla, büyüklüklerle, önermelerle ilgili hesapları ve özel olarak şu ya da bu matematiksel varlıklar sınıfıyla ilgili hesapları çok daha hatırı sayılır ölçüde genelleyen çok soyut bir kuram halinde geliştirilmiştir.

Kümeler hesabı denen bu düşünme biçiminde başka hiçbir özelliğe bakmaksızın yalnızca kümeler göz önüne alınarak, söz konusu edilen öğelerin yapısından tamamen bağımsız bir biçimde, son derece soyut bir cebir anlayışı benimsenmiştir.

Böylece son derece genel bir cebire ulaşılmıştır: İlgili altkümeler arasında içerme ve özdeşlik gibi bağıntıların ve birleşim, ayrım, kesişim... gibi işlemlerin tanımlandığı, *bir kümenin parçalarının cebiri.*

Eşitsizlik, eşitlik, toplama, çıkarma, çarpma gibi bağıntılar ya da işlemler sayılar ve büyüklükler için neyse, içerme, özdeşlik, birleşim, ayrım, kesişim... de kümeler için odur. Bu hesabın sıfırı ise *boş kümedir*: Hiçbir öğesi olmayan ve öğelerinin sayısı (bu kümenin *kardinali* denir) tamı tamına sıfıra eşit olan küme.

Babbage'ın, Boole'ün ve başkalarının getirdiklerine ek olarak, gelişmesiyle bizi burada ilgilendiren kavramların ortaya çıkmasında vazgeçilmez bir rol oynamış olan bu temel katkıları Rus kökenli Alman matematikçi Georg Cantor'a (1845-1918) borçluyuz.

Ancak *küme cebiri kümeler kuramının* yalnızca bir parçasını oluşturur. *Kümeler kuramı* ayrıca bir kümenin öğeleri ya da parçaları arasındaki ilişkileri (denklik, sıralama... ilişkilerini), çizge ve uygunluk kavramlarını (bir kümenin başka bir kümeye ya da kendi kendine yönelik fonksiyonları ya da uygulamaları, sonlu ya da sonluötesi kardinaller...) içerir.

Terimin en yaygın anlamıyla *genel cebir* ise bugün bir kümenin öğeleri arasındaki *-iç birleşimler yasası* denen- farklı işlemlerle uğraşır (aritmetik, cebirsel ya da sıradan mantıksal işlemlerin genellemeleri) ve bununla *cebirsel yapılar* denen şeyi (örneğin öbek, halka, cisim, ideal yapılarını) ortaya koymaya çalışır.

Bu çok genel çerçevede, Boole'ün *mantıksal cebirinin* bir kümenin parçalarının cebirinden başka birşey olmadığı görülecektir.

Boole cebirinin temel işlemleri şunlardır:

1- (İki önerme verildiğinde, bunların ayrıklığına, yani ikisinden birinin *veya* ötekinin oluşturduğu önermeye karşılık gelen) *mantıksal toplama.*

2- (İki önerme verildiğinde, bunların birlikte evetlenmesine, yani ikisinden birinin *ve* ötekinin oluşturduğu önermeye karşılık gelen) *mantıksal çarpma.*

3- (Doğru ya da yanlış bir önerme verildiğinde, onun tersine karşılık gelen) *mantıksal değilleme.*

Buna göre, bir kümenin parçalarının kümesini göz önüne alarak, bu temel üzerinde Boole cebiriyle özdeşleştirilebilecek bir cebir kurmak olanaklıdır.

Bunun için, bir altkümenin *karakteristik fonksiyonu* denen şeyden yola çıkarak oluşturulabilen mantık önermelerini göz önünde bulundurmak yeter. Bu fonksiyon, kümenin öğesinin söz konusu altkümeye ait olup olmamasına göre 1'e ya da 0'a karşılık gelir (1 doğru bir önermeye 0 yanlış bir önermeye karşılık gelir). Sonra mantıksal toplama, çarpma ve değilleme işlemleri küme işlemleriyle özdeşleştirilecektir. Küme işlemleri bir kümenin parçaları üzerinde şöyle tanımlanır: *Birleşim* (iki parça verildiğinde bu iki parçadan birine *veya* ötekine ait olan öğeler kümesine karşılık gelir); *kesişim* (iki parça verildiğinde, bu iki parçadan birine *ve* ötekine ait olan öğeler kümesine karşılık gelir); *tümleme* (bir parça verildiğinde, onun "tümleyenine", yani ona ait olmayan öğelerin oluşturduğu kümeye karşılık gelir).

Bu tam olarak, yapıları otomatik hesap makinelerinin, ikili bilgisayarların, dillerin, kodların ve ilgili ikili simgeselliklerin temelinde bulunan elektrik ya da elektronik devrelerinin *kontak dizilerini* incelemeye yol açan şeydir.

Bu genel cebirde göz önüne alınan yapılardan birinin, bir üst derecede ikili Boole cebirinin bir genellemesini oluşturan *kafes* yapı (*Boole kafesi* adı verilen yapı) olduğunu belirtelim. Ancak ikili Boole cebiri, özellikle, uygulamalar alanında, işlemsel programların aktarımını ve gerçekleştirilmesini kolaylaştırmak için kullanılan birçok başka yapıda cebirler de içerir.

İç işlemlerden sonra, *dış birleşim yasalarının* gelişi *vektör uzayının* yapısını göz önünde bulundurmaya götürmüştür. Bu klasik vektör hesabının genellemesidir ve bir vektör uzayının kendisine ve başka bir uzaya doğrusal uygulaması kuramının üzerine kurulduğu temeli oluşturur. Bu son kuramın analitik bir çevirisi de *matris hasabının çok ileri bir genellemesini oluşturmuştur.*

Genel topoloji ise belli bir kümedeki *yöre* kavramı sayesinde (bu kavram limit yakınsaklık ve süreklilik kavramlarını çok kesin olarak tanımlamayı sağlamıştır) matematiksel çözümlemenin alanını hatırı sayılır ölçüde genişletmiştir.

Bu, gerek matematikte gerek fizikte çok sayıda önemli uygulamaları ve sonuçları olan bir daldır.

1950'lerden itibaren *homolojik cebir* ile *cebirsel topolojiden* yola çıkarak geliştirilmiş olan kategoriler kuramı da kümeler kuramını hatırı sayılır ölçüde genelleştirmiş, çok daha geniş yeni yollar açmıştır.

Bu döküm elbette çağdaş matematiğin ışık tuttuğu ve zahmetine katlanmak isteyen için son derece heyecan verici olan sayısız alandan birkaçının başlığını veriyor yalnızca. Ancak yine de bu yepyeni kavram çerçevelerinin matematik bilimini nasıl tamamen altüst ettiğini görmemiz için yeterli.

Kısacası, böylelikle "amacı, tanımlarının çelişmemesi ve öteki bilimlerde de yararlı olması koşuluyla tanımlanmış birtakım soyut varlıklar arasında bulunabilen ilişkileri incelemek olan bir bilime" ulaşılır (Bouveresse, Itard ve Sallé).

Başka deyişle, çağdaş matematik bilimi simgelerinin ve çeşitli kavramlarının gittikçe daha belirgin bir cebirleşmesiyle ve fizik gerçeklik kaygısı olmayan ama kendisini oluşturan kuramların birliğini ve çelişmezliğini araştırmaktan başka birşeyle uğraşmayan bir düşünceyle ıralanır. *Matematiksel hakikat fizik gerçeklikten* tamı tamına burada ayrılmaktadır bugün.

Gerçekten, Théodule Ribot'nun dediği gibi "matematiksel bilimlerin tarihi, giderek artan karmaşıklıkta simgenin icadının ve kullanılışının tarihidir... Sayılabilir olarak görülen şeylerin yerine ilkin sözcükler konmuştur; sonra özel imler, rakamlar; daha sonra, cebirin icadıyla birlikte harfler rakamların yerini ya da en azından çözülecek problemlerde onların işlevini ve rolünü almıştır; ardından geometrik şekillerin yerine onların denklemleri geçmiş, son olarak sonsuz küçükler hesabında negatif sayılara, sanal sayılara yeni simgeler karşılık gelmiştir" (*Évolution des idées générales*, s. 164).

Bu soyutlama eğilimi içinde, giderek artan bir genellik derecesine doğru ilerleyen simgeler kullanılmıştır. Bilgisayarlar, salt matematiğin önceden kendilerine tanıdığı olanaklara göre, deyim yerindeyse, bu simgelerle oynar.

"Matematiğin geçmişiyle haşır neşir olmamış olanlar için XX. yüzyılın matematiği garip bir çelişki içindeymiş gibi görünebilir. Karşı konmaz bir akıntı onu bir biçimciliğe, gerçeklikten gittikçe uzaklaşan bir soyutlamaya doğru sürükler; bir o kadar koşulsuz olan başka bir iç çağrısı onu deneyle gittikçe daha çok yakınlaşmaya iter... [Bununla birlikte] burada gelecekteki bir bölünmenin anlatımını değil, kan dolaşımının sürekliliğini sağlayan sistol ile diastolü görüyoruz" (F. Le Lionnais, in : *50 ans de découvertes*, s. 182).

Gerçekten burada temel bilimin ıralayıcısı olan ve ona yaşaması, gelişmesi, geleceği için gerekli bütün oksijeni ve yuvarları veren ünlü *çatışma etkisinin* bir görünümünü görmek gerek.

İmdi, Henri Poincaré bir gün, tamı tamına matematiğin geleceği konusunda, şunu söylemiştir: "Eskiden kötülük peygamberleri vardı. Tüm sorunların çözüldüğünü, kendilerinden sonra geriye yalnızca ürün devşirmek kaldığını yineleyip duruyorlardı... Ama kötümserler hep geri çekilmek zorunda kaldılar... öyle ki, şimdi onlardan hiç kalmadığını sanıyorum."

Doğrusu, uzun zamandan beri, matematiğin "oturduğuna", binanın doruk noktasına ulaştığına, evriminin ise sürüp gittiğine inanıldı.

Voltaire'in şaka yollu söylediği şu sözler bütün anlamını burada bulur: "Kuramlar fareler gibidir, doksan dokuz delikten geçer, yüzüncüye takılırlar."

Oysa, yarattığı bütün bunalımlarla, derin düşüncelerle, söz konusu kavramları olgunlaştırmasıyla şeylerin düzenini bozan bu yüzüncü delik, gerçek bir ilerleme etkenidir.

Zaten matematiksel mantığın, tümdengelim ve tanıtlama kuramlarının daha genel olarak da soyut uslamlama kuramlarının gelişmesini sağlayan budur. Yine, matematiksel mantık alanının hatırı sayılır ölçüde ilerlemesini sağlayan, çağdaş matematiğin temellerini atıp birliğini kuran da budur.

Öte yandan, *ilksavlı yapılar* ve bunların *varsayımsal-tümdengelimli dizgeleri* yavaş yavaş buradan geliştirilmiştir. Bunun temelleri ve başlıca adımları kısaca şöyle özetlenebilir:

"XIX. yüzyılın başında ilksav, temellendirilmeyi gerektirmeyen, zorunluluğunu kendisinden alacak bir tümdengelimin temelini oluşturan, kendi başına açık ve zorunlu olan mutlak bir hakikat olarak görülür. O noktada *koyut,* açıklığı kabul edilmiş olmayan şey olarak ilksavdan ayırılır; o yalnızca bir varsayımdır. Eukleides koyutunun varsayımı yadsınarak ve yerine başka varsayımlar konarak Eukleidesçi olmayan geometriler yaratılır. Ancak bunun başarısıyla coşulunca, o zamana dek apaçık olarak görülen kimi Eukleides ilksavlarını yadsıyarak başka yeni geometriler (örneğin Arkhimedesçi olmayan geometriler) yaratılabileceği fark edilir ve böylece bütün ilksavlar yeniden gözden geçirilebilir gibi görünür, ilksavlar ile koyutlar biribirine karışır, geriye yalnızca artık apaçık olmaları gerekmeyen, kendi aralarında tutarlı olmaları gereken, yani sonuçları çelişik önermelere götürmemesi gereken bir varsayımlar dizgesi kalır: Bu *iç tutarlılık koşuludur.* Apaçıklıktan türetilen *koşulsuz* hakikat artık yerini

varsayımsal-tümdengelimli bir dizgenin *koşullu* hakikatine bırakır" (J. Ullmo, *La pensée scientifique moderne*, s. 190-191).

İmdi, kümeler kuramında olan tam olarak budur. Bu kuramı yalnızca G. Cantor'a borçlu değiliz. Çünkü ondan önce ilkin, gerçek sayılar kümesini kesin olarak oluşturma gerekliliğini hissetmiş olan Aydınlanma yüzyılı sonunun matematikçileri, sonra da özellikle, nokta kümeleri kuramını ilk geliştiren matematikçiler Bernhard Bolzano (1781-1848), Karl Weierstrass (1815-1897) ve Richard Dedekind (1831-1916) gelir.

Bununla birlikte, Nicolas Bourbaki'nin dediği gibi, "bugün anlaşıldığı anlamda kümeler kuramının yaratılışını Cantor'un dehâsına borçluyuz".

Bu kurama karşı koyanlar da olmamış değildir; Leopold Kronecker ve Henri Poincaré gibi matematikçiler onun en amansız hasımları olmuştur. Özellikle de ünlü "paradoksların" keşfiyle kümeler kuramına en büyük darbe vurulmuştur (1905'te Bertrand Russell'ın dile getirdiği *kendine ait olmayan kümelerin kümesi* paradoksu, bu kümenin hem kendi kendisinin bir öğesi olduğu hem de kendisine yabancı bir öğe olduğu sonucuna varır). Bu, matematik tarihindeki en ciddî bunalım olmuş, Cantor'un fikirlerine karşı çıkanlar kümeler kuramını toptan reddetmek için böyle aykırılıkların varlığını gerekçe göstermişlerdir.

Ancak bunalım bu şekilde ortaya konan aykırılıkların kesin nedenleri ve tam yapısı hakkında çok derinleştirilmiş bir incelemeyle yavaş yavaş aşılmış, sonra biçimselciliğin belirlenmesiyle kesin olarak ortadan kaldırılmıştır. (Özellikle Bertrand Russell ile Alfred N. Whitehead'in biraraya gelip kümeler kuramının, dolayısıyla tüm matematiğin dayandığı ilksavların yapısını derinlemesine inceleyerek, 1910'dan itibaren *Principia Mathematica*'yı yayımlamalarından sonra).

Alain Bouvier'nin benzetmesiyle, denebilir ki, "bir evin, yapımından önce, sağlam olması isteniyorsa, temellerinin sağlam olduğundan emin olmak gerekir. Ne ki Pisa ku'esi örneği, kimi durumlarda binanın dengesini sağlamaya temellerin de yetmediğini kanıtlamak üzere ortadadır. Bu işi iyi yapmak için yapı tekniklerini ayrıntıyla incelemek amacıyla "öntemeller" atmak gerekir. Bütün çağdaş matematiğin temeli kümeler kuramıdır; ama kümeler kuramının kendisi kesin olarak kurulmuş değildir. Onun çelişik olup olmadığını bilmiyoruz".

İşte tam bu noktada, *seçim ilksavı* denen şeyin keşfiyle matematiğin temelleri konusunda yeni bir bunalım doğdu. Bu da biri Alman matematikçi David Hilbert (1862-1942) ile Avusturya kökenli Amerikalı mantıkçı ve matematikçi Kurt Gödel (doğumu 1906) üzerine birkaç söz etmeye götürüyor.

Hilbert bir gün şöyle demişti: "Cantor'un bizim için yarattığı cennetten kimsenin bizi kovamaması gerekir." Gerçekten Hilbert, Cantor'un fikirlerinin en yılmaz savunucularından biriydi. "Değişmezler kuramı" üzerine ilk çalışmaları, bireşim yapan ve bu alanda daha önce elde edilmiş kavramları genelleştiren, ancak yığınla hesabın genel düşüncelerden uzaklaşmaya güçlükle izin verdiği sergilemesinin yalınlığı bakımından yeterince devrimci nitelikteydi. Sonra integral denklemler kuramını ele aldı. Ama 1899'da en önemli yapıtı olan, belli sayıda ilksavdan yola çıkarak temel geometrinin ilkelerini geliştirdiği *Grundlagen der Geometrie*'sini ("Geometrinin Temelleri") yayımladı.

Böylece Cantor nasıl kümeler için ilksavlılaştırmayı yarattıysa, Hilbert de geometri için ilksavlılaştırmayı yaratmış oldu. Birçok matematikçinin sonradan yeniden ele alarak tutarlı bir matematik kurmak üzere iyileştirip incelteceği yeni fikirler getirdi.

Hilbert'in kavram çerçevesinin temelinde "simgeler ile bu simgeler üzerindeki işlemlerin matematiğin indirgenemez çekirdeğini oluşturduğu uylaşımı bulunur. İlksavlı bir dizgenin gerçekleştirilebilirliği, her durumda bunlardan birinin gerçekleşmesini sergilemekten ibaret olan yöntemle ortaya konabilir. Buradan da tutarlı bir tanıtlamaya, yani ilksavlardan hiçbir çelişmenin türetilmemesi olgusunun tanıtlanmasına başvurma gereği doğar. Bu, Hilbert'in bir biçimde "matematiğin temeli" denen problemle özdeşleştireceği ana problem haline gelecektir: Matematiğin her dalı için, o dalda kabul edilen tanıtlama işlemlerinin teorem olarak hem bir önermeyi hem de onun değillemesini üretmeyeceği olgusunun bir tanıtlamasını yapmak. Hilbert bu programı gerçekleştirmek için "tanıtlama kuramı" dediği şeyi oluşturur. Bu kuramın ilkesi şudur: Her matematik kuramı bugün sıkı bir şekilde biçimselleştirilmiş bir dizgenin, yani alışılmış matematiksel formüllerden sıradan simgelere ek olarak birtakım mantıksal simgeler içermesiyle ayrılan bir formüller kümesinin biçimine sokulabilir. Bir tanıtlama, her biri ya bir ilksav olan ya da önceki formüllerden önceden belirlenmiş çıkarım kuralı yardımıyla elde edilmiş bulunan bir dizi simgesel formüldür. Buradan, tanıtlamaların kendisini matematiksel bir inceleme nesnesi yapma olanağı doğar: Alışılmış matematiğe, onun adımlarının yalnızca yazılı biçimler üzerindeki işlemleri temsil eden işlemler olarak görüldüğü yeni bir matematik eklenir" (Bouveresse, Itard ve Sallé).

Böylece yeni bir disiplin, amacı matematiğin temelini, tanıtlamaların yapısını incelemek olan ve matematiğin biçimselleşmiş dilini değil, iyi kötü böyle bir biçimselleştirmeye elverişli günlük dili kullanan *matematik* geliştirilmiş olur.

Bu "bir tanıtlamanın ne olduğuna *karar vermeyi* ve düpedüz bir *tanıtlama kuramı* kurmayı" sağlamakla kalmayan, aynı zamanda "matematikçilere matematiğin kısaltma simgelerinin ve *tümdengelim ölçütlerinin* işleyiş kurallarını vermeyi amaçlayan" bir matematik dalıdır (A. Bouvier).

Hilbert böylece geometrinin ilksavlılaştırılmasında ve çelişik olmayan, tam bir varsayımsal tümdengelimli dizgenin ölçütü olarak *karar verilebilirlik* kavramının ortaya konmasında öncü olmuştur. Kurt Gödel ise çok daha genel olan kümeler kuramı alanında, çelişik olmayan varsayımsal-tümdengelimli bir dizge bakımından bir önermenin *karar verilemezliği* kavramıyla katkıda bulunarak öncü oldu. 1931'de *çelişik olmayan bir aritmetiğin tam bir dizge oluşturmayacağını, çünkü zorunlu olarak karar verilemez bir formül içereceğini* ortaya koyarak mantıkçılar dünyasında gerçek bir devrime yol açtı; başka deyişle, bu aritmetik kendi çelişmezliğinin biçimsel tanıtlamasını içeremez. Bu, böyle bir dizgenin çelişmezliğinin kanıtını dizgenin kendisinin kullandığı yöntemlerden daha güçlü yöntemlere başvurmaksızın biçimsel olarak sağlamanın olanaksızlığını ortaya koyan, *seçim ilksavı* denen şeydir. Buradan, kümeler kuramının temellerine ayrım gözetmeden bu ilksavı ya da değillemesini ekleme olanağı doğar. Başka karar verilemez varsayımlar da bulunduğundan, benimsenen ilksav dizgelerinin bu evetlemeleri ya da onların karşıtlarını içerip içermemesine göre, birçok kümeler kuramı oluşturmanın olanağı ortaya çıkar.

Gödel'in keşfinin pratik sonucu şudur: *Genel bir kuramın değeri ve becerisi ne olursa olsun, hiçbir zaman tanıtlaması yapılamayacak olan doğru sayılmış birtakım önermeler her zaman olacaktır.*

Mantığın, geleneksel kavram çerçevelerini nasıl altüst ettiği, matematiğin birliğini gerçekleştirmeyi amaçlayan sürekli bir sorgulama hareketini başlattığı böylece görülüyor.

Ne ki, mantık da, matematikle temasının sonucu olarak bugünkü bilgisayar biliminin yolunu açacak olan derin bir kavramsal evrim geçirmiştir...

Yedinci Temel Düzenek:
Felsefi Mantıktan Matematiksel Mantıklara

Yeniden klasik mantığa dönecek olursak, Piaget'nin tanımıyla klasik mantık, "en genel biçimleriyle ele alınan doğru bilginin incelenmesidir".

Aynı zamanda –ancak çok daha soyut bir anlamda– herhangi bir kümenin öğelerinin nicelenmesiyle geliştirilmiş bir kuramdan yola çıkan ve herhangi bir dünyadaki herhangi şeyler için geçerli önermelere ilişkin bir kuramdan ibaret

olan *temel matematiksel mantığın* (ya da *birinci dereceden yüklemler hesabının)* bakış açısını oluşturan şeydir.

Bununla birlikte bu söylenenler, yalnızca iki değer (*doğru* ve *yanlış*) tanıyan ve çelişik iki önerme ("P doğrudur" ve "P doğru değildir") arasında başka bir almaşık olanaklı değildir, biri doğruysa öteki zorunlu olarak yanlıştır biçimindeki *üçüncünün dışarıda bırakılması* ilkesine dayanan *iki değerli* mantık için söz konusudur. Başka deyişle, bu mantıkta, terimleri bakımından özdeş ama doğruluk değeri bakımından farklı olan iki önermeden biri doğru, öteki zorunlu olarak yanlıştır; ancak ikisi birden doğru, ikisi birden yanlış olamaz.

Üçüncünün dışarıdan bırakılması ilkesi ile çelişme ilkesinin türediği *özdeşlik ilkesinin* ("birşey ne ise odur ve başka birşey değildir") ve *yeterli neden ilkesinin* (yani, Leibniz'in açıklamasına göre, "belirleyici bir nedeni ya da sebebi olmayan hiçbir şey yoktur") *klasik ussal ilkeler* denen şeyi oluşturduğunu hatırlatalım. Bunlar, özellikle şeylerin nedenlerinin araştırılmasında, (geleneksel anlamda) zihnin her türlü etkinliğini düzenleyen ilkelerdir ve dolayısıyla klasik bilgilerin temelinde bulunurlar.

Ancak, *göreliliğin* gelişmesi, örneğin geleneksel olarak evrensel bir ilke sayılan üçüncünün dışarıda bırakılması ilkesinin geçerliliğini sınırlayarak, bu ilk ilkelerin bazılarını yeniden gözden geçirmeye götürdü. Üçüncünün olanaksızlığı ilkesi bilimsel alanda ya da günlük yaşam alanında ortaya çıkabilen her duruma uymuyordu. Örneğin doğru mu yanlış mı olduğu söylenemeyen ve *karar verilemezlik* kavramını yaratan önermelerde durum böyleydi.

Böylece, *doğru olmayan* için, *karar verilemezin* yanı sıra, gittikçe daha yaygın kabul gören *kuşkulu, olanaksız, zorunlu olmayan, belirsiz* kavramları kullanıldı.

Bu güçlükleri gidermek amacıyla, çağdaş mantıkçılar, iki değerden fazlasının varlığını olanaksız sayan üçüncünün dışarıda bırakılması ilkesini reddederek, birçok mantıksal değerin kabul edilmesine dayanan *çokdeğerli mantıklar* geliştirdiler. Bunlar arasında J.L. Destouches ile P. Destouches-Février'nin *üçdeğerli mantığını* (doğru, yanlış ve olanaksız), H. Reichenbach'ın yine *üçdeğerli mantığını* (doğru, yanlış, belirsiz) ve J. Lukasiewicz'in mantığını (doğru, yanlış, olanaklı ya da "olumsal")... sayabiliriz.

Felsefi açıdan, böylece çelişmeyi aşılmaz bir güçlük haline getiren klasik akılcılıktan vazgeçilip, onda, tersine, gelişmeye ve ilerlemeye açık bir canlılık gören *göreci bir akılcılığa* dönüldü.

Klasik mantık anlayışına göre parçacık kuramı ile dalga kuramı arasında ikiye bölünen Louis de Broglie, böyle bir yoldan yürüyerek, dalga mekaniğini geliştirmesini sağlayacak olan bireşime ulaştı.

Louis de Broglie bu konuda şöyle der:

"Çelişmenin" burada uygun bir terim olmadığını belirtmek çok önemli. *Işık olgusu bir dalga olgusudur*'un çelişiği *ışık olgusu bir dalga olgusu değildir* önermesidir ve biribirinin antitezi olan bu iki önermenin sentezi olanaksızdır; dolayısıyla çelişme ilkesi tüm değerini korumaktadır. Sentez ancak "Işık dalgalardan oluşur" ve "ışık parçacıklardan oluşur" gibi farklı önermelerle yapılabilir.

Bu da göreci akılcılıkta (buna *modal akılcılık* da denebilir), insan düşüncesinin sürekli bir evrimle karşı karşıya olduğunu gösteriyor. Bu evrimde (aklın değişmezliğini kabul eden klasik akılcılığın tersine) yeni edinimler en ilkel verilerde bile kendini gösterir. Örneğin Louis de Broglie'nin durumu, aklın en temel ilkelerinden birini, yeterli neden ilkesini çiğneyen kuantum belirsizliğine alışmaya başladığını çok iyi göstermektedir (bkz. P. Foulquié).

Ancak matematikçilerde ve çağdaş mantık kuramcılarında bu bilim öyle genişlemiştir ki, neredeyse bir olanaklı yönler sonsuzluğuna yönelmiştir[15].

Bu genişleme, S. Kanger, S. Kripke ve J. Hintikka gibi mantıkçıları, doğru ile yanlışın arasına *(n - 2)* ara değerlerini sokarak *n değerli mantıklar* (klasik mantığın *n = 2* olduğu özel bir durumunu oluşturduğu çokdeğerli mantıklar), yani *doğru ile yanlış arasında sonsuz sayıda değerin bulunduğu mantıklar* öngören matematiksel *kipli mantıklar* geliştirmeye götürdü. (Bu mantıkların da, özellikle bilgisel ve anlambilimsel mantık alanlarında, kendi kipli mantığını gerektiren her kuramın ilgili biçimsel yapı üstüne kendi damgasını vurduğu fizik alanında önemli uygulamalara götürdüğünü belirtelim).

Sonra, birçok başka yönde, tıpkı matematikte bir geometriler ve küme kuramları çokluğu düşünülmesi gibi, ruhun gerçek etkinliğinin ve dilin yapısından soyutlama yaparak bir mantık kuramları çokluğu yaratıldı. Yalnız *iç tutarlılık ölçütüne* uyması zorunluluğu gözetilerek keyfi bir biçimde seçilmiş ilksavlar kümesinden *varsayımsal-tümdengelimli dizgeler* oluşturuldu.

Böylece, "tümdengelimli bir kuramın ilkelerinin ve teoremlerinin apaçıklığı ölçütünün yerini [herhangi türden] simgeler arasındaki bağıntılar biçiminde dile getirilmiş bir ilksavlar dizgesinin iç tutarlılığı ölçütünün aldığı" biçimselleştirilmiş matematiklere ve mantıklara ulaşıldı (L. Rougier, *Traité de la connaissance*, s. 34).

Bir mantıksal bütün, yani ussal olarak düzenlenmiş bir küme oluşturarak bu tutarlılığı arayan çağdaş mantıkçının yaptığı işi tam olarak dile getirmektedir bu (bkz. Lamouche, in : *Logique de la simplicité,* s. 162).

Denebilir ki, "değişmez mantıklar yoktur. Her türlü tümdengelimli kuramda olduğu gibi mantıkta da simgeleri her türlü ön algısal anlamdan kurtarmak gerekir: Simgeler ilk önermelerin [yani ilksavların] koyduğu kurallara göre biraraya getirilecek imlerden öte birşey olmamalıdır. Matematik gibi boş [her türlü somut gerçeklikten uzak] olan mantık da, yine onun gibi keyfî hale gelir. Her biri kendini –ya da kendilerini– istediği gibi kurabilir: Tüm gereken, dizgenin çelişik olmaması [başka deyişle mantıkça tutarsız olmaması] ve açıkça dile getirilmiş olmasıdır" (R. Blanché [1], s. 116-117).

Bu durumda XIX. yüzyılın, özellikle de XX. yüzyılın, mantığı giderek anasından, felsefeden ayırıp her gün biraz daha fazla bilime ve matematiksel düşünceye bağladığı açıkça görülüyor.

Çağdaş felsefî mantığın, "mantık felsefesiyle" birlikte bugün yeniden yapılanma eğilimi içinde olduğunu ve bu yeni genel mantığın ortaya çıkmasını sağladığı felsefî ve epistemolojik gelişmelere göre mantığın şu ya da bu parçası üzerinde yoğunlaşmaya başladığını görmek çok daha ilginçtir.

Sekizinci Temel Düzenek:
Simgesel Hesabın Gelişmesi

"Mantık nasıl daha matematiksel olduysa, matematik de daha mantıksal hale gelmiştir.

"Sonuç, şimdi ikisi arasına bir sınır çizgisi çizmenin olanaksız olmasıdır; doğrusu ikisi birdir. Bir çocuğun bir büyükten ayrılması gibi ayrılırlar biribirinden; mantık matematiğin gençliğidir, matematik ise mantığın erkekliği" (B. Russell, s. 231).

İmdi, eskiden *lojistik* (Yunanca *logismos,* "hesap" ile *logistike tekhne*, "hesap sanatı"ndan gelen *logistikos*, "hesapla ilgili olan") denen şeye götüren de tam olarak budur.

Tıpkı aynı adı taşıyan askerlik sanatının birliklerin ve malzemenin hareketini düzenlemekle uğraşması gibi, burada da bir hesabın adım adım düzenlenmesi sanatı söz konusudur. *Lojistik* bugün *simgesel mantık* dediğimiz şeyle çok sıkı ilişkisi olan bir bilimdir; "dilden [ya da zihinsel etkinlikten] yola çıkmak yerine, [klasik] biçimsel mantık gibi, düşüncenin biçimlerinden kopya edilmiş bir simgeler dizgesi ortaya koyan ve onları her türlü anlamından soyutlayarak kendi ilksavlılığını oluşturan kurallara göre birleştiren disiplindir" (P. Foulquie [2]).

Aşağıdaki özetleme, Aristoteles mantığından bu yana yürünen tüm yolu ölçmemizi ve olguyu daha iyi kavramamızı sağlayacaktır.

"Mantık asıl olarak düşüncenin gerçek işlemleri üzerinde ikinci dereceden bir düşünmedir. Sözel anlatımlarıyla kendilerini gösterdikleri haliyle günlük uslamlamalarımızı çözümler, geçerliliklerini sağlayan kuralları seçip ayırmaya çalışır. Şimdi, tıpkı geometrinin artık *geo-* ve *-metri*'yle bir ilgisi olmaması gibi, mantık da kendisini *logos*'a bağlayan bağını yitirmiştir. Artık *logos-akıl*'ı, hattâ *logos-dil*'i bırakmış, yalnız *logos-hesap*'a bağlanmıştır. Simgelerinin anlamlarından soyutlama yapar ve artık onları birleştirme ve bu birleşimleri dönüştürme biçimiyle uğraşır yalnızca" (R. Blanché [2], s. 14).

İşte bu soyutlama eğilimi, eskiden ayrı ayrı ve dağınık bir biçimde çalışan *tümevarım mantığı, diyalektik mantık, epistemik mantık, icat mantığı, bilim mantığı...* gibi farklı disiplinleri, amacı ussal düşünce düzeneklerini ve yapılarını incelemek olan son derece daha genel bir mantıkta birleşmeye yöneltmektedir.

Ussal bilginin gelişmesine böylece sunulan olanaklardan birinde de, çağdaş matematik ile mantığın bilgisayar bilimi ile teknolojisinin kurulmasına ve evrilmesine sağladığı güçlü desteğe ulaşılır. Çünkü bütün bu art arda genişlemeler ve genelleşmelerle, XX. yüzyıl mantıkçıları, 1940'lı yılların ortalarından bu yana, yalnız *kayıtlı program kavramının* bilimsel olarak keşfini ve kuramsal temellendirmesini sağlamakla kalmayan, aynı zamanda ve özellikle günümüz programlama dillerinin ve yöntemlerinin geliştirilmesine de temel oluşturan *algoritmalar kuramını* tam olarak geliştirdiler: Bu kuram halen bilişim kavramının kuramsal oluşumunda ve evriminde temel öğe olarak iş görmektedir.

Algoritmanın, deyim yerindeyse, klasik uslamlamanın çok ileri bir çeşit genellemesi olan, bir hesap tekniği olduğunu belirtelim. *İşlemleri yalnızca yansıttıkları düşünülen gerçekliğin yapısından tamamen bağımsız simgelerle ilgili olan, tutarlı bir ilksavlar dizgesine dayalı tümüyle biçimselleştirilmiş bir mantığa karşılık gelir.* Dolayısıyla önermelerin terimlerinin de biçimselleştirilmiş önermeler olduğu, önermeler arasında bulunan ilişkilerin *algoritmalar* aracılığıyla, yani sonlu bir simgeler dizgesi ile hesap yöntemleri yardımıyla dile getirildiği bir mantık.

Denebilir ki, *simgesel mantık,* bir yandan bir ilksavlar dizgesi (yani başlangıç önermeleri kümesi) ile bu önermeler arasındaki farklı ilişkileri yöneten kuralları ve yöntemleri ortaya koymak, bir yandan da bu şekilde konmuş ilksavların tutarlılığını, bağdaşırlığını, bağımsızlığını sınamak için insan düşüncesinin

gerekli olduğu bir bilimdir. Ancak bir algoritma geliştirildiği andan itibaren artık düşünce gerekli değildir; çünkü algoritma özel olarak bu kullanıma uyarlanmış bir makine tarafından, yani bilgisayar tarafından bir program biçiminde gerçekleştirilebilir.

Çağdaş mantığın en önemli ve en verimli dallarına şunları da ekleyebiliriz: *Modeller kuramı, yinelemeli fonksiyonlar kuramı, düzenleyici mantık, bağlantılı mantık, hücresel mantık, otomatlar ve biçimsel diller mantığı...* Bunlar matematiksel yapıntılar alanında, sibernetiğin, yapay zekânın ve çağdaş dilbilimin gelişmesinde çok önemli bir rol oynamış, bu alanlara yepyeni bir ışık getirmiştir.

Otomatlar kuramının, özellikle, belli bir sınıftaki mantıksal ya da aritmetik problemlerin aşama aşama çözümünde, zorunlu işlemlerin zincirlenmesini düzenlediğini belirtelim. Bu kuram ayrıca yapısı bilgi işlem makinelerine uygulanabilen modeller ile daha temel çözümleme düzeyindeki sıralı otomat üzerinde yapılan hesaplar için yöntemler verir...

Böylece bilgisayar biliminin kuruluşu ile gelişmesinde vazgeçilmez olduğu ortaya çıkan düşünce düzeneklerini daha iyi kavrıyoruz.

Bu durumda insanoğlunun bu kendiliğinden etkinliğinden, *tümdengelimli düşüncesini* kullanarak uslamlamasından da söz etmek gerek. Burada söz konusu olan düşünsel süreçler, insanın yüzyıllar boyu edindiği bilgi ve deneyim üzerine sayısız eleştirel düşünmeyle geliştirilmiştir. Bunlar sonradan, akla yalnız hataları ve tutarsızlıkları gidermek için yollar sağlamakla kalmayan, aynı zamanda gerçeklikle bir bağı olan ya da olmayan etkinliklerin gerektirdiği çeşitli işlemleri her türlü güvenilirlik içinde gerçekleştirme olanağı da veren çeşitli bilimlerin, tekniklerin ve yöntemlerin gelişmesine katılmıştır.

Bu işlemlerin temelinde, amacı uslamlamayı oluşturan öğeler arasında varolan "mantıksal bağı" ortaya koymak olan düşünce düzenekleri vardır.

Felsefi ve matematiksel düşünceler tarihinde şunlar olmuştur:

– Aristoteles'le başlayıp Ortaçağ skolastik filozoflarından geçerek modern çağ düşünürlerine uzanan *klasik biçimsel mantık;*

– sonra Leibniz ile Boole'den başlayıp çağdaş mantıkçıların en ileri çalışmalarına uzanan, son derece daha genel ve daha tam olan *bugünkü simgesel mantık.*

Elbette bu iki aşama arasında birinin çok kendine özgülüğünü ötekinin en son noktadaki genelliğiyle karşı karşıya getiren kökten bir fark vardır.

Gerçekten, *"[klasik] biçimsel mantığın* önermelerden, yani onların gerçekle uyuşmasından soyutlama yaptığını" belirtelim. "O yalnız biçimsel doğrulukla,

yani biçimin geçerliliğiyle, uslamlamanın tutarlılığıyla ilgilenir. Ancak bu tutarlılığı sağlayan kuralların gerçek doğruluğundan, onun ilksavlı doğruluğundan kuşku duymaz: Bu kurallar her zihnin ve her düşüncenin yasası olarak görülür; üstelik, doğrulukları da salt biçimsel değil, gerçek bir doğruluktur" (P. Foulquié [1].

Buna karşılık *simgesel mantıkta* "doğruluk tamamen biçimseldir. *a* doğrudur denmez, *a doğruysa b de doğrudur* denir; dahası, *a*'nın *b*'nin koşulu olması serbestçe konmuş kurallara ve ilksavlara bağlıdır. İlksavlar, [simgesel] önermeler ve önerme fonksiyonları gibi, [klasik biçimsel mantıktaki anlamıyla] gerçek önermeler değildir: Gerçek doğruluk ya da yanlışlığa konu olan hiçbir şey söylemezler. Bunlar yalnızca önerme kalıbıdır ve ancak içerdikleri malzemeyle, yani kendi başlarına hiçbir anlamı olmayan simgelere verilmiş anlamla doğru ya da yanlış olurlar" (P. Foulquié [1]; ayrıca bkz. R. Blanché [3], s. 63).

Bu demektir ki, çağdaş simgesel mantık kuramcılarının asıl ve başlıca işi, *mantıksal* bir *işletimi*, başka deyişle *simgesel hesabı* olanaklı kılan son derece soyut bir çeşit *düşünyazımsal mantık* kurmak olmuştur.

"Bu simgeselliğin iki yararı vardır:

"1- Her zaman belirsiz olan günlük dilin yerine kesin, iyice belirlenmiş bir anlamı olan bir simgesel dizge koyar.

"2- Eski biçimsel mantıkta olduğu gibi yalnız içerme ve tutarlılık ilişkilerine değil, olanaklı tüm mantıksal ilişkilere uyar" (Cuviller).

Bizi ilgilendiren alanda, Babbage ile Boole'den bilgisayarlar çağına dek mantıksal-matematiksel düşüncenin evrimiyle karşılaştırıldığında, bu olgu çok daha açık hale gelecektir.

Babbage'ın fikirlerine ulaşmak için, kavramsal bakımdan,

a. sıradan aritmetiğin kurallarını *büyüklük cebirine* (kullanılan öğelerin kendine özgü yapısıyla uğraşmayan ve artık yalnızca büyüklüklerle ilgili olan çok daha genel cebir) geçirmek,

b. klasik biçimsel mantığın kurallarına bağlı tümdengelimli bir mantık aşamasına gelmek için zorunlu olan soyutlamayı yapmak gerekmiştir.

Boole'ün fikirlerine ulaşmak için,

α. sıradan tümdengelimli uslamlamanın kurallarını *önermeler cebirine* (mantıksal düşüncenin ve klasik cebirin hatırı sayılır ölçüde genişlemesi olan, sayı ve büyüklük kavramından tamamen bağımsız, kendine özgü yapılarıyla ve farklı olanaklı yorumlarıyla uğraşmaksızın önermelerle ilgilenen mantıksal cebir) geçirmek,

β. Babbage'ınkinden son derece daha genel olan bir mantık aşamasına gelmek için zorunlu olan soyutlamayı yapmak gerekmiştir.

Bilgisayarın temel kavramlarına ulaşmak için de,

1- önceki iki cebirin kurallarını kümeler *cebirine* (ilk ikisinden olabildiğince daha genel olan ve artık matematiksel varlıkların –sayılar, büyüklükler, önermeler...– kendine özgü yapısıyla uğraşmayıp yalnızca kümelerle ilgilenen cebir) geçirmek,

2- herhangi türden bir kümede değişen karmaşıklıktaki simgelerle oynanmasına dayalı son derece soyut *bir simgesel mantık* aşamasına gelmek,

3- çok genel içerikli mantıksal kurallarla yönetilen varsayımsal-tümdengelimli kuram halinde soyut bir yapı ortaya koyabilmek amacıyla, yapay bir âleti fizik gerçekliklerinden ayırmak için zorunlu olan soyutlamayı yapmak gerekmiştir.

Bu simgeler olabildiğince genelleşeceği için de bilgisayarlar gerek bunların sayısız olanaklarıyla gerekse hesap alanındaki evrensellikleriyle donatılabilecektir.

Alan Turing'in Temel Keşiflerinin Yarattığı Devrim

Bilgisayar biliminin önünün açılmasını ve patlamasını sağlayan büyük kuramsal ilerleme, İkinci Dünya Savaşından biraz önce, İngiliz matematikçi ve mantıkçı Alan Mathison Turing (1912-1954) 1936 tarihli "Hesaplanabilir sayılar ve onların karar verilebilirlik sorununa uygulanması üzerine" adlı ünlü makalesini yayımladığı zaman gerçekleştirilmiştir. Turing bu makalesinde *algoritma* kavramını kesin olarak tanımlamış, hem kendi adını hem de *evrensel algoritmik otomat* adını taşıyan makinenin temel kavramını getirmiştir.

Turing'in birinci sınıf keşifleri, doğrusu, bilgisayar biliminin mantıksal temellerine ve gelişmesine önemli bir katkı olmuştur.

Bu adamı daha yirmi dört yaşındayken böylesine verimli kavramlar üretmeye ve kısa zamanda gerçek bir devrim yaratmaya götüren koşulları daha iyi görmek için 1936'dan önceki yaşamının ana aşamalarını özetle gözden geçirmek yararlı olur.

Bunun için M.Vajou'yu dinleyelim:

"Alan Turing Hindistan İmparatorluğunun memurlar kastından birinin çocuğudur; ailesi her sonbaharda onu bir yatılı okulun ıssızlığına sürgün eder.

"Alan uzun süre iletişim güçlüğünün ve yersiz bir "soyut" zevkinin yarattığı duygusal yoksunluklar yaşar.

"Simgesel gösterimlerin büyüsüne kapılıp her fenerin önünde durur, seri numarasının rakamlarını okur.

"Turing, sarsak bir delikanlı olunca, kast sistemine uyum sağlayamaz ve İngiliz Public Scools'lardan soğur.

" "Bilim aşkına" sığınmaya çalışır. Çay ocağı üzerinde yaptığı kimyasal deneyler son derece kötü kokular yaydığı için değil yalnız, bu çağda İngiliz Public Schools'ların kabul ettiği tek soylu değer "klasik değerler" olduğu için, bu aşk pek hoş görülmez.

"Öte yandan, Sherborne School'da "Math Brain" ["matematik beyin"] lakabıyla anılan Alan, kendini yüksek düzeyde matematik kitapları okumaya verir. Resmî programı ihmal eder ve matematikte bile ortalama notlar alır. Tembel bir öğrencidir artık.

"Ancak kendisinden bir yaş büyük bir arkadaşının dostluğu onu birdenbire kabuğundan, yalnızlığından ve düşünsel zayıflığından kurtaracaktır. Bir yıl içinde toparlanır ve Cambridge'in saygın King's College'inden bir burs bile koparır.

"Cambridge o zaman Almanya'daki Göttingen'le birlikte dünyanın en önemli matematik araştırma merkezidir. Neumann, Hardy, Russell gibi adamlar matematik alanındaki dünya çapında gelişmeler üzerinde doğrudan katkısı olan önemli hocalar ve araştırmacılardır.

"Cambridge'de birinci yıl matematik öğrencisi, aslında bir okula değil, düşünsel bir yaratıcılık klübüne girmiştir. En eski üyeler yeni gelenleri o sıradaki matematik gelişmelere nasıl sokacaklarını bilirler.

"Bu yöntemi Alan Touring de benimsemiş olmalıdır ki, kısa bir süre sonra Von Neumann'ın kuantum mekaniğiyle ilgili yepyeni kuramın mantıksal tutarlılığını kanıtlamak üzere matematikteki en son gelişmelere başvuran bir yapıtını tutkulu bir şekilde okurken görürüz kendisini.

"Ancak Cambridge'in Turing'e verdiği şey yalnız çağının matematiksel yaratıcılık merkezinde bulunma duygusu değil, aynı zamanda King's College'deki özgürlükçülük ortamıdır.

"King's College, iktisatçı Keynes ile romancı Forster'in yönetiminde, hâlâ çok dindar olan bir İngiltere'de, kendi ahlâkını seçme özgürlüğü ile daha ussal bir toplumsal düzenleme zorunluluğunu birarada vurgulayan "liberal-özgürlükçü" düşüncenin potası haline gelir. Alan da bu düşüncelere inanır.

"Cambridge, Turing'e *computable numbers*'ta ("hesaplanabilir sayılar") görülecek işi yürütmek üzere mantık silâhlarını verir ve doğrudan bir düşünsel hedef (*karar verilebilirlik* sorunu) belirlemesini sağlar.

"Alan'a "ne isen o olma" ahlâkî ödevini öğreten King's College'dir. Düşünsel bakımdan bu, Alan için "akıllı makinelerin" biçimselleştirilmesi için çalışmak ve ikincileyin "karar verilebilirlik sorununa bir uygulama" demektir. Doğrusu, Alan Turing'in düşünsel ve pratik yaratıcılığının sürekli kaynağı, işte bu "zekânın mekanikleştirilmesi" sorunudur" (M. Vajou).

İşte Turing bu koşullarda, bu ortamda, bu çevrede algoritma kavramını kesin olarak tanımladı ve tarihte ilk kez evrensel algoritmik otomat kavramını geliştirdi.

Algoritma Nedir?

Algoritma, aynı sınıfa ait problemlerin çözümü için, gerçekleştirilebilir türden kimi işlemleri, sıkı bir zincirlenme içinde, adım adım yapmayı sağlayan, kesin ve birörnek bir yönergeyle yönetilen sonlu bir temel kurallar ardıllığıdır.

"Yemek tarifi" çok basit bir algoritma örneğidir.

Ancak aynı zamanda bir sayıyı başka bir sayıyla çarpma işlemi, bir sayıyı başka bir sayıya bölmedeki bölümün belirlenmesi işlemi, iki tam sayının en büyük ortak bölenini ya da en küçük ortak katını bulmayı sağlayan işlem gibi işlemler de vardır.

Algoritma düşüncesi, aslında bir *yöntem* düşüncesidir, "bir zihin işleminde her zaman düzenli olarak izlenen, tanımlanabilir bir yöntem düşüncesidir" (M. Bernès, in: *Vocabulaire*, Lalande). Tersinden söylendiğinde, bir yöntem, piyano öğrenme, İngilizce öğrenme... yöntemleri gibi) belirli bir sonucu kısa yoldan elde etmeye yönelik bir algoritmadır.

Öte yandan, bir uslamlama yöntemi bir *algoritma* değilse nedir? Deyim yerindeyse, mekanik olarak ve düşünmeden gerçekleştirilebilen, ama önceden düşünülmüş ve belirlenmiş bir zemin üzerinde ortaya konan bir etkinliğin yansısını oluşturan bir işlemdir.

Paul Valéry'nin dediği gibi, "her defasında zahmeti azaltma ve her probleme bir çözüm icat etme zoruyla birörnek (kimi zaman otomatik bir biçimde) bir işlem bulma niyeti... Bir yöntem aramak, zihnin işini zihinden daha iyi yapan dışarlık bir işlemler dizgesi aramaktır" (*Variété*, IV, s. 220).

Öte yandan, psikolojide de her biri belirli bir psikolojik problemler sınıfına uygulanabilen ve sonlu sayıda aşamada çözüm elde etmeyi sağlayan yöntemler biçiminde sayısız algoritmalar kullanılır. Kimi durumlarda algoritma bir "hesaba" indirgenir, kimilerinde daha çok bir işlem programına karşılık gelir, kimilerinde ise bir kurallar bütünü gösterir: Bunlar çağdaş simgesel mantık açısın-

dan aynı şeydir. Ayrıca bir psikolojik problemler sınıfını tanımlamayı sağlayan tanı algoritmaları ile bu problemlere çare bulmayı sağlayan çözüm algoritmaları vardır (bkz. H. Piéron).

Aynı kavram psikopedagojide, özellikle "öğretim malzemesini öğrenciye öğeler halinde parçalı olarak, öğrencinin ilkece doğru yanıtını tamamen ya da kısmen kendisinin bulabilmesi gereken bir dizi soruyla sunmaktan oluşan programlı öğretim tekniklerinde kullanılır. Öyle ki öğrenci yanıtı bulduğu zaman bir sonraki soruya geçebilir.

"Dolayısıyla öğrenci, ilkece her adımda kendini denetleyerek kendi kendine öğrenebilir.

"Öğelerin sunuluş ve zincirlenme biçimine, hataların düzeltiliş biçimine... göre çeşit çeşit programlar [algoritmalar] vardır" (H. Piéron).

Öteki örnekler; kare kök alma işlemi, integral belirlemek için hesap algoritmaları...

Ancak elbette, daha karmaşıkları da vardır: Örneğin birtakım geometrik biçimler oluşturmak için kullanılanlar, bir sayının belli bir sayı sınıfına belli bir aralayıcı bağıntıyla ait olduğunu belirlemek için kullanılanlar, farklı önermelerinin değerlerine göre bir fonksiyonun değerlerini hesaplamayı sağlayanlar...

Çok genel bir biçimde denebilir ki, *bir algoritmanın tanımı ya da anlatımı, karşılık geldiği problemler sınıfının tam olarak sınırlarını çizmeli ve bu sınıfın problemlerinin kesin çözümünü sağlamak üzere bütün zorunlu temel kuralları ve aşamaları içermelidir.*

Bütün bu irdelemeler bizi Turing'in algoritma kavramından yola çıkarak geliştirdiği matematik kuramından ve Turing makineleri adıyla bilinen matematiksel varlıklardan söz etmeye götürüyor.

Turing Makinesi Nedir?

"Turing makinesi", tanımı gereği, *gücül olarak sonsuz bir şerit üzerinde göz göz ilerleyerek, mantıksal çözümlemelerinin en temel aşamalarındaki bilgileri okuyabilen ve yazabilen soyut bir matematik aygıtıdır.*

Başka deyişle, (basit bir uylaşım terminolojisiyle söylersek) "makine" denen, temel işlem sıralarıyla ilerleyen ve aşama aşama, kesik kesik işleyen soyut bir aygıttır bu.

Bu aygıtta şunlar bulunur:

1- *Sonlu* bir simgeler *dağarcığı.*

2- *Gücül olarak sonsuz bir şerit;* yani istendiği kadar uzatılabilen, her biri boş olan ya da tek bir simge içeren gözlere bölünmüş bir şerit.

3- Bir gözdeki bir simgeyi kaldırabilen bir *silme aygıtı.*

4- Şeride göre hareketli olan ve bir gözde yazılanı okuyabilen ya da boş bir gözün içine yazabilen bir *okuma ve yazma aygıtı.*

5- Hareketsiz duran ya da şerit üzerinde ileri geri hareket eden bir *yürütme aygıtı.*

6- Makinenin her işleyiş aşamasında, durumu (hem makinenin iç durumu, hem şeridin söz konusu aşamadaki içeriğini hem işlenen gözü) gösteren ve bir sonraki aşamanın durumunu belirleyen *davranış* çizelgesi (aynı zamanda *yapılandırma* ya da *durum çizelgesi* de denir).

7- Makineyi farklı durumlara sokabilmek için yapılandırma çizelgesinin simgelerinin anlamını yorumlayabilen bir *işletim birimi*; dolayısıyla bu birim, söz konusu yönergenin yapısına bağımlı bir eylemi ilgili aygıta yaptırabilir.

Bu aşamaların her birinde:

– makinenin davranışı hem işletim biriminin o andaki haliyle hem de okuma-yazma aygıtının bulunduğu gözdeki simgeyle belirlenir;

– kumanda birimi kendi kendine başlangıçtaki durumunu koruyabilir ya da değiştirebilir;

– makine hareketsiz kalabilir ya da şeridi ileri geri kaydırabilir;

– makine belli bir gözdeki simgeyi, yerine bir başkasını koymak ya da hiçbir şey koymadan gözü boş bırakmak üzere silebilir, okuyabilir, yazabilir.

Turing'in Asıl Katkısı:
Evrensel Algoritmik Otomatlar Kuramı

Demek ki böyle ideal makineler iç durumlarını kendileri değiştirebilir, sıralı bir işlem denmesi uygun olan şeyi gerçekleştirerek temel bilgileri okuyabilir, yazabilir.

Başka deyişle (halen kullanılmakta olan terimlerle), Turing makineleri en çözümleyici düzeylerinde bilgi işlem yöntemleri oluşturur, bir işlemi yapmak için yazılması, okunması aktarılması, değiştirilmesi gerekeni betimler ve aynı nedenle, ilgili iç durumların ardılığını verir (bkz. J. Bureaa).

Doğal olarak her biri çok belirli bir yapay aygıtlar ailesinin yapısını (tamı tamına durumlarının sayısına ve simgeler dağarcığının genişliğine göre) tanımlayan sonsuz sayıda Turing makinesi vardır (örneğin Pascal makinesi, fark makineleri, delikli kartlı mekanografik hesap makineleri, Babbage'ın çözümleyici makinesi, Jevons'un mantıksal piyanosu, İngilizlerin Colossus denen şifre çöz-

me makineleri ve aralarında olabilecek en genel fiziksel modelleri olan bilgisayarların da bulunduğu birçok başka makine).

Turing'in bu şekilde tanımladığı kavramlar *algoritmik otomatlar*'m (algoritmaları sıralı ve otomatik bir biçimde işleyebilen makinelerin matematiksel modelleri) işlevini açıklığa kavuşturmuş, algoritma kuramında sayısız gelişmeye yol açmıştır.

Ne ki bunlar başlangıçta matematiksel fonksiyonların *hesaplanabilirliği* problemini, yani *insanca hesaplanabilir bir fonksiyon yapay olarak hesaplanabilir mi?* sorusunu ortaya koymuştur. Başka deyişle, belli bir fonksiyonu hesaplamayı sağlayan uygun bir algoritma varsa, bu bir Turing makinesiyle hesaplanabilir mi? Yine, başka deyişle, söz konusu algoritma bu tip bir makineyle gerçekleştirilebilir mi?

Bu sorun *algoritma* kavramı için yapılan çeşitli matematiksel tanımların (özellikle Gödel, Church, Turing, Klene, Post, Markov'un... yaptığı tanımların) kesin olarak tüm fonksiyonlar sınıfıyla, yani *yinelenen* fonksiyonlarla ilgili olduğunu ortaya koyan bir kuram sayesinde (kısmen savaştan önce, ama tam olarak yirmi-otuz yıl önce) aşılmıştır.[16]

Başka deyişle, yinelenen fonksiyonlar algoritma kavramının tanımının seçiminden tümüyle bağımsızdır.

Böylece anlaşılmıştır ki, her algoritma yinelenen türden belli bir fonksiyonlar sınıfını tanımlar, dolayısıyla çok belirli bir problemler kategorisinin sınırlarını çizer.

Bu irdelemeler, mantıkçı Alonzo Church'ü, 1936'dan itibaren, yinelenen fonksiyon kavramının insanca hesaplanabilir fonksiyon kavramının matematiksel olarak biçimselleşmesinden başka birşey olmadığı savını (bugün istisnasız herkesin kabul ettiği savı) ileri sürmeye götürmüştür.

Böylece artık her yinelenen fonksiyonun insanca hesaplanabilir olduğu, insanca hesaplanabilir her fonksiyonun da yinelenen fonksiyon olduğu kabul edilmektedir. Turing bu savı aynı yıl yinelenen fonksiyon ile yapay hesap kavramlarının denkliği savıyla tamamlamıştır.

Sonuç: *İnsanca hesaplanabilen her fonksiyon bir Turing makinesince de hesaplanabilir ve tersi.*

Sonra, belli bir problemin algoritmik türden bir otomatça çözülebilmesi için, çözüme götüren bir algoritmanın olması ve bu algoritmayı yapabilen en az bir Turing makinesi olması gerekir.

Bu durumda, bir Turing makinesinin karmaşık problemleri çözme kapasitesi ne kadar büyükse o kadar "güçlü" olduğu açıkça görülüyor. Bu ise, biçimsel

olarak alabildiği durumların sayısıyla ve simgeler dağarcığının zenginliğiyle dile getirilir.

Bundan ötürü aynı durum sayısını ve aynı simge dağarcığını taşıyan iki Turing makinesi, aynı verilerle karşı karşıya kaldıklarında aynı şekilde davranırlar: O zaman onların denk ya da aynı yapıda olduğu söylenir. Zaten bu denklik ilişkisi söz konusu Turing makineleri ailesini tanımlar.

Bu yapı tek bir problemler sınıfına, yani tek bir çözüm algoritmasına indirgendiği zaman, söz konusu Turing makinelerinin tam olarak bu algoritmayla tanımlanmış hesap tipinde *uzmanlaşmış* olduğu söylenir.

Her biri özel bir problem tipini çözmekte uzmanlaşmış birçok basit Turing makinesini, kendi işlem süreçlerinde bu temel makinelerin her birinin işleyişini kapsayan bir ana makinenin yönetiminde birleştirme fikri de buradan doğar.

Böylece Alan Turing'in çalışmaları *evrensel makine* kavramının bilimsel olarak keşfedilişiyle amacına ulaşmış bulunur. Bu makine Turing'in herhangi bir algoritmayı tamamen otomatik biçimde yapabilen soyut bir makineler ailesini ıraladığını gösterdiği ideal bir aygıttır.

Öyleyse denebilir ki, *evrensel bir Turing makinesi simgesel yapıdaki her hesabı gerçekleştirebilen programlanabilir bir mantık otomatıdır. Dolayısıyla soyut simgelerle dile getirilebilen herhangi veriler üzerinde her türlü hesabı otomatik olarak yapabilen bir makinedir.*

Başka terimlerle söylersek, evrensel Turing makineleri *evrensel algoritmik otomatlardır. Çok genel bir yapısı bulunan simgelerle iş gören*, dolayısıyla çözümü kesin olarak bir algoritma biçiminde dile getirilebilen çok geniş bir problemler kategorisini çözebilen makinelerdir.

Temel sonuç: *Uygun bir programla bütün öteki Turing makinelerini yönetebilen en az bir Turing makinesi tasarlanabilir.* Yan sonuç: Böyle bir evrensel makine her çeşit bilginin maddî betimlemelerini belleğinde tutabilir, elbette bu amaçla programlanmış olması koşuluyla, onları dönüştürebilir.

Evrensel Turing Makinesi:
Gelecekteki Bilgisayarların Matematiksel Modeli

D. Andler şunu vurgular:

"Bu arada, okur Turing makinelerinin hangi dünyaya ait olduğunu kuşkusuz merak eder: Mühendisin, bilgisayarcının dünyasına mı yoksa mantıkçının, matematikçinin dünyasına mı?

"Turing makinesi kavramı ya da bir Turing makinesiyle hesaplanabilen fonksiyon kavramı yinelenen fonksiyon kavramından daha mı az soyut, daha mı az matematikseldir?

"Yanıt ikilidir: Bir Turing makinesi matematiksel bir nesnedir, ama aynı zamanda, elbette somut bir makine değildir, bir makine planı bile değildir, soyut makinenin *işlevsel şemasıdır*.

"Başka deyişle, bir Turing makinesi, tıpkı bir şarap açacağının ilkesinin ya da fonksiyonunun bütün şarap açacaklarının tasarlanabilir tipine ait olması gibi, bütün somut makineler ailesine aittir.

"Turing'in dehâsı, hem devrim niteliğinde bir âletin soyut şeması hem de o şemanın çözümlemesini yapmayı sağlayan matematiksel kavram olan şeyi icat etmiş olmasındadır belki: Kuram ile kuramın uygulaması iç içe geçmiştir.

"Bu biraz, sanki Arkhimedes'in hem kaldıracı hem de kaldıracın ilkesini icat etmiş olması gibidir; ancak karşılaştırma sağlıklı değildir, çünkü Turing'in yaptığının bilim ve teknik tarihinde eşi yoktur."

Şurası kesin ki, Turing'in çalışmaları, mantıksal-matematiksel açıdan, *karar verilebilirlik* sorununu ortaya koymuş, bunun hesaplanabilirlik ölçütüyle doğrudan ilişkili sonuçlarını çıkarmıştır: Bu sorun, görmüş olduğumuz gibi, matematiksel bir önermenin geçerli olup olmadığına karar vermeyi tanıtlama getirmeksizin olanaklı kılan bir yöntem belirlemeye çalışan Alman matematikçi Davit Hilbert'in daha önce 1929'da ortaya koymuş olduğu bir sorundur.

Turing kendi kuramında karşıt bir sonuca ulaşmış ve bir sınıfın problemlerinin çözümü için bir yol belirlenip iyice tanımlandığında bile çözülemeyen kimi sorunların bulunduğunu göstermiştir.

Başka deyişle, kimi sorunlar "çok iyi ortaya konmuş" olsalar bile, sonlu sayıda işlemlerle sona erdirilen bir algoritmayla ortadan kaldırılmaz. Bunlara *hesaplanabilir olmayan* problemler ya da Avusturyalı mantıkçı Kurt Gödel'in birtakım ilksavlılaştırılmış genel kuramlar üzerinde 1930'ların başında gerçekleştirdiği önemli keşfin terminolojisine göre *karar verilemez* problemler denir.

Böyle ortaya konan kavramları daha iyi kavramak için, bu konuda daha önce söylediklerimizi kısaca hatırlatıp tamamlayalım. Mantıksal-matematiksel bir dizge, baştan itibaren, matematiksel varlıklarla ilgili belli sayıda önermeleri, yani ilksavları doğru kabul eder. Aslında bu matematiksel varlıkların özellikleri bu ilksavlarca belirlenmiştir. Yeni nesneler belirleyerek ya da yeni özellikler ekleyerek, bu dizgede, mantıksal uslamlamalar yoluyla, birtakım önermelerin doğruluğu ya da yanlışlığı tanıtlanmaya çalışılır. Sonra, doğruluğu ortaya

konan önermeler de sonradan kullanılmak üzere "teoremler" olarak kabul edilir; öyle ki belli bir teoremi benimsenen ilksavlar dizgesine bağlayan mantıksal bir tümdengelim zinciriyle, varsayımsal-tümdengelimli bir kuram oluşturulmuş olur.

İmdi, Kurt Gödel 1931'de aritmetik için böyle olmadığını, çünkü böyle bir dizgede *karar verilemez*, yani ne doğruluğu ne yanlışlığı tanıtlanabilen en az bir önerme bulunduğunu göstermiştir.

Gödel'in karar verilemezlikle ilgili sonucu Turing makineleri kuramına aktarıldığında şöyle dile getirilir: *Aşağıdaki soruyu herhangi bir P programıyla sonlu sayıda işlemle yanıtlayabilen evrensel bir E programı olamaz.* Soru şu: *P programı sonlu sayıda işlem bitince duracak mı?* Çünkü böyle bir program olsaydı onu düpedüz kendisine uygulamakla mantıksal bir çelişkiye ulaşılmış olurdu.

Başka deyişle, *makinenin herhangi bir P programı için hesapları sona erdirip erdirmeyeceğini önceden görmeyi sağlayan genel bir program tasarlamak olanaksızdı* (bkz. J. C. Simon).

Matematik bakımından Turing'in keşifleri Gödel'in sonuçlarını kesinleştirmiş, matematiksel bir uslamlamayı simgesel bir hesaba, yani bir Turing makinesinde gerçekleştirilebilen bir işleme benzeterek, belli bir teoremin tanıtlanabilir olup olmadığına karar vermeyi sağlayan yeterince genel işlemlerin mantıksal sırasını hiçbir zaman bulamayacağımızı göstermiştir.

Felsefe açısından, bu keşif belli sayıda bilim adamını (hiç de az değil), sonuçları bir süre yıkıcı olmuş bir şiirsellik içine sokmuştur. Bilim adamları, gerçekten, o çoşkuları içinde, insan düşüncesinin her işleminin bir algoritmayla betimlenebileceği, dolayısıyla bu şekilde bir hesap işlemine benzetilen her türlü düşünsel sürecin bir Turing makinesinde gerçekleştirilebileceği sonucuna varmışlardır.

Doğrusu, bugün biliyoruz ki, çözümü bir algoritma biçiminde dile getirilebilen problemler düşünsel süreçlerin ancak çok özel bir sınıfıdır (ne ki bu 1950'li yıllardan beri bir daha kesin olarak gösterilmemiştir) ve Turing makinesiyle, dolayısıyla da, sonradan matematikçi John von Neumann'ın kanıtlayacağı gibi, Turing'in evrensel algoritmik otomatının sonlu modellerinden başka bir şey olmayan bilgisayarlarla çözülemeyen hatırı sayılır çeşitlilikte problem vardır.

Yine de, Turing'in –kuşkusuz simgesel mantığın gelişmesine esaslı bir katkı oluşturan– keşfi, otomatik hesabın ilerlemesi üzerinde olağanüstü etki gösterecek bir keşifti. On yıldan daha kısa bir süre sonra *yeterli bir teknolojik ilerleme*

ve teknik bilgiyle kayıtlı program kavramının kuramsal doğrulanışının temellerini oluşturdu ve XX. yüzyılın ikinci yarısındaki bilişim devrimini yarattı.

Gerçekte, tarihte ilk kez, temel mantıksal işlemler yaparak ve sayısal kod biçiminde dile getirilebilen simgelerle iş görerek, insan zekâsının birtakım işlemlerini betimleyebilen ve taklit edebilen makineler yapmayı olanaklı kıldı.

Bilgisayarı Kim İcat Etti?

Alan Turing'in esaslı katkısından sonra, İkinci Dünya Savaşının sonunda, Birleşik Devletlerde, özellikle Macar kökenli Amerikalı matematikçi John von Neumann'ın temel bireşimi sayesinde aşağıdaki büyük ilerleme gerçekleştirildi.

Bunu iyi anlamak için, bir an ENIAC'a geri dönmek gerek, çünkü otomatik hesabın tarihindeki bu keskin dönemeci aşmayı sağlayacak olan araştırmalara katalizör olarak hizmet edecek olan, bu makinenin güçlükleri ve sakıncalarıdır.

Görmüş olduğumuz gibi, bu elektronik çözemleyici hesap makinesinin büyük bir kusuru vardı: Programlama dizgesi dıştaydı. Bundan ötürü yönergeler hesap sonuçlarından bağımsız olarak gerçekleştiriliyor, işlem akışı sırasında olan hiçbir olay akışı değiştiremiyordu. Başka deyişle, süreç bir kez başladı mı, makinenin işlem akışını kendi kendine değiştirmek için programın belirli bir yönergesini otomatik olarak bulamıyordu: Bu çeşit bütün kararları vermek için insan işlemci gerekliydi. Üstelik, makineden yeni bir işlem sırası gerçekleştirmesi istendiğinde, her seferinde elektrik bağlantıları tablasında çok karmaşık köklü bir dizge değişikliğiyle programı değiştirmek gerekiyordu; makine ancak uzun ve bıktırıcı olan bir el çalışmasının sonunda işleyebilir hale geliyordu.

İmdi, daha ENIAC'ın yapımının tamamlanmasından önce, Pennsylvania Üniversitesi Moore School topluluğu (o zaman John P. Eckert ile John W. Mauchly tarafından yönetiliyor ve başkalarının yanı sıra matematikçi Arthur Burks ile Hermann H. Goldstine'yi içinde barındırıyordu) hesap makinesine getirilecek iyileştirmelerin bilincine vardı ve makinenin kavramsal kusurları ile eksiklerine çare aramaya başladı.

1944'ten itibaren, *Electronic Discrete Variable Automatic Computer* (EDVAC) adı verilen yeni bir çözümleyici hesap makinesi tasarısına girişildi.

Sonra, yeni makineye adanan ve hem teknik hem kuramsal sorunların çözümüyle uğraşılan birçok çalışma döneminin ardından, *kayıtlı program* çözümüne ulaşıldı.

Bu program, uğraşılan her problem için hesap makinesinin durumunu değiştirme zorunluluğundan kaçınmayı sağlayacak ve programlama dizgesini, gerek verilèr üzerinde gerekse kendi üzerinde çalışan iç belleğe kaydedilmiş programları kendi kendine değiştirme yeteneğiyle donatacaktı. Kısa sürede çok verimli olduğu görülecek bu düşünce, makinenin okuması, yorumlaması ve gerçekleştirmesi gereken verilerin ve yönergelerin sayısal kodlarla dile getirilebilen simgeler aracılığıyla betimlendiği bir dizgenin kullanılmasını öneriyordu.

30 Haziran 1945'te John von Neumann imzasıyla yayımlanan *First draft of a report* on EDVAC'ta ("EDVAC üzerine ilk rapor denemesi") başka özelliklerle birlikte betimlenen tam olarak buydu. Rapor herkesten önce dünyaca ünlü otuz kadar uzmana yönelikti.

Elbette bu temel keşfin sahibinin kim olduğu sorusu çok sayıda kırgınlığa, tatsız kavgalara, boş tartışmalara yol açacak, epey mürekkep tüketecektir.

Çünkü, John von Neumann'la ENIAC'ın mucitlerini kesin olarak karşı karşıya getiren keskin polemiğin kaynağında tam olarak bu raporun dağıtılması vardır.

Bu kavganın, kendi icatları üzerinde gerçekleştirdikleri kayıtlı program kavramını keşfetme başarısının kendilerine ait olduğunu ileri süren J. P. Eckert ile John W. Mauchy tarafından başlatıldığını hatırlatılım.

Dolayısıyla bu ikisi ilkin kendi ENIAC'ları için bir patent talebinde bulunmaya karar verdiler. Ardından, bu makinenin birtakım kavramlarının Honeywell şirketince üretilen hesap makinelerinde kullanılması nedeniyle, bundan böyle UNIAC Division denen bölümü kurmak üzere Eckert ile Mauchly'nın kurduğu şirketi satın alan Sperry-Rand topluluğunca Honeywell aleyhine dava açıldı.

19 Ekim 1973'te ENIAC'ın icadının sahibi olarak Eckert ile Mauchly'yi kabul eden, ama (yasal olarak) bilgisayarın mucitleri unvanını reddeden Minneapolis mahkemesi çok şaşırtıcı bir karar vermiş oldu. Bu icadın onurunu, 1930'lu yıllarda Iowa State College'de yaptığı

ve teknik bakımdan John Mauchly'nin fikirleri üzerinde belli bir etkisi olan küçük ikili elektronik hesap makinesinden ötürü, John Atanasoff'a verdi; bu hesap makinesi, ilginçtir, çok ilkeldi ve işlemsel değildi, üstelik çözümleyici hesap makinesinin yapısında bile değildi.

Bilişim tarihinin bu acıklı öyküsü, aslında, o dönemin, epistemolojik düşünme eksikliği ve bilimsel yaklaşım kusurundan ötürü, bizim bugün çok disiplinli bir bakış açısının desteğiyle hakettiği değeri verdiğimiz bu büyük keşfin gerçek önemini iyi anlamamış olan (bilişimin bu adı hak eden disiplin olarak henüz kurulmamış olduğu o dönemde başka türlüsü olabilir miydi?) belli bir ruh durumunun ıralayıcı anlatımıdır.

Ancak aynı zamanda İngilizce *computer* sözcüğündeki belirsizliğin Amerika Birleşik Devletleri ile İngiltere'de şeylerin tasarlanışında ne büyük bir yıkıma yol açtığını da görmemizi sağlamaktadır.

33. Bölümdeki Şekil 33.1'de görüleceği gibi, kullanımın bu sözcüğe yüklediği (ve sayı boncuğuyla başlayıp bayağı hesap makineleri ve analojik makinelerden geçerek uzman dizgesine uzanan) engin anlam alanı, gerçekte diyalektiğe ve onun en çeşitli uslamlamalarına bütün olanaklı özgürlükleri vermektedir. Bu nedenle, birinin tarihin belli bir anında *tarihin ilk computerinin muciti* diye ilân edilmesi için yeni bir yapay hesap aygıtı yapması yeter. Anglo-Saxon halkının kafasında *electronic computer* yavaş yavaş bilgisayarla eşanlamlı hale geldiğinden bu "ilk *computer* mucitleri" kalabalığı (aygıtlarının bilgisayarlara katkıda bulunmayı amaçlayan kimi öğeler taşıması ya da yalnızca elektronik öğeler içermesi nedeniyle), her biri elektronik bilgisayarın icadının sahibi olduğunu iddia ederek, kimi zaman çok şiddetle, kavgaya girişmişlerdir. Hattâ kimileri kendini mahkemelerde haklı çıkarmaya çalışmıştır.

Bütün ana noktalar için tek bir terimin, yani *computer* (ya da hesap makinesi) sözcüğü kullanılınca, böyle bir öykünün gerçek anlamının çok güç olduğunu söylemek gerek –Fransız bilişim tarihçilerinde de sorun az çok aynıdır–; çünkü neyin söz konusu olduğunu bilmek ve elbette söz konusu farklı aşamalarda gerçekleştirilen gerçek ilerlemeyi izlemek olanaksızdır. O zaman bilişimin tarihi isteğe göre değiştirilebilen, terimlerin belirsizliğinin, yorum düzeyinde, ancak hem doğru hem yanlış olabilen önermelere yol açtığı bir tarih haline gelir: Önermeler doğrudur, çünkü söz konusu aygıtların her biri kendi türünün "ilk *computeri* (ya da hesap makinesi)" olmuştur; ama açıkça yanlıştır, çünkü ilk *computer* tarihin ilk bilgisayarı" olmamıştır.

Öyleyse, genellikle doğrusal ve indirgemeci olan bakışıyla kaypak, çoğu kez belirsiz bir sözcük dağarcığından ötürü bu disiplinin tarihindeki olayların ve olguların gerçekliğini gizleyen geleneksel sunuşların zayıflığını vurgulamak gerek.

Elbette, bilişimin tarihi gibi bir tarihin anlatısı uydurma olamaz: Bu tarihin çeşitli aşamalarının uygun bir sunuluşu, bir yandan olguların, çokdisiplinli bir anlayışla, ilgili kavramların iyi temellendirilmiş ussal bir sınıflamasına göre düzenlenmesini, bir yandan da bütün ilerlemenin iyi kavranmasını sağlamak için uygun sözcüklerin kullanılmasını gerektirir.

Tarihin böyle yapılaştırılmış bir sunumunun –gerekliyse– bilimsel planların, kavramların, matematiksel yöntemlerin ve düşünsel etkinlik çerçevesinde ortaya konmuş bütün ilkelerin "patentli icatlar" olarak görülemeyeceği (çünkü bunlar evrensel bilim ülkesine aittir) ve böyle bir başarı için, tarihin gözleri önünde, bilgisayarın muciti olma şerefini talep etmek üzere US Patent Office'den patent istemenin yetmeyeceği olgusuna doğrulama getirdiğini ekleyelim!

Zaten Von Neumann da ne yazılı ne de sözlü olarak bu tip makinelerin muciti olduğunu hiçbir zaman ileri sürmemiştir.

Bunun nedeni ise, böyle bir başarıda ne icattan ne de haklı olarak mucitten söz edilebileceğini anlayacak kadar dünyadan haberdar olmasıydı.

İşin doğrusu, her ufuktan gelen uzun bir bilim adamları zincirinin gerçekleştirdiği koca bir keşifler, hazırlıklar, düşünüşler, seçimler, ayırımlar, bireşimler dizisinin ardından sonunda bu devrim niteliğindeki kavrama ulaşıldığıydı.

Zaten bu büyük matematikçinin, Pascal, Leibniz ve Thomas de Colmar'la başlayıp Babbage, Boole, Jevons, Torres ve Turing'le devam eden bütün öncelleri, Arkhimedes, Brahmagupta, Al Harezmî, Al Cazzarî, Fibonacci, Leonardo da Vinci, Galileo, Huygens, Schickard, Descartes, Falcon, Vaucanson, Jacquard, Hollerith, Russell, Hilbert, Gödel, Church, Valtat, Couffignal, Stibitz, Atanasoff, Aiken ve birçok başkaları, tarihe göre, kendi paylarını istemek ve John von Neumann'a verilen onur nişanından bir parça kapmak üzere oradadır.

Asıl konumuza geri dönersek, kesin olan, kayıtlı program kavramının, elektronik tekniğine katkıları kabul etmek gerekir ki yadsınamayacak kadar büyük olan Eckert ile Mauchly'nın yönetimindeki tüm bir takımın ana kaygısı olduğudur.

Hiç kuşkusuz onların (ENIAC'tan EDVAC'a, BINAC'tan UNIVAC'a dek) yeni doğan bilişimin gelişmesinde oynadığı rol, bilgisayarların teknik-ticarî tarihinde önemliden de fazladır.

Buna göre, Nick Metropolis'in belirttiği gibi, açık ki, "kayıtlı program kavramı Von Neumann'ın EDVAC çalışmalarına katılmasından daha eskidir".

Takımda yer alan Harry D. Huskey şunu söyler:

"ENIAC topluluğu ortak bir çalışmada kayıtlı program kavramını geliştirdi. Bu çalışmaların sonuçları, henüz kesin biçimini almadığı için öteki tasarımcılardan hiç söz etmediği bir metinde, Von Neumann tarafından dile getirildi. Bu rapor çoğaltıldı ve bu ilk yazılışıyla dolaşıma çıktı. Bunun sonucu olarak Von Neumann [o zamandan beri] genel olarak bu fikrin muciti diye görüldü."

Ancak Burks'a göre, söz konusu rapor ilgilinin haberi olmadan dolaşıma çıkmıştı: "Kesin bir yayın olsa, Von Neumann öteki tasarımcılara haklarını mutlaka verirdi."

John P. Eckert'in daha sonra diyeceği gibi, şurası kesin ki, "Bu *Draft*'ın yayımlanmasından bir yanlış anlama doğdu... Dr. von Neumann bunu hiç düzeltmeye çalışmadı."

Geriye dönüp bakınca, John von Neumann'ın, şu *Draft* denen "müsvedde"de bu yayının ilk baskısının değiştirilebilirlik niteliğinden ötürü, kendisine çok verimli ve güçlü fikirler vermiş olan Eckert, Mauchly ve başkalarıyla girdiği sayısız ön tartışmaya göndermede bulunmak gibi bir –deyim yerindeyse, bilimsel– refleksi gösterememiş olması gerçek üzücüdür.

Ama John Ecker, Sezar'ın hakkını Sezar'a, Tanrının hakkını Tanrıya vermeyi bilmiştir:

O şöyle demiştir:

"Dr. von Neumann benim ve Dr. Mauchly'nin fikirlerinden bazılarını kendisine ait yarı matematiksel bir mantık gösterimi biçiminde sergilemiştir" (bkz. R. Ligonnière).

Doğrusu, anlamı sahibince pek iyi tartılmamış çok akıllıca bir söz. Çünkü, birinin getirisi ile ötekinin katkıları arasındaki farkı oluşturan, tam da Von Neumann'a ait olan bu "yarı matematiksel mantık gösterimidir".

Böylece, bu temel üzerinde patlayan kavganın, uygulamacıların salt bakış açıları ile bir kuramcının getirdiği sıkı temellendirme arasındaki çok açık bir karıştırmadan kaynaklanan yanlış anlamayla nasıl boşu boşuna yaratıldığını anlıyoruz.

Bu da bizim daha önce belirttiğimize ve Andre Booth'un bir Amerikan gazetesinde yayımlanan röportajda dile getirdiği, John P. Eckert'in 1962'de söylediklerini düşündüren ünlü düşüncesine gelir katılır:

"Beni en çok şaşırtan, ENIAC'ın tüm bileşenlerinin on, belki de onbeş yıl önce elde hazır olmasıydı... ENIAC on ya da onbeş yıl önce icat edilebilirdi ve gerçek soru şuydu: Neden daha önce olmadı?"

Bunun yanıtı, oluşturucular hazır olsa bile, gereklililerin, tekniklerin ve zorunlu bilimsel gelişmelerin henüz hazır olmadığıydı.

Gerçekten, tarihin başına doğru geri gidersek, keşif süreci, daha 1944'ten itibaren, program yönergelerinin iç bellekte kullanılmasının, dolayısıyla bu yönergelerin geleceğin hesap makinelerinde hesap verileri ve sonuçlarıyla aynı şekilde işlenmesinin teknik bakımdan sağlayacağı üstünlükleri ortaya koyan Eckert ile Mauchly'nin düşüncelerini dile getirmesiyle başlamıştır. Zaten onların da Eylül 1945 tarihli bir yazıda açıkça söyledikleri budur:

"Ocak 1944'te manyetik bir hesap makinesi tasarısı geliştirildi. Bu tasarının en önemli özelliği yönergelerin ve fonksiyon çizelgelerinin verilerle aynı yerde depolanmasıydı. Eckert ile Mauchly'nın 1944 başında yaptıkları belleğin icadı görece küçük bir malzemeyle hızlı ve büyük boyutlu bir bellek sığası oluşturmayı olanaklı kılıyordu. Böylece Temmuz 1944'e doğru, ENIAC üzerinde süren çalışma izin verir vermez yeni bir makine geliştirmeye ve yapmaya girişilmesine karar verildi. Bu makine EDVAC kısaltmasıyla adlandırıldı...

"1944'ün ikinci yarısında, o zaman Balistics Research Laboratory'de danışman olan Dr. John von Neumann'a danışıldı. O da EDVAC'ın mantıksal denetimleriyle ilgili sayısız oturuma katıldı, kimi yönerge kodlarını gözden geçirdi, özel problemlerin çözümünde gerekli olan yönerge sıralarını yazarak önerilen dizgeleri sınadı."

Böylece ENIAC topluluğunun fizikçileri, mühendisleri ve teknisyenleri o yıldan itibaren hem program yönergelerini hem de işlenecek problemlerin verilerini fizik olarak içerebilen yeterli genişlikte bir aygıtı gerçekleştirmeye giriştiler.

"Bununla birlikte" diye vurguluyor R. Ligonnière, "bu fikir büyük boyutlu hızlı bir bellek olanaksız olduğu sürece fikir olarak kalmaya mahkûmdu."

Bu neden elbette geçerlidir, ama çok daha derin başka bir neden vardır, çünkü bu teknik başarı olanaklı hale gelse bile, kuramsal te-

mellendirme sorunu çözüm bulmazsa, söz konusu fikir, tartışmasız fikir olarak kalmaya devam edecekti.

Gerçekte çözümleyici hesap makinesinin temel mantık problemlerinin çözülmesi, dolayısıyla temel mantıksal işlevlerin teknik olarak gerçekleşmesi için gerekli olan elektronik devrelerin ve bileşenlerin kullanılmasıyla ilgili sorunların aşılması gerekiyordu.

Bütün bunlar, kesin olarak bu mühendisler ile teknisyenlerin uzmanlık sınırlarını aşıyordu ve bu temel sorunları ele alıp tamamen ve bilimsel olarak çözecek çok kültürlü ve yüksek düzeyli bir kuramcının yardımına başvurma gereği ortaya çıkmıştı.

İşte o zaman çağdaş bilimin, mantığın ve matematiğin son gelişmelerini yakından bilen, hatırı sayılır ölçüde kültürlü, sıra dışı bir kuramcı sahneye çıktı: Çağının en büyük matematikçilerinden biri olan John von Neumann (1903-1957). Kendisi, olağanüstü düşünme hızı, karmaşık konular üzerinde basit akıl yürütme yeteneği ve şaşırtıcı hesap yapma becerisiyle gerçek bir fenomendi. Öyle ki, ondan çok etkilenen meslektaşları "insan türüne ait olmadığını, yalnızca insana benzediğini" söylüyorlardı.

Von Neumann, "o zaman Avusturya-Macaristan İmparatorluğunun parçası olan Macaristan'da, Budapeşte'de doğmuştu. 1921'den ölümüne dek, matematiğin her alanında, durmadan ürün verdi: Kümeler kuramından kuantum fiziğine, fonksiyonlar kuramından geometriye, sayısal hesaptan hidrodinamiğe kadar herşeyi biliyordu, ama başka şeylerin yanı sıra oyunlar kuramının ve onun iktisata uygulamasının muciti olarak ünlendi. 1930'da Birleşik Devletlere gitti. 1933'ten itibaren aynı yıllarda Einstein'ın da çalıştığı [Princeton'daki] ünlü Institute for Advenced Study'ye katıldı. Oranın en genç üyesi oldu. Savaştan önce Los Alamos'ta nükleer silâh üzerine araştırma çalışmalarına katıldığında, nükleer yakıtlardaki zincirleme tepkimelerin yayılması konusunda yapılması gereken hesapların inanılmaz uzunluğuyla çarpılmıştı... Zaten kuramcılarda pek az rastlanan büyük bir zihinsel hesap yeteneği olduğu için kendi kişisel katkısını bu hesaplarda göstermişti. 1944 sonunda von Neumann otomatik hesap makinelerine ilgisini gösterince, Moore School bu saygın matematikçiyle sözleşme yapmaktan haz duydu ve onu yepyeni bir hesap makinesi tasarlamakla görevlendirdi" (J. Tricot, in: SV, no 741, Haziran 1979).

John Von Neumann'ın Büyük Bireşimi

Bu öykünün devamında, salt ve uygulamalı matematiğin sayısız dalında esaslı katkıları olan, simgesel mantığın yükselişinde de payı bulunan bu büyük matematikçi, kayıtlı program kavramının bilimsel keşfine derin damgasını vurmuştur.

H.H. Goldsteine'ın sözleriyle, onun ön raporu, gerçekte "1944 güzü ile 1945 baharı arasında gerçekleştirilmiş bütün düşünüşlerin bir çözümlemesi ve bireşimi" olmakla kalmamış, "hesap ve hesap makineleri üzerine o zamana dek yazılmış en önemli belge" olmuştur. Gerçi "bu raporda bulunan herşeyi von Neumann düşünmüş değildir", ama "esaslı olan herşeyde onun payı vardır".

Çözümleyici kafa, ama aynı zamanda bireşimci kafa; işte bu büyük çaplı matematikçiyi ıralayan sözcükler. Çünkü yeni doğan bilişim alanındaki büyük bireşimden söz etmek gerekirse, bunu özellikle John von Neumann'a borçluyuz.

Eleştirel olmayan bir anlayışla ortaya konmuş, dolayısıyla tutarlı bir dizge oluşturmayan bu farklı düşünceler karışımını türdeş bir bütün haline getirmeyi bilmiş olan, gerçekte odur.

"Tıpkı karmaşık nesnelerle ilgili insan bilgisinin, 1. bütünün genel ve karmaşık olarak görülmesi; 2. parçaların seçik ve çözümlenmiş olarak görülmesi; 3. parçalardan elde edilen bilgiyle bütünün bireşimsel olarak yeniden oluşturulması olmak üzere üç edimden oluşması gibi, insan zihni de bağdaştırma, çözümleme, bireştirme adlarıyla gösterebileceğimiz ve bilginin bu üç aşamasına karşılık gelen üç durumdan geçer" (E. Renan, *Avenir de l'intelligence,* XVI, s. 301).

Öyleyse, bilimsel disiplinlerin oluşmasında ve gelişmesinde esaslı bir rol oynayan çözümleme ile bireştirme arasında bulunan tamamlayıcılık üzerinde durmak gerek.

Diderot şöyle diyordu:

"Bilimleri geliştirmek için iki yol görüyorum: Biri keşiflerle bilgi yığınını büyütmek, *mucit* adı böyle hak edilir; öteki ise daha çok insan aydınlansın, çağının aydınlanmasına kendi ölçüsünde katkıda bulunsun diye keşiflere yaklaşıp onları kendi aralarında düzenlemek."

İki yüzyıl öncesinin kendi çağı hakkındaki bu görkemli düşüncesi, bir *bütünü* parçalarına ayırmak önemli ise de, bilimin ilerlemesi için bu farklı parçaları birleştirmenin, biraraya getirmenin de aynı şekilde vazgeçilmez olduğunu çok iyi göstermektedir. Çünkü bu *bütünü* oluş-

turucu öğelerine ayırmaya girişen meraklı bir zihin, bu *parçalardan* başka bir *bütün* oluşturabilir; bu da gelişme ve ilerleme demektir.

Bu da bizi, John von Neumann'ın yayımladığı *First draft of a report on EDVAC*'ın uyandırdığı dünya çapındaki yankının gerçek nedenlerini sorgulamaya itmektedir.

R. Ligonnière'in dediği gibi, ilk neden "bu büyük müdahaleden önce, Moore School topluluğunun yayımladığı raporlar malî kaynak sağlayan Amerika hükümetinin istediği dönemli özetlerle sınırlıydı. EDVAC söz konusu olduğunda bu raporlar çok genel ve kısaydı; örneğin Eckert'in bildirileri genellikle iki sayfayla sınırlıydı. [Daha sonra, ENIAC üzerindeki askerî giz kaldırıldıktan ve elektronik üzerine teknik yayınlara izin verildikten sonra, Eckert ile Mauchly'nin matematikçi Goldstein, Burks ve von Neumann'dan çok daha az yayın yaptıklarını da belirtmek gerek] sonra [ve özellikle] von Neumann'ın resmî belgelerin "özlülüğü" karşısında, iyi bir üniversiteli olarak büyük hızlı [çözümleyici] bir hesap dizgesinin mantıksal denetiminde gerekli olan kuramsal çerçeveleri tamamen betimlemeye girişti. Ona göre mantıksal yapı makinenin kendisinden bağımsızdı; evrensel bir önem kazanıyordu.

"EDVAC üzerine gerçek bir çalışma yapmasına ek olarak, bu matematikçi-mantıkçı gelecek yılların bilgisayarını betimledi; bunun beş büyük oluşturucusunu şöyle sıralıyordu: Aritmetik birimi; denetim birimi; sayısal verileri ve yönergeleri kaydetmek için bellek; giriş birimleri; çıkış birimleri" (in: *Ordinateurs*, 29 Nisan 1985, s. 34 vd.).

Dolayısıyla bugün hâlâ herkes bilgisayarları "von Neumann makineleri" diye adlandırıyorsa, bu bir rastlantı değildir.

Claude Bernard'ın dediği gibi: "Bilimleri *çözümleyerek* inceler, *bireştirerek* öğretiriz... Bir bilim bireştirerek öğretilmiyorsa, o bilim henüz bitmemiş, ya da tamamen bitmemiş demektir. *Bilim ancak bireştirildiği zaman oluşur.* Dolayısıyla büyük adamlar, bilimi bireşimsel kılan insanlardır: Fizikte Newton, kimyada Lavoisier..." (*Cahier rouge,* s. 102-104). Claude Bernard bizim çağımızda yaşamış olsaydı, kuşkusuz listesine bilgisayar bilimini ve o bilimin gelişmesini sağlayan temel bireşimi getiren John von Neumann'ın adını da listesine eklerdi.

Paul Valéry'nin *Regards sur le monde actuel*'inde dediği gibi, "bilim yaşamı dönüştürmüş, ona sahip olanların gücünü artırmıştır. Ancak kendi yapısı gereği o da özü bakımından dönüşebilir; zorunlu olarak evrensel yöntemler, reçeteler haline dönüşür. Onun birilerine verdiği araçları, başka herkes elde edebilir."

Dolayısıyla, *EDVAC üzerine ilk rapor denemesi* yeni programlama dizgeleriyle ve kayıtlı programlı sayısal ve sıralı otomatlar kuramıyla ilgili kavramlara genel ve tutarlı bir temel oluşturacak ilk bilimsel belge olmuştur. Denebilir ki, *John von Neumann sayesinde bilgisayar kavramı bilimsel olarak dönüştürülebilir ve evrensel olarak kullanılabilir hale gelmiştir.* Tarih onun adını sırf bundan ötürü alıkoyacaktır.

Turing ile Von Neumann'ın Yarattığı Etkiler ve Tepkiler

Peki ya Alan Turing?

Çoğu kez önyargılı yanlış bir imgenin tersine, Turing'in, kimilerinin tek yanlı bir biçimde betimlediği gibi salt simgesel mantık kuramcısı olmadığını belirtmek yerinde olur: O aslında yeni doğmakta olan bilgisayar biliminin öncüsü ve uygulamacısı olarak ürün vermiştir.

1937'den itibaren kendini elektromekanik bir teknoloji kullanarak ikili bir çarpma makinesi yapmaya adadığını biliyoruz.

Ancak ona otomatik yapay hesap alanındaki deneyimini yetkinleştirme fırsatı vermiş olan, özellikle savaştır. İkinci Dünya Savaşı, 1939'dan itibaren onu askerî uygulamalar alanına, özellikle de kuramsal düşüncelerin Müttefiklerin hizmetinde uygulamaya sokulması alanına sürüklemiştir. Turing bu dönemde, Bletchley Park'ta İngiliz gizli servislerince düşman şifrelerini çözmek ve Alman ordusunun hareketlerini haber almak üzere şifre çözme makinelerinin tasarımına katılmakla görevlendirildi. Elektromanyetik mıknatısları kullanan *Robinson* dizisinden elektromekanik makineler böyle ortaya çıktı. Sonra bunlar, 1943'ten itibaren, yerlerini elektronik tüpler kullanan ve yine Turing kuramlarına dayanan *Colossus* adlı mantık makinelerine bıraktı. Turing bu makinelerin yapımına doğrudan katılmadıysa da, elektronik teknolojisi ve mühendislik konusunda uzmanca bilgi edinmesine yetecek ölçüde yakından izledi.

Savaş bitince 1936'daki kuramının daha doğrudan uygulamasına kendini verdi. *Evrensel Turing makinesinin* fiziksel bir modelinin yapımına girişti ve bu sırada soyut kuramsal sorunlarla bunların uygulanmasının doğurduğu fiziksel sorunların sürekli biribirinin yerini alışını yakından gördü. Ekim 1945'ten itibaren hükümete bir tasarı sunarak Teddington National Physical Laboratory (NPL) ekibine katıldı, bundan böyle Scientific Civil Service'in sürekli üyesi oldu. *Proposals for Development in the Mathematics Division of an Automatic Compu-*

ting Engine başlığını taşıyan Turing'in raporu (E 882 kodlu rapor) gerçek bir elektronik bilgisayarın yapımı için ayrıntılı bir tasarı oluşturuyordu. Ne ki *Pilot ACE* ancak 1950'de, Turing'in ilk görüşlerinde epeyce kısaltmalar yapıldıktan sonra ortaya çıkacaktır. Turing 1948'den beri NPL'den istifa etmiş durumdadır. Çok yeni ve çok gözüpek kavramlar getiren çok ilginç bir projeydi bu (bkz. B.E. Carpenter ve R. W. Dorant).

Von Neumann kendi dev bireşimini gerçekleştirirken, bu büyük İngiliz matematikçi ve mantıkçının fikirlerinden sahiden çok etkilenmişti.

Von Neumann'ın Alan Turing'le kişi olarak karşılaştığını belirtmemiz gerek: İlk kez Turing'in 1937'den 1938'e kadar Princeton'da kaldığı sırada; ikincisi ise, savaş sırasında (özellikle 1943'te, Turing Birleşik Devletler ile İngiltere arasındaki stratejik telefon görüşmelerini şifrelemek için bir dizge geliştirmek üzere Bell Telephone laboratuvarlarına çalışmaya geldiği zaman). Ayrıca onun çalışmalarını da derinden biliyordu. Turing'in düşünsel yeteneklerinden etkilendiği için, onu bir yıllığına yanına asistan olarak almayı bile önermiş, ancak Cambridge'e dönmeyi yeğleyen Turing bu teklifi reddetmişti.

Akla gelen soru Alan Turing'in, von Neumann'ın yayınından önce ya da sonra kayıtlı program kavramına ulaşıp ulaşmadığıdır.

İlkin, savaş öncesi yıllar hakkında, Turing'in düşüncelerinin tarihinden, onun yanlı ve abartılı olarak "bilgisayar biliminin gelişmesini önceden gören ufuk sahibi", "1936'dan itibaren bilgisayar kavramının içeriğini derinden kavrayan kişi" olduğunu ileri süren bir çeşitlemeyi vermiş olduğumuzu belirtelim.

Evet, gerçekten Turing bu yıldan itibaren geliştirdiği kavramların çok önemli olduğunun yavaş yavaş bilincine varmış, araştırmalarının nesnesine, *evrensel makineye* apayrı bir dikkat göstermiştir. Böylece giderek kafasında matematiksel varlıkların düşünsel türden birçok işi üstlenme yeteneğiyle donatılabilen makinelerce fizik olarak modelleştirilebileceği, bunun için uygun programlar geliştirmenin yeterli olacağı fikri oluşmuştu (bkz. çerçeveli kısım).

Ancak bu kayıtlı program kavramını onun bulduğu anlamına gelmez. *Kendi ideal makine kavramıyla çokişlevli çözümleyici hesap makinelerinin maddi gerçekliği arasındaki ilişkiyi de ortaya koyması gerekiyordu.* Evrensel Turing makinesinde "program" ve "öğreni" kavramları eşdeğerliydi ama bu eşdeğerlik savaş öncesi dönemde ancak

gücül olarak varolduğundan, bundan daha sonra haberdar olundu. İlerlemek için Turing makinesini, daha somut, salt matematik hakikatlerin soyutlamalarından çok fizik ve teknik gerçekliğe yakın bir anlatımla daha işlemsel terimlere çevirmek gerekiyordu.

Gerçek bir evrensel makine yapmak; Babbage'dan beri herkesin düşlerini bu süslüyordu zaten.

Turing'den farkı, herkesin tamamen çıkmaz bir yola girmiş olması, bu konuda oluşturdukları fikrin, mantıksal-matematiksel bir çalışmayla kesinleştirilmiş olmadığı için karışık olmasıydı.

Turing'de ise, tersine, bu fikir matematiksel temeller üzerine sağlam bir şekilde oturtulmuş bir kurama göre oluşturulup geliştirilmişti; bundan ötürü *evrensel Turing Makinesi* kavramı ile *kayıtlı programlı evrensel çözümleyici hesap makinesi* arasındaki eşdeğerliği ortaya koymayı sağlayacak güçlü bir destek oluşturuyordu.

Ancak Turing'ın sonuçları, başlangıçtan beri çok umut verici ise de, görünüşe bakılırsa, yaklaşık bir on yıl boyunca, kâşiflerinin sinir hücrelerinde, dönemin teknik bilgisi ile deneyiminin henüz fizik bakımdan gerçekleştirilmesine izin vermediği işlemsel olmayan düşünceler olarak kaldı.

Bu tarihte kuramsal yaklaşımın zorunluluğu çoğu kez plana konuyorsa da, burada soyut matematiksel varlıklar dünyasından maddenin cisimsel dünyasına geçmek için teknolojik ilerlemenin ve teknik bilginin vazgeçilmez olduğunu belirtmek zorundayız.

Öte yandan, kavramsal bir bakış açısıyla, matematik bakımından sonsuz sayıda Turing makinesi olduğunu, bunların arasında bilgisayarların yapısının ve başkalarının yanı sıra Babbage'ın çözümleyici makinesinin, Jevons'un makinesinin, Leibniz'in makinesinin, hattâ Pascal'in hesap makinesinin bulunduğunu da belirtmek gerek. Yani Turing makinesi fikrinden söz edildiğinde bir belirsizlik vardır. Bundan ötürü Turing'in kuramsal fikirlerinin uygulamaya geçirilmesi söz konusu olduğunda, gerçekte söz konusu olan yapıyı dikkatle incelemek gerekir.

İmdi, Turing'in fikirlerinin *Colossus*ları gerçekleştirmeyi sağladığı söylendiğinde söz konusu olan, tam olarak şifre çözme makinelerinin özel yapısıdır. Bu çözümleyici makinelerin başka işler için kullanmayı olanaksız kılacak ölçüde uzmanlaşmış olmaları da yukarıda söylenenleri doğrulamaktadır. Üstelik, bunlar da bir dıştan programlama dizgesi taşıyorlardı, dolayısıyla bilgisayar değillerdi.

1945'e gelindiğinde, Turing'in tasarısının von Neumann'ın *Draft*'ından birkaç ay önce olduğunu, von Neumann'ınkinin 1945'in 30 Haziran tarihli olduğunu biliyoruz. Zaten Turing kendi ilk tasarısının kaynakça notlarında bu rapora açıkça göndermede bulunmaktadır.

Kimileri Turing'in getirdiği gelişmelerin von Neumann'ınkinden bağımsız olduğunu ileri sürerek, Turing'in kendi tasarısında von Neumann'ın ortaya koyduklarından çok daha gözüpek, çok daha ileri kavramlar geliştirdiğini söylemişlerdir.

Ancak Turing'in raporu ile von Neumann'ınkini biribirinden ayıran zaman aralığı göz önüne alındığında, bu hiçbir şeyi kanıtlamaz.

Kimi yazarlar da Turing'in von Neumann'ın *Draft*'ına göndermede bulunduğunu, ama bunu, uluslararası alanda kredilendirilmesi gereken kendi projesine malî kaynak sağlamak amacıyla, taktik nedenlerle yaptığını ileri sürmüşlerdir. Onlara göre Majestelerinin Hükümetinin Atlantik ötesi rakiplerden geri kalmasını önlemek için projenin mutlak zorunluluğu gösterilmek istenmiş olabilir.

Bu da doğru olabilir, ama yine tahminden öteye geçmez, çünkü hiçbir zaman doğrulanmamıştır.

Öte yandan, Turing bir bilgisayar planı yapmak için niye dokuz yıl, tam olarak 1945 yılı sonunu beklemiş olsun ki? Bir zamanlar kıskançlıkla gizlenen, bugün ise iyi bilinen İkinci Dünya Savaşı hakkındaki İngiliz arşivlerinde niye Turing imzalı başka hiçbir plan bulunmadı?

Kayıtlı program fikrini savaş sırasında akıl ettiydi de, niye o fikri *Colossus* tipi çözümleyici hesap makinelerinde uygulamaya koymadı? Durum böyle olsa keşfinden elde edilecek yararlar konusunda üstlerini ikna ederdi ve özel olarak aynı iş için tasarlanmış Babbage makinelerinden son derece daha etkili olabilecek olan, gizli şifre çözmekte uzmanlaşmış bilgisayarlar yapılırdı.

Bizce, en inandırıcı varsayım *terazi hareketi* varsayımıdır; von Neumann Turing'in evrensel makinesinin kuramsal incelemesinden etkilenmiş, Turing de kayıtlı program kavramının Turing'in evrensel makine kavramıyla matematiksel eşdeğerliğini ortaya koyan tanıtlamadan etkilenmiştir. Doğrusu bu varsayım, von Neumann'ın sonuçlarının çok kısa bir zaman aralığında kendisinde yarattığı kıvılcımla von Neumann'ın öngörmediği noktalara, onun fikirlerinden çok daha ileri fikirlere ulaşabilecek ölçüde olağanüstü düşünsel yeteneklerle, düşünce diriliğiyle donatılmış, kendi görüşlerinin, tekniklerinin, özellikle de kuramlarının efendisi olan bir Turing hayal etmenizi sağlıyor. (Çünkü

Turing *alt-yordam sıradüzenleri, istifleme, evrik dil kullanımı, mikroprogramlama kavramı...* gibi yeni ve gözüpek kavramlar getirmişti).

Ancak bu alanda Turing'in etkisi küçük İngiltere'nin sınırları içinde, hattâ İngiliz gizli servisinin şifre çözme bölümünün dört duvarı arasında kalırken, von Neumann, araştırmalarının sonuçlarını duyurarak onları bilimsel olarak aktarılabilir, gücül olarak tüm dünyanın bilim adamlarınca kullanılabilir bir öğe haline getirmiştir.

Zaten von Neumann'ın *Draft*'ı neredeyse hemen otomatik hesap alanında yapılan bütün araştırmaları kesin bir biçimde esinlemiş, bu çağda Babbage'ın fikirleri yönündeki bütün yönelimleri kısa zamanda hemen hemen tümüyle geçerlikten kaldırmıştır.

Turing'in 1942'den 1944'e kadarki fikirleri Müttefiklerin hem Atlantik savaşını hem de şifre çözme savaşını kazanmasını sağladıysa da, onun incelikli ve verimli keşiflerinin büyük kısmını 1975'e dek hapsetmiş olan da aynı Devlet sırrıdır.

Evrensel Turing Makinesi ve Klasik Çözümleyici Makinelerden Bilgisayarlara

Bu özetlemeye girişirken, şunu da söylemek gerekir ki, bu tarihte asıl olan Turing'in katkısıdır, çünkü von Neumann için en temel esin kaynağını onun çalışmaları oluşturmuştur. Von Neumann kayıtlı program kavramını matematik açısından doğrulamak için, çözümleyici hesap makinelerinin yapısını çok genel Turing makineleri kuramının çerçevesine yerleştirmeye, böylece bu yapının evrensel algoritmik otomatın yapısıyla eşdeğerliğine kanıt getirmeye çalışmıştı.

İşte, aldığı çeşitli parçalardan *bütünün* yapımına girişen von Neumann'ın temel bireşimi tam burada gerçekleşmiştir. Von Neumann'ın o çağda kendini yeniden üreten otomat kavramına ulaşıp ulaşmadığı (karşı çıkanlara rağmen) önemli değildir, çünkü kendisinden sonra bunu başkaları yapacaktır; ama ulaştıysa, özellikle sağlamca kurduğu temeller üzerinde ulaşmıştır.

Von Neumann, yapısal olarak geniş bir işlemler kategorisini yapmak üzere tasarlanmış çözümleyici bir hesap makinesinin belleğine bir program kaydederek Turing'in ideal evrensel makinesinin özelliklerini taşıyan, ancak bundan böyle yönergelerini ve verilerini birarada işleyen yepyeni bir hesap makinesi elde edildiğini matematiksel olarak tanıtlamıştı.

Von Neumann'ın getirdiği asıl katkı, dolayısıyla, kayıtlı bir programı olan sıralı ve programlanabilir otomatik sayısal bir hesap makinesinin, Turing'in evrensel algoritmik otomatının sonlu bir modelinden başka bir şey olmadığını ve buna karşılık olarak, evrensel Turing makinesinin kayıtlı programlı evrensel çözümleyici hesap makineleri ailesini ıraladığını tanıtlamaktı.

Çünkü, Babbage makinelerinin başlıca yapısal kusurunu (dış programlama dizgelerinden ileri gelen denetlenemezliklerini) gidererek onları çözümleyici hesap makineleri ailesinden *von Neumann makineleri ya da bilgisayarlar* ailesine geçiren, tam olarak bu *düzenleyici yapıdır.* Böylece bu yapı çözümleyici hesap makinelerinin organları ve işlevleri ile Turing'in ideal evrensel makinesinin matematiksel ve mantıksal özellikleri arasındaki bireşimi gerçekleştirmiştir -bütün ilerleme de buradadır.

Denebilir ki, böylece, hiçbir insan müdahalesi olmaksızın, her çeşit algoritmayı bu tipten makinelerin fizik kapasiteleri çerçevesi içinde yapabilen, devrim niteliğindeki yapay mantık otomatlarına ulaşılmış oldu.

Doğal olarak, Turing'in evrensel makine kavramı geleceğin bilgisayar makinelerinin başlıca özelliklerini içeriyordu. Bu özellikler şunlardır:

1- Büyük hacimli bir bellek.

2- Sınırlı bir kesin yönergeler kümesi.

3- Bir problemler sınıfının çözüm algoritmasının, makinenin anlayabileceği terimlerle, çevirisini oluşturan programlar.

4- Otomatik ve sıralı bir işleyiş.

5- Simgelerle iş gören makine özelliği.

6- Çok geniş bir problemler kategorisini çözmeye yatkınlık.

7- Uygun bir programla bütün öteki Turing makinelerini taklit etme yeteneği...

Turing'in evrensel algoritmik otomata ilişkin matematiksel kavramı gelecekteki her bilgisayarın kuramsal modelini sağlamayı amaçlıyordu denebilir.

Zaten bugün bilgisayar üzerindeki bir işlemin indirgenebileceği en temel çözümleme düzeyine karşılık gelir. Başka deyişle, bir bilgisayarda belli bir işlem ancak onu yapabilecek bir Turing makinesinin varolduğu matematiksel olarak kanıtlanabiliyorsa gerçekleştirilebilir.

O zaman, belli bir makinenin ancak yapısal olarak evrensel Turing algoritmik otomatına eşdeğerse bir bilgisayar olabildiğini eklemek gerek. Bundan ötürü bütün bilgisayarlar evrensel Turing makinesine eşdeğer olduklarından, kendi aralarında eşdeğerdirler ve terimin matematiksel anlamıyla bir aile oluştururlar.

Dolayısıyla, uygun bir teknolojik ilerlemeyle, gittikçe daha çeşitli işler yapmalarını sağlayarak çözümleyici hesap makinelerine neredeyse sınırsız bir esneklik kazandıran da yine bu yapıdır. Aşağıdaki özellikler artık çözümleyici hesap makinelerinin başlıca özellikleri olmuştur:

a. Her uygun program söz konusu hesabın yapılması için gerekli yönergeler kümesini içerir.

b. İç belleğe belli bir program yüklenmesiyle, işlem bir kez başlatıldı mı makine söz konusu programın temel yönergelerini, birinciden yapılan hesabın son sonucunun alınmasına kadar giden bir işlemle, biribiri ardından kendi kendine yapar.

c. Gerçekleştirilen her program, makinenin belleğinde, en azından işlemlerin sonuna dek saklanır.

d. Makineye verilen her program verilerden tamamen bağımsızdır ve iş bittikten sonra aynı ya da tamamen *farklı parametreler üzerinde* istendiği kadar yapılabilir.

Bugün bu tip işlemlere öylesine alışığız ki onların keşfinin önemini anlamakta güçlük çekiyoruz artık. Ne ki bellekten ve programlama dizgesinden yoksun eski yazı makinelerini ve mekanik büro hesap makinelerini düşününce, bu keşfin devrim niteliğinde olduğu hemen görülecektir: Bu eski makinelerde bir iş tamamlanır tamamlanmaz, en küçük veriyi yeniden girmek ya da kimi parametreleri değiştirmek için herşeye sıfırdan başlamak gerekiyordu.

Tarihin İlk Gerçek Bilgisayarları

Çok eski çeşitli gerekliliklerin ve ayrı ayrı adımların biraraya gelmesiyle ortaya çıkan, her yönden gelen icatların, yeniliklerin tam bir bireşimini gerçekleştiren bu olay İkinci Dünya Savaşının aşağı yukarı birkaç hafta sonrasına rastlar. Bilgisayarlar çağının gerçek başlangıcı o zamandır.

Zaten von Neumann'ın *Draft*'ındaki düşünceler öyle verimli olmuştu ki, 1945 sonundan itibaren Atlantiğin iki yakasında elektronik ve ikili bilgisayarlar konusunda aşırı bir koşuşturma başlamıştı.

Deneyimli ama *Draft*'ın yayımlanmasıyla hayal kırıklığına uğramış olan Eckert ile Mauchly Moore School topluluğundan ayrılıp 1946 Mart'ında kendi şirketleri olan Electronic Control Company'yi (1948'de Eckert and Maucly Computer Corporation olacaktır) kurmuşlardı. 1947'den 1949'a dek de BINAC *(Binary Automatic Computer)* adlı bilgisayarlarını yaptılar: *Bu Birleşik Devletlerde yapılmış ilk elektronik bilgisayardır.* Uçak yapımında kullanılmak amacıyla yapılan bu bilgisayarın uygulamaları ve işlevleri yine de sınırlı kalmıştı.

Bu anda von Neumann, ardından da Herman H. Goldstine Princeton'a döndü. İkisi birlikte, 1946'dan 1951'e dek, 1952'de açılışı yapıldığında *ilk Amerikan bilimsel bilgisayarı* olan ve salt matematiksel kavramlar içeren karmaşık problemler için kullanılan IAS Computer (Institute of Advenced Study'nin adından) adlı bir makinenin yapımına giriştiler.

Bu sırada EDVAC üzerindeki çalışmalar devam ediyordu, ama öngörülenden çok daha yavaş bir biçimde. Bilgisayarın yapımına 1949'da ara verildi ve ancak iki yıl sonra bitirildi, 1962'ye kadar kullanıldığı Ballistics Research Laboratory'ye hesap makinesinin teslimi ise ancak 1952'de yapıldı.

Washington DC'deki American National Bureau of Standards'ta da yine von Neumann'ın 1950'de işler hale gelen ve *ilk uzmanlaşmamış Amerikan bilgisayarı* olan *Standard Eastern Automatic Computer*'i (SEAC) yapıldı.

Von Neumann'ın planları üzerinde gerçekleşmiş başka bir başarı ise, 1946'dan 1951'e dek Jay W. Forrester'in yönetiminde tasarlanıp bitirilen MIT'in Whirlwind I'i (ya da "kasırga") dir. *Bu, yapısal bakımdan gerçek zamandaki benzetmelerle geniş bir problemler kategorisini çözmek için tasarlanmış ilk Amerikan bilgisayarı olmuştur.* US Air Defence adına 1951'de yapılan bu bilgisayarda manyetik çekirdekli bir bellek, bir çizgesel yazıcı, bir uzaktan etkileşim dizgesi, telefon hattıyla iletişim dizgesi, telefon hattıyla belgeleme, otomatik belgeleme, kullanımı kolay bir programlama dili bulunuyordu.

Birleşik Devletlerdeki ilk ticari bilgisayar ise şirketleri UNIVAC Division haline gelmek üzere Remington Rand'la birleşen Eckert ile Maucly'nin 1951'de tasarlayıp gerçekleştirdikleri UNIVAC olmuştur. US Census Bureaa'ya teslim edilen ve askerî olarak kullanılmayan ilk makine olan bu makine sanayide bilgisayar çağının başlangıcına işa-

ret ediyordu. Bu makine, CBS televizyon kanalında, 1952 başkanlık seçimleri için kamuoyu yoklamalarında kullanılıp D. Eisenhower'in zaferi hemen hemen tam olarak tahmin edilince, bilgisayarların olanaklarına halkın çok dikkatini çekti.

Kore Savaşı sırasında Amerikan Savunma Bakanlığınca ısmarlanan, ama açılışı ancak Nisan 1953'de yapılan *Defence Calculator*'la bitirelim: Daha çok IBM 701 adıyla bilinen bu makine *IBM'nin ilk* (gerçek) *elektronik bilgisayarı* (yani von Neumann'ın planlarına göre yapılmış ilk bilgisayar) olmuştur; aynı zamanda da bu şirketin uzun bir dizisinin ilk bilgisayarıdır.

Ancak von Neumann'ın ilk makineleri Birleşik Devletlerde işlememiştir.

Bunların ilki İngiltere'de, Manchester Üniversitesinde olmuştur; 1946'dan itibaren Tom Kilburn ile Frederic C. Williams'ın yönetiminde tasarlanan, sonra 21 Haziran 1948'den itibaren işletilen MADM (*Manchester Automatic Digital Machine*). Bununla birlikte, bu makine çok sınırlı ve yavaştı; ancak 1949'da olanakları genişletilecek, 1951'den itibaren de İngiliz şirketi Ferrandi Ltd.'nin sorumluluğu altında ticarî biçimleri piyasaya sürülecek olan makinenin deneysel bir modelini oluşturuyordu.

Ancak von Neumann'ın planlarına göre yapılan ve düzgün bir şekilde işleyerek düzenli olarak kullanılan dünyanın ilk uzmanlaşmamış işlemsel bilgisayarı EDSAC *(Electronic Delay Storage Automatic Calculator)* olmuştur. Bu bilgisayar 1947'nin başından itibaren Maurice V. Wilken yönetiminde tasarlanmış, 6 Mayıs 1949'da da İngiliz Cambridge Üniversitesinde işletilmiş, 1958 yılına dek de orada kullanılmıştır. Bu makine ilginç kavramlar içeriyordu: Simgesel biçimde girilmiş yönergelerin makine diline çevirisi; ana belleğe otomatik program yükleme... EDSAC 1950'den itibaren Londra J. Lyons Company tarafından geliştirilmiş biçimiyle, LEO Computer *(Lyons Electronic Office)* adıyla ticarîleşmiştir.

National Physical Laboratory'nun *Pilot ACE*'si 1950'de Turing'in planları üzerinde, ama 1945'teki ilk tasarıda dile getirilen düşüncelerden çok daha alçakgönüllü bir yaklaşımla yapılmış, özellikle havacılıkta kullanılması amaçlanmıştır.

Bu irdelemeleri daha öteye götürmemiz söz konusu olamaz; çünkü bu, bugünkü bilgisayarlar alanının kavramsal, kuramsal, teknolojik evrimiyle ve genişlemesiyle ilgil olan bambaşka bir tarihtir.

Ancak biz daha öteye gitmesek de, kaynakça göndermelerinde adını andığımız sayısız yapıt bunu ikinci kez yapmayı gereksiz kılacak şekilde yapıyor zaten.

Ne olursa olsun, bu ilk başarılar, karşılıklı etkiyle biribirini sürükleyen bir teknolojik ilerlemeler, kavramsal gelişmeler yığınıyla ıralanan yepyeni bir çağın başlangıcına işaret etmektedir.

İmgelenebilirin sınırlarının her gün en uzak ufuklara doğru çekildiği uygarlık tarihindeki derin bir devrimin başlangıcıydı bu...

ELEKTRONİK CEP HESAP MAKİNELERİNİN KÖKENLERİ VE GELİŞMESİ

Bundan otuz kırk yıl öncesine dek, hiç kimse günün birinde bir bilgisayarın avuç içine sığacağını aklından geçirmezdi. Ne ki, XX. yüzyılın sonunda, bilgisayarlı hesap makinelerinin ortaya çıkışı sayesinde gerçek oldu bu. Dolayısıyla, hesap makinelerinin başlıca tarihsel aşamalarını özetle de olsa anlatmadan yapay hesap bahsini kapayamayız.

Yaklaşık yirmi yıldan beri küçük elektronik hesap makineleri uluslararası pazarları istilâ etti. Bu makineler, en küçük bir hata yapmadan, olağanüstü bir kesinlikle, yüz kadar rakamlı hesapları yapabiliyor, çok karmaşık problemleri çözebiliyor.

Bu küçük makinelerin şaşırtıcı yetenekleriyle, güçleriyle, hızlarıyla, dakikliklerıyle nasıl donatıldıklarını anlamak için, ortaya çıkışlarını ve gelişmelerinin büyük bir kısmını borçlu oldukları elektronik teknolojisinde yakın zamanlarda görülen ilerlemelere bakmak yerinde olur.

Bu çerçeveli kısım bir bakıma klasik hesap makineleri tarihinin sonucunu oluşturacak ve bu yapıtın çerçevesi içinde ele almadığımız elektronik bilgisayarların teknolojik evrimine ilişkin küçük bir fikir vermeyi sağlayacaktır.

İlk Kuşak Elektronik Hesap Makineleri

Bu tarih aslında 1940 yılının başında, klasik tipteki ilk elektronik hesap makineleri yapıldığı zaman başladı.

İlk elektronik hesap makinelerinden biri, J. Desch, H.E. Kniess ve H. Mumma'nın Birleşik Devletler Ohio Eyaletindeki Dayton'da bulunan NCR laboratu-

varlarında 1942 yılında yaptığı elektronik deneysel "dört işlem" hesap makinesiydi. Ne ki bu makinenin ardından gerçek bir ticarî üretim ancak on yıl kadar sonra geldi ve örneğin ünlü *National Computronic* ile *National Multitronik* üretildi.

Asıl işlevi temel aritmetik işlemleri gerçekleştirmek için elektrik sinyallerini iletmek olan *boş tüplerin* kullanımına dayanan bu hesap makineleri 1930 ve 1940 yıllarının elektromekanik makinelerinden binlerce kez daha hızlıydı.

Ancak bu teknolojinin yetersiz ve zayıf olduğu bir süre sonra anlaşıldı: Lambalar kırılıyor, fazla yer kaplıyor, fazla elektrik tüketiyor ve özellikle pahalı olmak üzere, soğutulmaları gerekiyordu.

İkinci Kuşak Elektronik Hesap Makineleri

Sonraki adım New Jersey'deki Bell Telephone laboratuvarlarında Aralık 1947'de gerçekleştirilmiş bir keşif sayesinde, 1950'li yılların sonunda Birleşik Devletlerde atıldı: Bir devrede elektrik akımının geçtiği yolu kısaltmayı sağlayan, dolayısıyla çok daha az sıcaklık yaratan yarı-iletken *transistör*.

Birkaç kandansatörü, rezistansı ve başka ayrı elektrikli öğeleri bulunan birçok transistörü birleştiren *"basılı" devreler* tekniğini kullanan bu ikinci kuşak elektronik "dört işlem" hesap makineleri, böylece bir dolap büyüklüğünden bir bavul büyüklüğüne indi. Bunlar öncekilere göre daha hızlı, son derece daha güvenilir ve maliyeti bakımından çok daha ucuzdu.

Bu teknolojiyle yapılan ilk hesap makinesi 1959'da İngiliz şirketi Bell Punch and Co.'nun üretip 1963'ten itibaren uluslararası pazara sürdüğü *Anita*'ydı. Tam bir klavyesi ve veriler ile sonuçları okumaya yarayan tek bir gösterici birimi bulunan bu makinede ayrıca her birinde bu verilerin ve sonuçların ışıklı rakamlarının göründüğü, yan yana dizilmiş oniki neon tüp vardı.

1961'de küçük bir klavyesi, üzerinde verilerin ve sonuçların göründüğü, televizyon alıcılarınınkiyle aynı tipte katodik bir tüpü bulunan *Friden 130* çıktı.

Bu tipte birçok makine yapılıp ticarîleştikten sonra, 1960'lı yılların sonuna dek büro hesap makineleri sanayisinin ilkbaharı yaşandı.

Bu makineler, yarattıkları sessizlik (gün boyu eski mekanik ya da elektromekanik makinelerin yarattığı gürültüye maruz kalındığı zaman bu önemli birşeydi) ve işleyişlerindeki pratik kendiliğindenlikle o dönemde kullanıcılar için neredeyse arzulanan ideal haline geldi.

Ama bunlar hâlâ, dükkânlardaki yazar kasalarınkine yaklaşan boyutlarıyla pahalı ve fazla büyüktü.

Üçüncü Kuşak Elektronik Hesap Makineleri

Bu arada 1958'de, yarı-iletkenler alanında, o yıldan itibaren Texas Instruments'te (Texas Instruments o zaman askerlerin başlattığı küçültme ve standartlaştırma hareketine katılan şirketler arasındaydı ve silisyumlu transistörleri geniş çapta üretme işini dünyada ilk kez üstlenerek başarı göstermişti) görevli olan Amerikalı mühendis Jack Kilby'nin *birleşik devreyi* keşfetmesi sayesinde, büyük bir ilerleme oldu.

Elektronik devrelerde hassas transistörlerin ve mekanik bağlantı öğelerinin kullanımını kaldıran yenilik çok önemli sonuçlar yarattı, çünkü artık yüzlerce, hattâ binlerce transistör ve kondansatör son derece küçük bir yer tutan bir kutuya sığıyordu.

Bu arada insanın ilk kez Ay'a gitmesini başarıyla tamamlamış olan Mercury, Gemini ve Apollo programlarını da unutmayalım. Yaratıcısına National Medal of Sciences'ı kazandıran bu temel keşif olmasa, ola ki bu programlar gerçekleşemezdi.

Yarı-iletken bir madenden oluşan *birleşik devre* bir elektrikli çatıda belli bir işlevi (yükseltme, mantıksal işlem, anahtarlama) görmesini sağlayan farklı tipte alanları kapsar.

Otomatik yapay hesap alanında, bu teknoloji makinelerin boyutlarını ve maliyetlerini hatırı sayılır ölçüde küçültmüş, böylece ilk *cep hesap makinelerinin* ortaya çıkmasını sağlamıştır: Bu, olağanüstü bir gelecek vaat eden bir yeniliktir.

İlk Cep Hesap Makineleri

Tarihin ilk elektronik cep hesap makinesi 1960'lı yıllarda Texas Instruments şirketinin laboratuvarlarında doğdu. Araştırmalar o zamanlar bu şirketin yönetim kurulu başkanı olan Patrick Haggerty'nin emriyle 1965'te başlamış, 1966 yılı sonunda deneme niteliğindeki ilk modelin üretimiyle sonuçlanmıştı (bu model halen Washington DC Smitsonian Institution'daki National Museum of American History'de saklanmaktadır).

Bu, klasik hesap makineleri alanında yakında bir devrim başlatacak olan bir kıvılcım oldu. 1967'de küçük makinenin ilkesi ve çeşitli parçaları, *Miniature Electronic Calculator* adı verilen prototipine patent almak amacıyla, Jerry Merryman ve James Van Tassel'ın işbirliğiyle, Jack Kilby tarafından ince ince betimlendi. 1972'deki resmî başvuru üzerine US Patent Office tarafından Texas Instruments'a 3819921 numaralı patent verildi (R. Ligonnière'le kişisel görüşmemden).

Bununla birlikte, Texas Instruments bu tip hesap makinelerini ticarîleştiren ve toptan üreten ilk şirket olmamıştır.

İlk ticarî model 14 Nisan 1971'de Chicago'daki Universal Data Machine Co. tarafından *Pocketronic* adıyla piyasaya çıkarılan 2,5 ons ağırlığında, 150 dolar değerindeki dört işlem makinesiydi. Texas Instruments'tan satın aldığı MOS tipi (metalik oksitli yarı-iletkenler) birleşik devreleri kullanan bu şirket, 1970'li yılların başından itibaren haftada 5000-6000 hesap makinesi üretmeye başladı. Bu makineleri Amerikan Department Stores'lar aracılığıyla pazarlıyordu.

Texas Instruments ise ancak 1972'den itibaren, ilk büyük ürünü olan *Datamath*'i piyasaya sürerek yarışa girmiştir.

Ancak, bu dönemden itibaren rekabet kızıştı. İzleyen yıllarda cep hesap makineleri sanayisinde büyük ilerlemeler oldu. Makineler giderek küçüldü ve fiatları da aynı şekilde düzenli olarak ucuzladı.

Birleşik Devreden Mikroişlemciye

Bu teknolojik ilerlemenin en son aşaması, 1971'de bir belleği, bir giriş ve çıkış aygıtı, bir işletim organı ve bir programlama dizgesi bulunan, belli tipteki işlerin yapılmasında uzmanlaştırılabilen, çok küçük bir hacim üzerinde gerçekleştirilmiş ve çok gelişmiş bir birleşik devre olan *mikroişlemcinin* ortaya konması sayesinde geçildi.

Çok yüksek yoğunluklu (bugün sürekli gelişmekte olan VLSI ya da *Very Large Scale Integration* denen teknoloji) parçalardan üretildiği 1976 yılından beri kullanılan bu önemli yeniliğin çok sayıda alanda uygulamaları olmuştur. Çamaşır makineleri, bilgisayarlar, otomobiller, mikro-bilgisayarlar, sanayi robotları ... bunlar arasındadır. Gerçekte bundan böyle tırnak ucundan daha küçük bir yer kaplayan bir devre üzerine onbinlerce (hattâ yüzbinlerce) bellek konumu yerleştirmek olanaklı hale gelmiştir. Yarattığı olanaklar çok sayıda etkinlikte devrim yaratmış, milyonlarca tüketicinin günlük yaşamını altüst etmiştir.

Cep Hesap Makinelerinin Sayısal Görselleştirme Yöntemleri

Cep hesap makinelerine getirilen başka bir ilerleme de *rakamları görselleştirme* yöntemleridir. 1960'lı yılların elektronik büro hesap makinelerinde, bu sayısal gösterim belli sayıda elektronik tüp kullanarak *ışıklandırmayla* yapılıyordu: Her tüp 0'dan 9'a kadarki rakamların biçimini taşıyan on elektrot içeriyordu; bunların hepsi aynı anota sahipti ama her biri ayrı bir mille bağlıydı.

Gösterim, istenen elektrotu belli bir potansiyele getirerek elektrik akımının içinden geçtiği rakamın çevresinde bir ışık yaratan elektrik boşaltımıyla yapılıyordu.

Ne ki ilk cep hesap makinelerinin ortaya çıkışıyla, teknik kökten bir biçimde değişti; rakamlar artık LED *(Light Emitting Riode)* denen yöntemle, yani gerilim altına sokulunca ışık yayan bir yarı-iletken sayesinde ışıklı göstergede görünüyordu.

Bununla birlikte, 1970'lerin ortalarından itibaren, makine yapımcıları, çok daha üstün, çok daha ekonomik olan LCD *(Liquid Crystal Display)* görselleştirme tekniğini yeğlediler. Bu daha çok *sıvı kristalli gösterim* adıyla bilinir, çünkü likit kristal çok zayıf bir elektrik alanı etkisiyle saydam halden yoğun hale geçer.

Yazıcı Cep Hesap Makinelerinin Doğuşu ve Gelişmesi

Başka bir gelişme de bu makineleri bir *yazıcıyla* donatmak olmuştur. Bu aygıt gerçekte günümüzün çok sayıda mesleği için kaçınılmaz olan birşeyi, hesapların ara işlemleri ile sonuçlarını sürekli olarak saklar.

Kullanılan teknik ilkin elektromekanikti. Ancak sonradan bu teknolojiye dayalı aygıtlarda görülen ağırlık ve yer tutma sorunlarından ötürü bu aygıtın kullanımı terk edildi.

Bu alandaki dikkat çekici yeniliklerden biri de *termik yazıcıların* gelişmesiyle ortaya çıktı. Yazıcı bir kafa kimyasal bir eriyik sürülmüş bir kâğıda ısı aktarır ve böylece yazı karakterleri ya da numaralar kâğıda geçer. Mürekkepli şeridi kaldıran bu teknik böylece aygıtları daha sessiz, daha güvenilir hale getirmiştir.

Cep Hesap Makinelerinin İlk Yapısal Evrimleri

Hesaplama düzleminden bakıldığında, bu makineler yine de belli bir süre çok sınırlı kalmıştır.

Bu makineler, her biri uzmanlaşmış bir mikroişlemciye bağlanmış tuşlarıyla, tam bir güvenlik içinde ve büyük bir hızla dört temel aritmetik işlemi gerçekleştiriyordu. Hattâ kimileri kare ya da küp alma, kare ya da küp kök hesaplama olanağını bile sağlıyordu. Ancak sayım, istatistik ya da elbette fizik yahut matematik alanında en küçük bir karmaşık hesabı yapamadıklarından hâlâ "geleneksel" hesap makineleri kategorisine giriyordu bunlar.

Makine yapımcıları, yeterli bir bilimsel ve teknik ilerlemeyle birlikte, bu makinelere ek fonksiyonlara karşılık gelen belli sayıda tuş eklemeyi akıl ettiler.

Bunlar makinelerin iç devrelerine önceden kaydedilmiş algoritmalarıyla yüzde alma, basit ya da bileşik faiz, yıllıklar, trigonometrik fonksiyonlar, logaritmalar ya da özlü fonksiyonlar gibi hesapları gerçekleştirmeyi sağlıyordu.

Böylece istatistiksel, mâli ya da bilimsel türden cep hesap makineleri doğmuş oldu. Bunlar kullanıcıların gereksinimlerine uyarlanmış, temel değişmezlerin (örneğin π ya da e) belleğe yerleştirilmesiyle giderek daha fazla fonksiyonla donatılmıştı.

Böylece elektronik cep hesap makineleri *Curta* denen silindir şeklindeki taşınabilir mekanik hesap makinelerini ve ağır büro makinelerini geçmişe göndermekle kalmadı, öğrenci, matematikçi, fizikçi, gökbilimci, mühendis, mimar, teknisyen ve endüstri tasarımcısı kuşaklarını öylesine değer verdiği (ya da korktuğu) logaritma cetvellerinin, hesap cetvellerinin egemenliğine kesin olarak son verdi.

İlk Programlanabilir Cep Hesap Makineleri

Bütün bu iyileştirmelere karşın, bu makinelerin hiçbiri elektronik bilgisayarlar ailesine ait olduğunu iddia edemedi; çünkü bunlar ancak çok sınırlı bir problem kategorisini, yapısal bakımdan hangi problemler için tasarlanmışlarsa onları çözmeyi biliyordu.

Bu makinelerin teknik özelliklerine gelince; bir *giriş* aygıtı (tuşlu klavye), bir *çıkış* aygıtı (kimi kez bir yazıcıyla bütünlenen, rakamları görselleştirme aygıtı) ve devrelerle birleşik mikroişlemcilerin çevresine monte edilmiş, çok belirli hesapları gerçekleştirmekle görevli işletim organı olan bir *aritmetik birimine* indirgenmişti.

Ancak bu makinelerin belleği yoktu. Üstelik, zincirleme ya da yinelenen hesaplarda insan işlemcinin sayısız müdahalesini gerektirdiği için incelikten yoksunlardı.

Günlük, bireysel hesapların, saymanlık hesaplarının, malî hesapların gereklerini yerine getirirken, hattâ kimi kez biraz daha karmaşık bazı hesapları yapabilirken, bu makineler bir çokdeğerlinin kare kökünü almak, bir determinant hesaplamak, bir Fourier dizisinin katsayılarını hesaplamak ... gibi *matematiksel hesapları* yapamıyordu. Bunlar o zamana dek büyük çözümleyici hesap makineleriyle, sayım makineleriyle, hattâ orantı pergeli, hesap cetveli, düzlemölçer, integraf, tekerlekli integratör ... gibi âletlerle yapılan hesaplardı.

Yapılacak ne kadar iş varsa o kadar uzmanlaşmış hesap makinesi yapmak yerine, yapısal olarak her çeşit matematiksel hesabı yapmak üzere tasarlanmış *çokişlevli bir hesap makinesi* niye düşünülmesin? 1972 yılı sonunda Hewlett

Packard'ın California'da, Cuppertino'daki laboratuvarlarında söylenen de tam olarak budur. Tarihin ilk *taşınabilir programlanabilir elektronik hesap makinesi* böylece doğmuş oldu.

Bu önemli yeniliğin sonucu olan hesap makinelerinde şunlar vardı:

1- Bir giriş/çıkış aygıtı.

2- Makinenin gerçekleştirebileceği program yönergelerini depolama aygıtı.

3- Yapılan hesapların ara ve son sonuçlarını saklamayı sağlayan bir iç bellek.

4- Program yönergelerince öngörülen hesapların yapılmasını düzenleyen ve denetleyen bir kumanda organı.

5- İstenen hesap sonuçlarını elde etmek üzere dönüştürsün diye makineye verilen verileri kullanan ve gereken aktarım işlemlerini hemen yapan bir işletim organı.

Bilgisayar Hesap Makinelerinin Doğuşu

Ancak bu temel üzerinde ortaya çıkan hesap makineleri, sözcüğün gerçek anlamıyla bilgisayar değildi. Programlanabiliyorlardı ama programlama dizgeleri dıştandı. Bundan ötürü işlemlerin akışını kendi kendine değiştirmek için gerçekleştirilmekte olan programın belirli bir yönergesini bulma yetenekleri yoktu.

İlkin Sharp'ta, sonra Hewlett Packard'da ve bütün öteki şirketlerde gerçek bilgisayar dilleriyle çalışan ve kendi kendine yeni işlevler yaratma olanağı veren ilk kayıtlı programlı programlanabilir hesap makinelerini görmek için 1975-76 yıllarını beklemek gerekmiştir.

Bu ilerleme sayesinde, *matematiksel hesap konusunda evrensel taşınabilir makinelere* ulaşılmıştır. Bir giriş/çıkış aygıtı, bir kumanda organı, bir bellek ve bir işletim organı içeren bu hesap makineleri yönergeleri verilerle aynı şekilde işleme ve bir hesabın ardışık aşamalarını programlama olanağıyla donatılmıştı. Denebilir ki böylece matematiksel fonksiyon-hesapta uzmanlaşmış, küçük bir portföyden ancak biraz daha büyük, ama bu alanda neredeyse aynı adı taşıyan büyük makineler kadar güçlü (sözcüğün gerçek anlamıyla) *gerçek küçük bilgisayarlar* yapılmış oldu. İlk *bilgisayar hesap makineleri* işte böyle doğdu.

Bu hesap makinelerinde artık koşullu çatallanma olanağı vardı. Başka deyişle, herhangi bir program, örneğin bir ara sonuca göre, belli bir anda istediği işleme yönelebilir, hattâ makineyi yeniden programlamaksızın yinelenen bir hesap otomatik olarak yapılabilir.

Bu küçük âletlere yıllar içerisinde getirilen birçok teknik iyileştirmeden bazılarını belirterek bitirelim: Beklemekte olan işlemleri ekranda belirten göster-

geler; girilmesi gereken verinin adını bilmeyi sağlayan göstergeler (özellikle iki değişkenli istatistikler için); frekans göstergeleri; hesapların anlaşılması için gereken her türlü bilgi göstergeleri; pencereli menü dizgeleri; çoklu programlama düzeyleri;....

Matematiksel hesap alanında hesap makinelerini böyle bir evrensellikle donatmak için teknik bilgiden ve elektronik alanında o zamana dek gerçekleştirilmiş büyük teknolojik ilerlemeden yararlanılmıştır elbette, ama, özellikle, gelecek bölümde çok genel bir tanımla başlıca özelliklerini ortaya koyacağımız elektronik bilgisayarların yapısından esinlenilmiştir.

1. Şunu belirtelim ki, burada bütün bu tarih boyunca ortaya konmuş aygıtların, âletlerin ya da makinelerin hatırı sayılır çeşitliliği konusundaki tüm ayrıntıları verme amacında değiliz. Dolayısıyla aşağıda söylenenler klasik, analojik, mekanografik, analitik hesap makinelerinin ilkelerine genel bir giriş niteliğinde görülemez: Böyle bir girişe ciltler yetmez; ayrıca yazarın uzmanlığı da bunun için yetersiz kalır.
Biz yalnızca, birtakım ana kavramlara, kimi temel bilgilere ve *son derece kesin bir terminolojiye* dayanarak, sıkı tanımlarla, okura yapay hesabın tarihinin başlıca aşamalarını, aritmetik ve matematik gösterimlerin ve hesabın tarihindeki mantıksal ilerlemeyi izletmek istiyoruz.
Bununla birlikte, aşağıda *otomatik hesabın tarihine ilişkin daha önce hiç yapılmamış bir sunuşun* yanı sıra *bilgisayar biliminin ve bugünkü bilgisayarların kökenine ilişkin çok daha zengin bir sunuş bulacaksınız*. Bu sunuş, birçok bilim ile tekniğin kavşak noktasında yer alan çokdisiplinli yapısından ötürü, tarihsel olguları üst üste yığmakla yetinmeyecektir. Tam tersine, tamamen zamandizinsel ve çoğu kez kısıtlayıcı olan doğrusal bakış açısından ötürü insan düşüncesinin gerçek ilerlemelerini hiçbir zaman kavrayamamış, dolayısıyla bu çokbiçimli evrimin karmaşıklığını hiçbir zaman ortaya koyamamış klasik sunuşlardan daha anlaşılır, özellikle de tarihsel gerçekliğe daha uygun bir tarih oluşturmak için, bu olguları yeniden öbeklediği ve biribiriyle ilişkilerini kurduğu iddiasındadır.

2. Bize ayrılan yer göz önüne alındığında, aşağıdaki sayfalarda sözü edilen tüm aygıtların, âletlerin, makinelerin, hesap makinelerinin, otomatların ya da bilgisayarların resimlerini koymamız olanaksızdı. Bunlar o denli çoktur ki nesnel, anlamlı ve betimleyici bir bölüştürme kaygısına yanıt verebilmek için gerçek bir albüm oluşturmak gerekir. Bizim amacımız bu değildir; bundan ötürü meraklı okuru kendisine istediği bütün yönlendirmeleri sağlayacak olan Kaynakça'ya gönderiyoruz.
Bu vesileyle, yapay yollardan yapılan hesabın incelik dolu ve karmaşık tarihine ilişkin bu bölümün hazırlanışı sırasındaki tüm yerinde ve yapıcı düşünceleri, gözlemleri, uyarılarından, tüm değerli kişisel görüşlerinden ötürü, Alain Brieux'ge, Jacques Chauvin'e; I. Bernard Cohen'e, Erik Lambert'e, Robert Ligonnière'e, Maurice Margenstern'e, René Moreau'ya, Pierre Mounier-Kuhn'a, François-Henri Raymond'a, Morce Shutzenberger'e, Jean-Claude Simon'a, Gérard Verroust'a ve Remo Vescia'ya şükranlarımı dile getirmek isterim.

3. Bu arada bu tür aygıtlar ile sayı boncuğu ya da sütunlu çörkü türünden antik âletler arasındaki şu temel farkı da belirtelim: Sayı boncuğu ya da çörkü Eskiçağdan beri işlem yeteneği olmayan yazılı sayılamaların yetersizliklerine çare olarak tasarlanmış olduğu halde, bizim burada sözünü ettiğimiz âletler Hint *kökenli dokuz rakam ve sıfırla –bilinçli olarak– yapılan insan hesabının yetersizliklerine* çare olarak düşünülmüştür.

4. Bugün Avrupa'da bilinen ilk tam mekanik saatler şunlardır: Milano San Gottardo şapelinde bulunan, 1335'te Guglielmo Zelandino'nun yaptığı; Southwark'taki (İngiltere) Saint-Paul) katedralinde

bulunan, 1344'te yapılmış olan saat; Pavie şatosunda Giovanni de Dondi'nin 1364'te yaptığı, daha karmaşık ve çok daha dakik olan saat.

5. Bu konudaki ayrıntılar için J. Favier ile R. Thomelin'in çok belgeli yapıtına bakılabilir.

6. Etimolojik olarak, 'analojik' teriminin, Yunanca "orantılı" anlamına gelen *analogos* ile "matematiksel orantı, uygunluk" ve genişleme yoluyla çeşitli anlamlarında "analoji" demek olan *analogia*'dan geldiğini belirtelim.
Bu terim, günlük dilde, farklı şeylere uygulandığında ne özdeş bir anlamı olan ne de tamamen farklı bir anlamı olan sözcüklere karşılık gelir; analog durumlar, analog yapılar, gibi... Örneğin çoğu kez farklı terimleri analojiyi açıkça gösteren bir eğretilemeyle kullanırız: Masanın ayağı, hayvanın ayağı, köprünün ayağı, kazın ayağı, yarışmanın ayağı... Baş ile başkan arasında bir analoji ilişkisi vardır, çünkü baş bedende ne ise başkan da toplulukta odur; göz ile kulak arasında bir analoji ilişkisi vardır çünkü ışık için göz ne ise ses için kulak odur; barometre ile termometre arasında bir analoji ilişkisi vardır, çünkü ilki atmosfer basıncıyla, ikincisi sıcaklıkla aynı ilişki içindedir;... (bkz. P. Foulquié).
Buna karşılık, matematiksel anlamı söz konusu olduğunda *iki ya da daha çok çiftin terimlerini ikişer ikişer birleştiren bağıntıların özdeşliğinden* başka birşey olmayan *orantılılığın analojisi* karşısındayız. Ancak, bu şekilde uygunluk içine sokulan terimlerin özdeş olduğu sonucunu çıkarmamak yerinde olur: 1/3, 2/6, 3/9... üleşkeleri arasında matematiksel eşitlik varsa da, analojik olan bu betimlemeler biçimsel bakımdan özdeş değildir.
Özetle, *analojik* diyen, *özdeş* demiş olmadığı gibi *benzer* de demiş olmaz:
"Bir kol saati bir voltmetreye benzer, ama kesinlikle onunla analog değildir. Bir voltmetre bir elektromıknatısla analogdur, ama onunla özdeş değildir. Kadranlı bir barometre bir duvar saatine benzer, ama burada hiçbir analoji yoktur; buna karşılık, kadranlı bir barometre civalı bir barometreyle analogdur, ama aralarında benzerlik yoktur. Bütün bu örneklerden çıkan sonuç, anlık düzeyinde, benzerliğin çok üstündedir... Analojiyi eksik bir benzerlik olarak düşünmek bir hatadır" (Alain, *Éléments de philosophie*, s. 112).

7. Ayrıca analoji yoluyla akıl yürütmenin her zaman tamamen özel bir düşünce biçimi olduğunu söylemek gerekir.
Gerçi, "analojik sonuç katı bir mantık açısından her zaman kuşkulu kalır... Ancak analoji yoluyla akıl yürütmenin sağladığı uylaşım duygusu karşısında şaşmamak olanaksızdır... Analojinin yararı, herşeyden önce anlamayı sağlaması, az ya da çok sıkı bir biçimde, anlaşıldığı izlenimini uyandırmasıdır" (M. Dorolle, *Le raisonnement par analogie*, s. 170 ve 176-177).
İşte analoji yoluyla akıl yürütme bilimin yöntemleri arasına, bir tanıtlama âleti olarak değil, keşif âleti olarak tam da burada girer (bkz. R. Delteil, in: F. Le Lionnais, s. 48).
Gerçekte analoji yoluyla akıl yürütme, E. Rabier'nin dediği gibi, "önceden yapılması gereken bir tümevarıma dayalı bir tümdengelimdir" (*Leçon de philosophie*, 7. ed., s. 248).
J. Maritain'in dediği gibi, "kuşkusuz onu Tümevarım + Tasım olarak çözümleyebiliriz... Bununla birlikte analoji yoluyla akıl yürütmede evrensel bir yasadan değil, söz konusu iki durumun benzerliğinden geçerek, tikelden tikele doğru sonuç çıkarılır" (*Petite logique*, s. 335).
İşte analojik hesapta mutlak bir tıkanmaya yol açan, tam olarak ondaki bu düşünce tarzıdır...

8. Yine de belirtelim ki, Charles Babbage'in (1791-1871) ikiyüzüncü doğum yılı kutlamaları dolayısıyla Londra Science Museum'da, 1991 yılında Mucitin planlarını ve yalnızca o zamanın teknik öğelerini kullanarak, tamamen mekanik yollardan, *Çözümleyici Makinenin* tam ve işlevsel bir modeli yapılmıştır. Bu, boyutları oldukça etkileyici olan (yaklaşık 2 metre yüksekliğinde), çeşitli aritmetiksel ve matematiksel işlemleri yaparken tamamen güvenilir biçimde işleyen bir makinedir. (Bu arada söyleyelim, bu da uzun süre kabul edilen ve XIX. yüzyıl mekanik teknolojisinin sözde yetersizliğini ileri süren savı resmen ve kesin olarak yanlışlamaktadır; bu teknolojinin gelişmesine de zaten Babbage geniş ölçüde katkıda bulunmuştur).

9. R. Moreau'nun [4] dediği gibi, Stibitz bunu yaparken "mantığı bugün *Boole cebiri* adıyla bilinen çok yalın cebirsel dizgelere indirgeyen büyük İrlandalı mantıkçı George Boole'ün (1815-1864) fikir-

lerini yineliyordu. Bu cebir iki rakam –bütün nesneler kümesini gösteren 1 (bir) ve boş kümeyi gösteren 0 (sıfır)– ve iki işlem kullanır: Boole toplaması ve çarpması denebilen "ve" ile "veya". Bu cebir yayımlandığında pek başarılı olmadı, ama çözümleyici hesap makineleri gerçekleştirilirken büyük bir pratik yararı oldu. Gerçekten, veriler ikili olarak kodlanırsa, açık (0) ve kapalı (1) zincirlerle betimlenebilir ve hesabı modelleştirmek için Boole cebiri kullanılabilir. Bu tip kodlamanın başarısı buradadır."

10. Bu arada bu kongreye bilişim tarihinin iki büyük isminin katılacağını belirtelim: John W. Mauchly ile Norbert Wiener. İlki, tamamen elektronik olan ilk çokişlevli çözümleyici hesap makinesi ENIAC'ın yaratıcılarından biri olacak, daha sonra da tarihin ilk ticarî bilgisayarı olan UNIVAC'ın kaynağında bulunacaktır; 1948'de Paris'te yayımlanan yapıtı gerek makinede gerek hayvanda güdüm ve iletişim kuramı alanında hatırı sayılır bir rol oynayacak olan ikincisi ise bu yapıtın başlığıyla tanımlanan ve bugün kullanılmakta olan *sibernetik* sözcüğünü icat edecektir.

11. "Gerçekte *problem nedir*? 27 sayısını alalım. Hesap makinesinin *kayıtları iki değişmez halden birini* alabilen öğelerden oluşuyorsa, bu sayıyı hesap kayıtlarına girmesi için ikili bir alfabeyle kodlamak gerekir. İki tip olanaklı kodlama vardır. *Mark II*'den beri, ondalık makinelerde, her ondalık rakam en az 4 bitlik [yani en az 4 ikili rakamlı] bir kodla betimlenir. Başlangıçta en sık kullanılan kod *İkili Ondalık Kod* idi. Bu daha çok İngilizce Binary Coded Decimal (BCD) adıyla bilinir. Örneğin 27, 0010 0111 diye yazılır, çünkü 0010 BCD ile 2 sayısını, 0111 ise 7 sayısını kodlamaktadır. İşlemler *hesap makinesince sanki ondalık rakamla çalışıyormuş gibi* yapılır. İkili makinelerde her ondalık sayı ikili eşdeğerine dönüştürülür, böylece 27, 11011 olur. Makine de 22 tabanına dönüştürülen bu sayılar üzerinde çalışır. *Mark II* de BCD'yi kullanan ondalık bir makinedir" (Moreau [4]).

12. Tüplerden biri bir konumda sıfırdayken öteki maksimum gerilimdedir; öteki konumda ise tersi olur, ilk tüp maksimum gerilime çıkarken öteki sıfırdadır: Yani birindeki elektrik gerilimi ötekindeki durumu değiştirir.

13. Böylece makineler ve yapay otomatlar konusundaki düşüncelerin evriminde Torres'in katkısının ne denli büyük olduğunu görüyoruz.
René Descartes'ın *Yöntem Üzerine Konuşma*'sından bu yana yürünen yolun uzunluğunu da ölçmüş oluyoruz. Torres y Quevedo Descartes'ın bu konudaki düşüncelerini şöyle özetliyor:
"Bir hayvanın bedeninin, Tanrının ellerinden çıkmış olduğu için, ölçüştürülemeyecek kadar daha iyi işleyen ve kendi içinde insanın icat edebildiği makinelerin hepsinden daha hayranlık verici hareketleri olan bir makine olarak görülebileceğini güçlük çekmeden kabul eder.
"Bir maymunun ya da aklı olmayan başka bir hayvanın organları ile biçimini taşıyan makineler olsaydı, bu makinelerin her bakımdan bu hayvanlarla aynı yapıda olmadığını kabul etmek için hiçbir gerekçemiz olamazdı" der.
"Ancak Descartes Herşeye Gücü Yeten'de bile aklın yönettiği insan eylemlerini taklit edebilen otomatlar yapma gücü bulunmadığını söyler.
"Örneğin, bir otomatın sözcükleri ya da başka imleri "en seçkin insanların bile yapabileceği gibi söylenecek herşeyi yanıtlamak üzere" kullanabilmesi metafizik bakımdan olanaksızdır der.
"Otomatların konuşabileceğini gönülden kabul eder ama ussal olarak konuşabileceklerini aklından bile geçirmez...
"[son olarak], Descartes otomatın ussal olarak konuşabilmesi için kendi kendine akıl yürütmesi gerektiği, oysa bütün öteki durumlardaki gibi bu durumda da *bir yapıcının onun yerine akıl yürüteceği* düşüncesiyle yolundan sapmıştır."
Bununla birlikte, bugün sibernetik ile bilgisayar alanlarındaki keşiflerin gerçekliği Torres y Quevedo'nun bilimsel kurmacalarını aşmak üzeredir.

14. Kendisinin 1869'da "Mantıksal çıkarımın mekanik bir gerçekleşmesi" olarak yaptığı ve 1870'te PTRSI no 160, s. 497-518'de yayımlanan aynı başlıklı makalesinin konusunu oluşturan *Mantıksal Piyano*'su.

15. Bunlar, aralarında G. Frege, G. Peano, B. Russel, A.N. Whitehead, D. Hilbert, E. Zermelo, E. Steinitz, R. Carnap, E. Artin, K. Gödel, E. Post, S.C. Kleene, A. Touring, A. Church, A. Markov, P.S. Novikov ve birçok başkası ile 1930'lu yıllarda bugün Nicolas Bourbaki sahte adıyla bildiğimiz grubu oluşturan Fransız matematikçileri H. Cartan, C. Chevalley, J. Delsarte, J. Dieudonné ve A. Weil'in bulunduğu XX. yüzyıl mantıkçı ve matematikçilerinin temel katkılarıdır.

16. Burada son derece karmaşık matematiksel sorunlarla ilgili temel, ama çok hassas bir mantık kavramı söz konusudur. Ancak burada onu tanımlayacak değiliz. Sunuşumuz göz önünde bulundurulursa, zaten gerekli de değil. Üstelik bu tanım burada önemli de değil; böyle fonksiyonların varolduğunun ve matematiksel olarak sayılabilir çok belirli bir sınıf oluşturduklarının bilinmesi yeter.

"Ne olduysa o zaman oldu!
Tanrı alçak gönüllü bendenizin
o gününün tamamen
ötekiler gibi olmasını istemedi."
"O gün"
öğrencileri Georges Ifrah'a
yanıtlayamadığı şu soruyu sormuşlardı;
"Efendim, rakamlar nereden geliyor?
Sıfırı kim icat etti?"
Gerçekten, nereden geliyordu rakamlar?
Bu alışılmış simgeler
bize öyle açık geliyordu ki,
onları bir tanrının ya da bir uygarlık kahramanının
eksiksiz bir armağanı olarak
birdenbire ortaya çıkmış sanıyorduk.
Böyle başladı Ifrah'ın serüveni ve 20 yıllık
bir çalışmadan sonra Fransa'da geçtiğimiz yıllarda
büyük yankılar uyandıran,
en çok satan kitaplar arasına giren
"Rakamların Evrensel Tarihi"
adlı eşsiz bir yapıt ortaya çıktı.
Bu kitabı Türk okuruna sunarken,
rakamların binlerce yıllık serüveninin
pek çok kişinin
ilgisini çekeceğini umuyoruz.

ISBN 975-403-037-5
ISBN 975-403-182-7



Fiyatı: 1.400.000 TL (KDV DAHİL)



Basılı fiyatından farklı satılamaz