

A számítástechnika szerepe a korszerű kutatásban*

Csáki Frigyes

A történészek az emberiség nagy korszakait először a szerszámok alapján nevezték el. Így kőkorszakról, bronzkorszakról, vaskorszakról, legújabban pedig a műanyagok koráról beszélnek. Használatos az energia-szemlélet alapján való felosztás is. Az első ipari forradalomtól kezdve írtak a gőzkorszakról, később a villamosság korszakáról, több mint egy évtizede pedig az atomenergia korszakáról. Egy harmadik, legújabb osztályozási szempont az információ-feldolgozás-, továbbítás-, tárolás. Így napjainkat a kibernetika korszakának vagy a számítógépek korszakának nevezik.

Az utóbbi években olyan jelentős és gyors fejlődésnek vagyunk a tanúi, hogy nyugaton egy második ipari forradalomról, a szocialista országokban pedig műszaki-tudományos forradalomról beszélnek. Ennek a műszaki-tudományos forradalomnak egyik alapvető, lényeges eleme a számítógépek elterjedése és kiterjedt alkalmazása az élet minden területén.

Nem feladat most a számítógépek legáltalánosabb alkalmazási területeivel foglalkozni, például a digitális adatfeldolgozással vagy pedig a műszaki felhasználásokkal, hanem csak a tudományos alkalmazásokkal. Eleve leszögezhető, hogy a számítógép nem tud helyettünk minden feladatot megoldani. Ugyanakkor a számítógép igen hasznos segítőtársunk lehet számos feladat megoldásában, gyorsabbá, eredményesebbé teheti munkánkat, és ezzel elősegítheti tudományos kutatómunkánk további fejlődését.

A közölt táblázat alapján összehasonlítható a számítógépek és az ember teljesítőképessége. Világosan megmutatkozik, hogy a számítógéppel tudományos munkánk hatékonysága nagymértékben fokozható. Végül még egy adat!

	Ember	Számítógép	Arány
Olvasás	10 szó/sec	10 000 szó/sec	1 : 1000
Közlés	4 szó/sec	8 000 szó/sec	1 : 2000
Emlékezet	$10 \cdot 10^6$ szó	$1000 \cdot 10^6$ szó	1 : 100
Felhalmozott emlékezet	$3 \cdot 10^{16}$ szó	$3 \cdot 10^{13}$ szó	1000 : 1
Műveleti sebesség	1/sec	10^6 /sec	1 : 1 000 000
Kihasználási fok	25%	98%	1 : 4
Megbízhatóság	10^3	10^{10}	1 : 10 000 000
Térfogatigény	1 dm ³	10 m ³	1 : 10 000
Műveleti költség	5 műv/fill	500 műv/fill	1 : 100

* A Magyar Tudományos Akadémia együttes ülésén 1970. szeptember 30-án tartott előadás rövidített változata.

Az emberiség a természet energiájának felhasználásában körülbelül 250 év alatt jutott oda, ahol napjainkban van: minden egyes emberre kb. 10 „energetikai rabszolga” jut. A számítógépek fejlődése terén sokkal gyorsabb a fejlődés üteme: kb. 25 év alatt jutott el az emberiség arra a szintre, hogy minden egyes főre kb. 10 „szellemi rabszolga” jut. Körülbelül hétévenként megkétszereződik az emberiség energiafejlesztése és felhasználása, ugyanakkor a számítógépek körülbelül kétévenként duplázódnak meg. Itt tehát valóban igen rohamos és gyors fejlődésről van szó.

A számítástechnikának a tudományos kutatásban betöltött szerepét a következő csoportosításban vizsgáljuk meg: 1. A digitális számítástechnika szerepe a klasszikus matematikai módszerek felhasználásában és továbbfejlesztésében. 2. A számítástechnika és a digitális adatfeldolgozás. 3. A számítástechnika felhasználása az identifikációban. 4. A számítástechnika alkalmazása optimalizálási feladatok megoldásában. 5. A számítástechnika felhasználása a szimulációs feladatok megoldásához.

Klasszikus feladatok

A számítástechnikának és numerikus módszereknek fontos szerep jut a közönséges egyenletek és egyenletrendszerek, a közönséges és parciális differenciálegyenletek, differenciaegyenletek és egyenletrendszerek megoldásában, függvénytáblázatok, statisztikai táblázatok kiszámításában, koordináta-transzformációs feladatok megoldásában, nagypontosságú bonyolult számítások elvégzésében, mátrixszámítási módszerek kiterjesztésében, Boole-algebrai feladatok megoldásában.

A részletkérdésekre itt nem térünk ki, csupán annyit említünk meg, hogy a numerikus módszerek elterjedése egészen odáig vezetett, hogy mindazokat a feladatokat, amelyeket régebben analóg számítógépekkel vizsgáltak, újabban digitális számítógépekkel oldják meg.

Igen érdekes feladatok mutatkoznak az úgynevezett szimulációk esetében, amikor a digitális számítógép bizonyos fizikai rendszereket helyettesít. Így például pilóták, űrhajósok kiképzésére nem kell minden esetben valóságos repülőgépet vagy űrhajót alkalmazni, hanem a számítógép elő tud állítani bizonyos helyzeteket, és ezáltal nagymértékben fel lehet használni a kiképzésre. Ezeket hívják determinisztikus szimulációs rendszereknek.

A számítógép másik nagy értéke az, hogy meghatározott modelleket lehet vele megalkotni, rajtuk gyorsabban tudunk lefuttatni egyes folyamatokat és így előre kipróbálhatók bizonyos változatok.

Digitális adatfeldolgozás

A digitális adatfeldolgozás a legnagyobb területe a számítógépek általános alkalmazásának, ez a tevékenység azonban felhasználható tudományos ismeretek megszerzésére is.

A népszámlálási adatok, a szociológiai adatok feldolgozása elsősorban a kormányzati intézkedéseket könnyíti meg, de számos tudományos következtetés is levonható az adatok feldolgozásából.

A másik fontos alkalmazás az információ feldolgozás területén mutatkozik. Annyi közlemény jelenik meg napjainkban egy-egy tématerületen, hogy sok-

szor már a címeket sem vagyunk képesek elolvasni, nemhogy magukat a cikkeket. Információ robbanásról beszélnek. Ebben a dzsungelben bizonyos mértékben megint segít a digitális számítógép, amelyik témák szerint csoportosítja a cikkeket. A számítógép felhasználható a könyvtári listák készítésére is. A könyveket besorolja bizonyos szempontok szerint pl. a—b—c sorrendben a szerzők neve szerint, téma szerint, nyelv szerint, stb. Egy harmadik ilyen lehetőség a könyvtártudomány terén az idézett cikkekről, könyvekről listák készítése. Ilyen módon lemérhető, hogy egy-egy cikknek milyen volt a visszahangja, milyen figyelmet keltett és sokszor ez is befolyásolhatja a további kutatás irányát.

Egy további másirányú lehetőség: egy-egy nyelv betűi gyakoriságának feldolgozása. Így meghatározható a vizsgált nyelv információelméleti entrópiája. Az összehasonlító nyelvtudomány tehát igen hasznos eszközt kap a kezébe, nem is beszélve arról, hogy a már nem beszélt nyelvek jeleinek statisztikus elemzése lehetséges és ebből bizonyos következtetések vonhatók le az illető nyelv megfejtése érdekében.

Hasonló lehetőségek mutatkoznak a szavak elemzése terén. Nemrég jelent meg az Akadémiai Kiadó gondozásában egy úgynevezett szóvég-szótár. Egy ilyen szótár elkészítése a digitális számítógép számára egészen egyszerű feladat lenne, sőt még más szempontok szerint is lehetne csoportosítani a nyelv szavait.

Különösen jelentős a számítógép alkalmazása többnyelvű szótárak kialakításakor is. Az egyes szavak nem fedik pontosan a fogalmakat a másik nyelvben, és a változatok összehasonlításához a digitális számítógép igen hasznos segítőeszköz.

Egy másik érdekes alkalmazási terület mutatkozik a zeneművek elemzése terén. Elég néhány ütemet hallani egy zeneműből, és rögtön bizonyos következtetéseket vonhatunk le a szerző személyére vonatkozólag. Hasonló elemzéseket képes elvégezni a digitális számítógép is, és ez lehetőséget nyújt tudományos következtetésekre, ismeretlen zeneművek besorolására. Sokkal inkább merül fel ez a feladat a képzőművészetek terén a festmények vonatkozásában, amikor meg kell állapítani, hogy eredeti-e egy festmény vagy sem. Itt azonban a digitális számítógép még nem képes olyan eredménnyel fellépni, mint a zeneművek felismerése terén.

Nagyon érdekes alkalmazási terület a daktiloszkópia területe. Közismert, hogy mindenkinek egyéni az ujjlenyomata. Az ujjlenyomatban örvények (fókusok) figyelhetők meg és ágszerű elágazások (delták). Annak alapján, hogy jobbra kanyarodik-e a fókus, vagy balra, nyitott-e vagy zárt stb., osztályozhatók az ujjlenyomatok. Az agnoszkálásban digitális számítógéppel rendkívül gyorsan lehet eredményt elérni. Persze ez elsősorban a bűnüldözés terén jelentkezik, de bizonyos tudományos vonatkozásai is vannak, például a kromoszómadefektusok felismerésében. Ismeretes, hogy mongoloidizmus esetében eltérések mutatkoznak az ujjlenyomatokban. Itt még nagyon sok nyitott kérdés áll megválaszolatlanul a tudomány előtt.

A számítógépes adatfeldolgozás jól felhasználható a klinikai gyakorlatban is. Egy-egy beteggel kapcsolatban rengeteg adat merül fel. Vannak a patológiai laboratóriumból származó eredmények, például a vérsüllyedés vagy a fehér vércsejtek száma stb. vagy biztosítani kell a beteg számára az operációs teremben megfelelő időt, hogy a műtétet el lehessen végezni, végül pedig a betegről zárójelentést kell összeállítani. Egy-egy beteggel kapcsolatban az adatok óriási száma jelenik meg és a digitális számítógép mentesítheti a klinikai személyzet

egy részét a monoton feladatok elvégzése alól. További orvostudományi alkalmazás a sugárkezelés, például mélyen fekvő belső szerveket ingamozgású fejjel sugároznak be. Ilyenkor célszerű kiszámítani milyen területre mennyi sugárdózis esik.

Közismert módszer, amikor izotópokat használnak bizonyos betegségek diagnoszához, például agytumrok felismeréséhez. A számítógépes elemzés eredményeit akár színes TV ernyőjére is ki lehet vetíteni.

A számítógéppel ismeretlen kristálystruktúrák is elemezhetők. A röntgen-diffrakciós kép alapján a digitális gépekkel felrajzoltatható az egyenlő elektron-sűrűségek görbéje és ebből bizonyos következtetések vonhatók le a kristály rácsszerkezetére.

Identifikáció

A számítógépek felhasználásának fontos szerep jut az úgynevezett statisztikus identifikációban. Átlagértékek, varianciák, illetve szórások, korrelációs együtthatók állapíthatók meg, elvégezhetők lineáris és nemlineáris trendszámítások, illetve regressziós analízisek.

A statisztikus adatok feldolgozásakor a természet által szolgáltatott ismeretekből próbálunk következtetéseket levonni, tehát a megfigyelés módszerét követjük. Sokszor azonban mi magunk végezhetünk kísérleteket. Egy újabban kialakuló tudományág: a kísérletek tervezésének módszere megadja, hogyan lehet a legkevesebb kísérlet alapján a legmegbízhatóbb eredményekre jutni. Az ilyen kísérletsorozatok sem végezhetők el természetesen nagy mennyiségben a digitális számítógépek segítségével nélkül.

A statisztikus adatfeldolgozásnak, illetőleg a statisztikus identifikációnak egy újabb területe, amely kimondottan a számítógépek elterjedésével alakult ki, az alakfelismerés és a szituáció felismerés. Egy még fejlettebb módszer az úgynevezett tanuló alakfelismerés. Bár ez nagyon sok lehetőséget rejt magában, napjainkban még gyermekcipőben jár.

Az alakfelismerésnek, a szituáció felismerésnek egyik példjaként a közismert nyelvi fordítást említhetjük meg. Mondjuk orosz nyelven, cirill betűkkel leírunk egy szöveget. Ezt a számítógép megkapja, azután utánaéz a szavaknak egy mágnesszalagra felvitt szótárban, megvizsgál bizonyos nyelvtani szabályokat és végül kiadja az angol szöveget, mint kész eredményt. A számítógépes fordítás azonban ma még meglehetősen nyers, ettől a megoldástól műfordítói eredmények nem várhatók.

Egy másik szituációfelismerési feladat megint az orvostudomány köréből: a súlyosan operált betegek önműködő és folyamatos megfigyelésére. Itt különböző adatokat lehet ellenőrizni: a levegőmennyiséget, a pulzusszámot, a vérkeringés értékeit, az agyhullámokat, és így tovább. Mindezt egy analóg-digitális konverterbe adják be, azután egy számítógépbe kerülnek az adatok. A gép időnként jelentést készít a beteg állapotáról, kinyomatja az adatokat, és amennyiben bizonyos értékek túllépték a határértékeket, akkor jelzés segítségével hívja fel sürgős beavatkozásra az ápoló személyzetet.

A szituációfelismerésnek igen érdekes területe a diagnosztika-készítés. A számítógép nem helyettesítheti ugyan az orvost, de sok segítséget nyújthat. Az első lépés a szimptomák alapján a durva szétválasztás, milyen betegségek vannak kizárva, és milyen betegségek lehetségesek. Ezután újabb adatokat kell megadni, majd újabb szétválasztás következik, és a számítógép, megadja a szóba-

jöhető, illetve a kizárt betegségeket. Végül is az orvosnak kell eldöntenie, milyen betegséggel áll szemben. A számítógép azonban helyettesíthet esetleg egész könyvtárakat, különösen speciális szimptomák, különleges betegségek esetén, és ezzel nagymértékben megkönnyíti a munkát.

Az alakfelismerés használható meteorológiai távjelzésekre is. Ha kialakul mondjuk egy anticiklon vagy ciklon, akkor körülbelül meg lehet jövendölni, hogy az elkövetkezendő 36 órában milyen lesz az időjárás, feltéve, hogy nem áll elő nem várt változás. Itt természetesen nem determinisztikus hanem statisztikus jövendölésről van szó. Kártyákkal rögzítjük az előző napok időjárási helyzetét, a légnyomást, a hőmérsékletet, a nedvességet, a szél irányát, a szél erősségét, tehát a meteorológiai adatokat. Mindezt bevisszük a számológépbe. A számítógép az első nap adatai alapján kikeresi a memóriából azokat a kártyákat, amelyek az első nap adatai szerint megegyeznek, majd kiválasztja a második nap szempontjából is megegyezőket, végül kikeresi azt a kártyát — amennyiben van ilyen —, amelyik a harmadik nap szempontjából is megegyezik. Ha tehát már előfordult egy vizsgált szituáció az adott helyen, akkor a negyedik napra vonatkozóan a gép meg tudja jövendölni a várható időjárást.

Az identifikáció: a szituáció- és az alakfelismerés nagy honvédelmi jelentőségű, különösen a rakéták korában, amikor alig egy negyedóra áll rendelkezésre az ellenséges rakéta felfedezésétől az elhárító rendszer üzembelhelyezéséig és bekapcsolásáig. Ilyen gyorsan emberek nem lennének képesek szituációt felismerni és megfelelő következtetéseket levonni.

Tíz évvel ezelőtt, 1960. október 5-én történt meg, hogy a grönlandi Thule radarállomás a Szovjetunió felől érkező rakétákat jelzett az Egyesült Államok Coloradó-beli központja számára. A biztonsági rendszer egymásután jelezte a szigorúbb készültségi fokokat. Szerencsére más radarállomások segítségével ellenőrizték, hogy tényleg helyes-e a szituációfelismerés. Rövidzárlat és hibás működés következtében valószínűleg meteorok becsapódását érzékelt a jelző rendszer rakétaként. Ha a hibás szituációfelismerés döntésekhez vezetett volna, a következmények rendkívül súlyosak lettek volna.

Egy másik fontos terület a dinamikus identifikáció, amely elsősorban korrelációfüggvényeket használ fel. A korrelációs módszereket gyakran alkalmazzák például a hidrológia területén, vagy az orvosi kutatásban: agyhullámok elemzésében, pl. agydaganatok kimutatására, vagy vérkeringési jellemzők vizsgálatához: a vérnyomás és bizonyos mirigyműködés kapcsolatának a felderítésére. Hasonlóképpen használhatók ipari pl. vegyi vagy hőtechnikai folyamatok elemzésére, vagy akár szabálytalan mechanikai rezgések vizsgálatára. Felhasználják az olajkutatásban a mesterséges robbantással előállított szeizmikus rezgések elemzéséhez. A korrelációs módszert felhasználják a tellurikus áramok és a napkitörések kapcsolatának vizsgálatához. Sikerült például kimutatni, a napkitörések és a föld forgási rendellenességeinek bizonyos kapcsolatát.

Optimalizálás

Akár mérnöki feladatok megoldásáról, akár más tudományos feladatok megoldásáról van szó, mindig optimális megoldásokra törekszünk. Az optimalizáló módszereknek több változatuk van. Az első az úgynevezett lineáris programozás. Megoldására a matematikai módszerek egész serege áll rendelkezésünkre. Példaként a legjobb takarmány elkészítését említhetjük, amikor

is különböző összetételű terményekből illetve termékekből zabból, kukoricából, szójababból, hallisztból, csontlisztből, stb kell előállítanunk a takarmányt. Mindegyik anyag meghatározott összetételű, például a fehérje, a szénhidrát, a vitaminok, a rostanyagok szempontjából. Úgy kell előállítani a kívánt összetételű takarmányt, hogy a költségek minimálisak legyenek. Ez a bonyolult számítás gyakorlatilag csak számítógéppel végezhető el.

Egy másik optimalizálási eljárás a próbálkozás módszere: több változatot vizsgálva megállapítjuk melyik változat a legmegfelelőbb. Példaként a kórházi terv-pályázatok eldöntését említhetjük. Meg kell keresni azt a megoldást, amikor a professzor a lehető legkevesebbet mozog és a leghamarább ér a tett helyszínére, például az operációs terembe, míg a kevésbé lényeges alkalmazottak mozgása szabadabb lehet, nagyobb távolságokról jöhetnek, stb. Tétélezzük fel, hogy a fizetések kifejezik az egyes személyek jelentőségét. A fajlagos fizetéseket megszorozva a megteendő távolságokkal, és a gyakoriságokkal végül is folyóméter-forint értékeket kapunk. Amelyik pályázatnál ez az érték a legkisebb, az a legjobb az objektív mérőszám szempontjából. Egyéb szempontokról pl. a homlokzat kialakításáról, színhatásokról, világítási hatásokról stb. itt nem beszélünk. Hasonló számítási problémák merülnek fel a korszerű várostervezésben is.

A változatok kipróbálásának egy további példája a keresztezési feladatok megoldása. Például hibrid kukorica fajtát kell kitenyészteni. Minden egyes fajtának vannak bizonyos sajátosságai, például a fehérjetartalom, az olajtartalom, a hernyókkal szembeni ellenállóképesség, a fagyállóképesség stb. Tegyük fel, hogy a kiinduláshoz 50 fajta áll rendelkezésre. A Mendel-Morgan törvény szerint az első szinten körülbelül 1200 keresztezést kellene elvégezni, a második generációban pedig kb. 700 000-re szaporodik fel a keresztezések száma és így teljes lehetetlenség lenne a változatokat a valóságban mind kipróbálni. De ha a számítógépnek feladjuk a feladatot, a gép kikeresi a reményre jogosító keresztezéseket és végül megad nekünk húsz vagy ötven vagy esetleg száz olyan kereszteződési utat, amelyek alapján a legjobb fajtát ki lehet választani, és már csak az van hátra, hogy ezeken végezzük el a valóságos kísérleteket.

Csak röviden említjük meg a dinamikus programozás, a variációszámítás, maximum és minimum elv módszerét, amelyek egyre inkább terjednek, nemcsak az automatikában, hanem a közgazdasági életben is, és egyre nagyobb jelentőségre tesznek szert más tudományágakban is.

A bonyolult optimalizálási feladatok például a közlekedésben: a repülőgépírányításban, az űrhajózásban gyakorlatilag csakis számítógépek segítségével oldhatók meg.

Statisztikus szimuláció

A statisztikus módszerek egyre inkább elterjednek. A közgazdasági tudományokban napjainkban minőségi változás emiatt következik be. Eddig a közgazdasági tudományok csupán a megfigyelésre szorítkoztak, de semmiképpen sem támaszkodhattak a kísérletezés módszerére. Most viszont, amikor a digitális számítógép segítségével statisztikus szimulációt vagyunk képesek végrehajtani, lejátszhatjuk a legkülönbözőbb folyamatokat, például egy áru piaci bevezetésének folyamatát vagy egy árleszállítás menetét. Ki tudja például megmondani, hogy holnap a mini, a midi vagy a maxi szoknya lesz-e a divat? Statisztikai alapon azonban bizonyos következtetéseket lehet le-

vonni, és ha helyesen ítéljük meg a statisztikus változókat a könnyűipar fejlesztési irányára következtethetünk. Számos ilyen szimulációs „játék” van, kezdve a manager-játékoktól egészen a honvédelmi játékokig. Például egy háborút elvileg le lehet játszani a számítógépen, feltételezve, hogy a találatok bizonyos statisztikus valószínűséggel következnek be és meghatározott számú fegyvere van a szembenálló feleknek. A közgazdaságtanban a szimulációs feladatok megoldására külön módszerek, például az ún. montecarlo-módszerek fejlődtek ki. A digitális számítógépek nélkül nem is gondolhatnánk hasonló feladatok gyakorlati végrehajtására.

*

Az elmondottak korántsem törekedtek teljességre, inkább csak kiragadott példák voltak. Számos feladatra a korszerű számítógépeken, így például azon a számítógépen, amelyet a Magyar Tudományos Akadémia helyez rövidesen üzembe, egy CDC 3300 típusú számítógépen, kész programkönyvtárak állnak rendelkezésre.

Marx tanítása szerint az egyes társadalmi formákat nem az különbözteti meg egymástól, hogy mit termeltek, hanem az, hogy milyen eszközökkel és milyen módszerekkel termelték azt. Hasonlóképpen az egyes tudományos korszakokat talán nem az fogja megkülönböztetni egymástól, bár ez is igen jelentős, hogy milyen kérdésekkel foglalkoztak, hanem hogy ezeket a problémákat milyen módszerekkel próbálták megoldani.