

DR. VERES GYÖRGY

**AZ ELEKTRONIKA
FEJLŐDÉSTÖRTÉNETÉNEK ÁTTEKINTÉSE
TUDOMÁNYMETRIAI MEGKÖZELÍTÉSBN**

**THE OUTLINE OF THE DEVELOPMENT
OF THE ELECTRONICS
IN SCIENCE-MEASUREMENT APPROXIMATION**

A tudomány, az egyes tudományágak fejlődése napjainkban, korábban soha nem tapasztalt növekedési tempót produkál. Ezen belül különösen szembetűnő és mindenki által kézzelfoghatóan tapasztalható fejlődés zajlott le és zajlik napjainkban is a szemünk előtt az elektronika területén. Az elektronika ma már életünk minden területén jelen van, kiszolgál, elkényeztet bennünket. Egyre újabb területeken könnyíti meg életünket, mivel újabb és újabb meglepő képességeket mutat fel. Az alábbiakban ezt a fejlődési tempót igyekszem bemutatni a fejlődés dinamikáját tükröző adatok segítségével.

Nowadays the development of science and certain disciplines produces a never before experienced, rapidly increasing rate. An especially striking and obvious progress has been taking place in the field of electronics. Electronics is present in every field of our life serving and spoiling us. This discipline makes our life easier in every way, showing another new capacities all the time. I am going to present this development and its impetus with the help of data.

A tudományos technikai forradalom már a középkorban elkezdődött és azóta megszakítás nélkül tart, fokozatosan gyorsul, fejlődésének dinamikája napjainkban már szinte ijesztő mértékűvé vált. A tudományos eredmények rögzítése, fennmaradásuk biztosítása írásbeliséget igényelt. Ezen a területen kezdetben mi magyarok elég rosszul álltunk. Csupán a XIV. századtól kezdve tűntek fel a különböző európai országok egyetemlein a tehetősebb magyar családok gyermekei, majd mint ismert, különösen Zsigmond és Mátyás király uralkodásának ideje alatt beköszönött hazánkba is a reneszánsz kultúrája és művészete.

Amíg a XV. század közepén, a könyvnyomtatás feltalálásának idején Európában évente körülbelül 1000 új könyv jelent meg, a XVIII. szá-

zadszázadban évente kevesebb, mint száz új tudományos eredeti munka látott napvilágot. Az 1950-es években viszont már körülbelül 120 000 új publikáció címe jelent meg Európában évente.

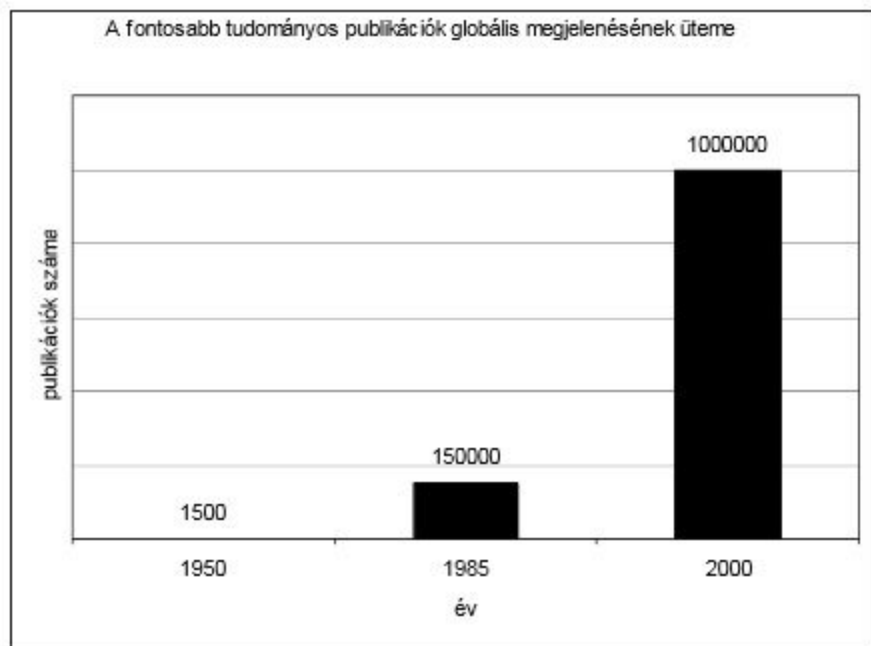
Napjainkban, világviszonylatban évente körülbelül 60 millió nyomtatott oldallal növekszik a tudományos és műszaki irodalom. Nyilvánvalóan nem minden könyv vagy egyéb kiadvány gyarapítja teljes terjedelmében a tudásunkat, de a kiadványok növekvő volumene egészen biztosan kihat az emberi tudáskapacitás növekedésére.

Az emberiség rendelkezésére álló tudásmennyiség már a XIX. század elején meghaladta az emberi agy befogadóképességét. A XIX. század vége előtt egy ember még képes lett volna arra, hogy élete folyamán befogadja az egy kiválasztott év alatt megjelent új tudományos eredményeket.

A most mögöttünk hagyott XX. Században valamennyi tudományterület minden korábbinál dinamikusabb fejlődésének lehettünk tanúi. Különösen szembetűnő volt ezeken belül az elektronika fejlődése, amely az elmúlt 50 évben rendkívül dinamikus növekedési tempót produkált, gondoljunk csak például a hangtechnika, a videotechnika és a digitális számítógép fejlesztése területén tapasztalt újabb és újabb eredményekre! [1]

A tudományos kutatók, tudósok megfigyeléseikből és következtetéseikből szerzik azokat az ismereteket, amelyek feltárásával hozzájárulnak az emberiség által összegyűjtött tudásmennyiséghez. A felmérések szerint, a másoktól szerzett ismereteiknek 50 %-át öt legfontosabb és rendszeresen olvasott szakfolyóiratból merítik. Az ismeretek 25 %-át tizenöt átlapozott vagy szemlézett szakfolyóiratból nyerik, további 25 %-hoz pedig különböző tárgyalásokon, tanfolyamokon, rendezvényeken és egyéb személyes kapcsolat formájában jutnak hozzá.

A tudomány fejlődésének dinamikáját és a megjelenő publikációk számának növekedési ütemét (1. sz. ábra) figyelembe véve, a kutatóknak naponta 100 órát kellene publikációk olvasására fordítani. Erre sem idő, sem lehetőség nincs (szeretném kihangsúlyozni, hogy az 1. ábra a tartalmilag fontosnak minősített publikációk megjelenési ütemét mutatja be). Statisztikai adatok szerint 500 szakfolyóirat áttanulmányozása során csak 20 cikkből nyerünk fontos új információkat, és ezek között is csak 1-2 olyan új információ van, amely értékes és felhasználható. [2]



1. sz. ábra. A fontosabb tudományos publikációk globális megjelenésének üteme

Mint ismert aktív elemként 1948-ig csak az elektroncsövet ismertük, a tranzistor 1948-ban történt felfedezése, a diszkrét félvezető elemek megjelenése után a félvezető technika rohamos fejlődésnek indult és hamarosan megjelentek az integrált félvezető kapcsolások.

Az elektroncsövek fejlődése körülbelül 40 évet vett igénybe és ennek a fejlődési ciklusnak az egyes fázisai (anyagok, csövek, kapcsolások, rendszerek kifejlesztése) jól elkülönülnek egymástól. A tranzistorok fejlődése viszont mindössze 20 évig tartott és az egyes fejlődési szakaszok átfedték egymást. A félvezetős integrált áramköri technikánál a fejlődési szakasz csak 4 évet vett igénybe.

A fejlődés fogalmát tehát az egyes tényezőknek az idő függvényében való változásaként foghatjuk fel. A paraméterek azonban nem csak mennyiségi, hanem minőségi jellemzőket is tartalmaznak. [3]

A kultúra széles körű terjesztésében rendkívül nagy szerepe van az elektronikus készülékeknek, a rádióknak, televízióknak stb. Az elektronika további fejlődésében jelentős állomás volt az ipari elektronika térhódítá-

sa, ahol a megoldásra váró feladatok következtében egész sor új tudományág jött létre. Ilyen tudományág a logikai elektronika, melynek tulajdonságaihoz legjobban a digitális technika alkalmazkodik. A következő nagy előrelépés a számítógép megjelenése, amihez jelentős mértékben hozzájárult Neumann János magyar származású matematikus a programvezérlésű digitális elektronikus számítógép megalkotásával. Ez új távlatokat nyitott az elektronika további fejlődésében.

Az elektronikus adatfeldolgozás, folyamatszabályozás, a számítógépek, az összetett tudományos feladatokat megoldó berendezések elterjedése és továbbfejlesztése alapjaiban változtatja meg az ipart, a mezőgazdaságot, az oktatást, gyógyászatot, az adminisztrációt és fokozatosan átszövi társadalmi, gazdasági életünket. A számítógépek alkalmazása a társadalmi-gazdasági jelenségek és a hadügy területén új vizsgálati lehetőségeket tár fel, melynek segítségével új módon lehet előrebecsülni a társadalmi folyamatok eredményeit, és következtetni lehet arra, hogy milyen új társadalmi folyamatok kialakulása várható a jövőben. Statisztikai adatok alapján kimutatták, hogy a fejlett ipari országokban gyártott elektronikus termékek érték szerinti 70-80%-a olyan, amelyek létezéséről 10-12 évvel ezelőtt még nem tudunk. Az elektronika térhódítása a műszaki-gazdasági folyamatokban, a hadügyben minőségi változásokat eredményez, megsokszorozza a fizikai és szellemi munka termelőképességét, a haderő alkalmazásának hatékonyságát.

Forradalmi jellegű változásoknak lehetünk tanúi a műszaki hadtudomány területén is. Az elektronika, ezen belül mindenekelőtt a digitális technika dinamikus fejlődése új, minden eddiginél hatékonyabb, nagy találati pontosságú, precíziós fegyverek kifejlesztését tette és teszi lehetővé. Új fogalmakkal ismerkedhetünk meg, mint például a digitális hadszíntér, a „halott nélküli” háború, a digitális hadsereg a digitalizált katona stb.

Az elektronika fejlődésének újabb fázisában a digitális számítógépek technológiai kivitelezhetősége, az egyre nagyobb integráltsági fokú áramkörök kifejlesztése és ipari méretű gyártása jelentette a következő problémát. Ismeretes, hogy hagyományos alkatrészekkel már egyszerű logikai feladatok megoldása is nagyon nagy mennyiségű elektroncsövet, kondenzátort, ellenállást és egyéb alkatrészt igényel. Az ilyen alkatrészekkel felépített elektronikus programvezérlésű számítógépek több szobát betöltöttek, energiaigényük jelentős volt, a megépítésükhöz felhasznált alkatrészek nagy száma miatt problematikusá vált bonyolultabb berendezések készítése.

A legelső, kizárólag elektronikus elemekkel felépített számítógép az ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator) volt. Ezt Neumann János (1903–1957) matematikus elgondolása alapján építették meg, és 1944 végén helyezték üzembe. Ez a gép 18 000 db elektroncsövet tartalmazott. Ezek beszerelésére 500 000 ponton kellett forrasztani, és csupán a forrasztási helyek előkészítése 2 évig tartott. A gép 100-150 kW elektromos energiát fogyasztott. Elhelyezésére 9x15 méter nagyságú teremre volt szükség, a súlya pedig 30 tonna körül volt. [4]

Neumann 1946-ban közzé tett elgondolásai szerint (melynek egyik legfontosabb eleme a *tárolt program* alapján működő számítógép) továbbfejlesztették az ENIAC-ot és 1949-ben működésbe helyezték az első digitális komputert, az EDVAC-ot (Electronic Distrete Variable Automatic Computer), melyet a belső programtárolási koncepciónak megfelelően építettek meg. Ezt a gépet — ugyanúgy mint az ENIAC-ot — a Moore School of Electrical Engineering munkatársai tervezték, de az EDVAC igen jelentősen különbözött attól. A legfontosabb eltérés az volt hogy ez a gép már tárolt programozású volt. Az EDVAC-ba beépítettek 19 különböző típusú, 3560 db vákuumcsövet, 8000 db kristálydiódát 1325 db mágneses elemet, közel 5500 db kondenzátort, 12 000 db ellenállást és 320 db neont. Az EDVAC 50 kW-ot fogyasztott és közel 50 négyzetméter területet foglalt el, súlya közel 8 tonna volt. [4]

A további erőfeszítések a technológiai tökéletesítésre irányultak. Megértett az új technológiák kidolgozásának tudományos és gazdasági előfeltétele. Ez a szükségszerűség ösztönözte a technológusokat és megszületett az új felfedezés, amit az elektronfizika, szilárdtest-fizika, kémia és a többi társtudományokban elért eredmények tettek lehetővé. A kutatási eredmények oda vezettek, hogy az anyag szerkezetéből eredő tulajdonságok felhasználása alapján valósult meg a félvezető technológia. Az integrált áramköri vezetópályák, illetve tranzisztor-egyenértékű alkatrészek méreteinek csökkenése következtében az elektronika az ún. „mikrovilágból” átkerült a „nanovilágba”, és ma már a mikroelektronika helyett nanoelektronikáról beszélhetünk. A digitális technikai berendezéseket, a számítógépeket alkotó nagy számú áramkörök néhány különböző áramkörcsaládból tevődnek össze, melyek minden digitális készülékre vonatkozóan azonosak lehetnek. A digitális technika lehetővé tette az áramkörök szabványosítását, s ezzel az egységáramkörök tömeggyártását.

Az integrált áramkör-technológia tette lehetővé a korszerű számítógépek gazdaságos gyártását. A számítógép széles körű alkalmazása teszi

lehetővé, hogy egyre több ember foglalkozzon szellemi munkával, és hogy a tudományos munka eredményei a társadalmi élet minden területén gyorsan és hathatósan elterjedjenek.

A digitális rendszertechnika igényének kielégítésére megvalósították a nagy kapacitású, gyors és olcsó félvezető memóriákat. A memória gyártó cégek a MOS-LSI technológiai lehetőségeinek birtokában olyan vezérlőegység kifejlesztését tűzték ki célul, amely a táruk alkalmazási lehetőségét kibővíti, így jött létre 1968-ban a mikroprocesszor.

Forradalmi változást jelentett a nagykapacitású memóriák kifejlesztése, alkalmazása és a mikroprocesszorok megjelenése. Ezek jelentős strukturális változást idéztek elő a számítógép vezérlőegységében és a digitális célberendezésekben, de nemcsak egy-egy berendezésen belüli strukturális változást eredményeztek, hanem létrehozták a berendezések strukturális közeledését is.

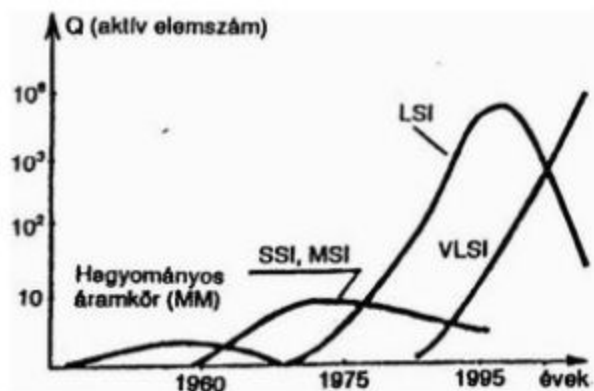
A számítógépek szerepe jelentős a felgyorsult információ-áramlásban, az ismeretanyag feldolgozásában, mert ez által az ember fejlődésének új korszaka bontakozik ki. Ahhoz a minőségi ugráshoz, ami a természet és a társadalom mozgástörvényeinek megismerésében bekövetkezett, az informatika adja a lehetőséget. Ennek következtében a klaszikus gépi nagyiparra alapozott civilizációt felváltja egy újabb és fejlettebb műszaki civilizáció, amelynek a fejlett tudomány intenzív és széleskörű alkalmazása lesz az alapja. Egy új típusú társadalmi-termelési korszak fog kialakulni, amelyet egyes szakirodalmakban információs korszaknak, illetve információs társadalomnak neveznek. [2]

Egy fejlődési folyamat elemzéséhez a gazdasági mozgások időbeli és térbeli törvényszerűségeit kell megtalálni. A gazdasági változások gyakorlatában folyamatos és szakaszos mozgási formákat különböztetnek meg. Folyamatos változásnak tekinthető például az egyes gyártástechnológiák aprólékos, állandó jellegű fejlesztése, a rész megoldások tökéletesítése. Szakaszos, ugrásszerű emelkedést váltanak ki az olyan nagy sikerű találmányok, mint a tranzisztor, integrált áramkör mikroprocesszor stb. A folyamatos fejlődést például analitikus függvényekkel lehet kifejezni, az idősorok extrapolálására használt trend-vonalak egyenleteivel.

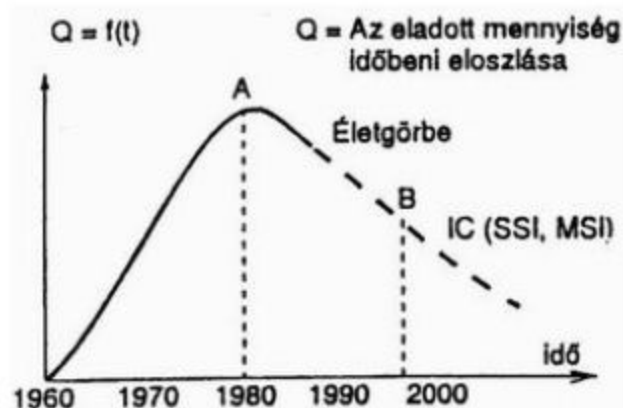
A gazdasági növekedés trendjeit lineáris, exponenciális vagy hatvány-függvényekkel számíthatjuk. Feltételezve, hogy a szintnövekedés lineáris $y = f(t)$ -re az extrapoláció: $y = y_0 + bt$ ($t =$ idő, $y_0 =$ bázis-szint, $b =$ az éves állandó növekmény). Exponenciális szintemelkedésnél $y = f(t)$

extrapolációja: $y = y_0(1+p)^t$ (p = az éves növekedési ütem). Hatványfüggvénnyel közelíthető az extrapoláció, ha az évi növekedési ütem nem állandó, hanem monoton növekvő vagy csökkenő érték-sorozat $y = f(t)$, $y = a \cdot t^b$ ($a \rightarrow$ a technológiai tényezőktől függő konstans). [5]

A szakaszos fejlődés-ugrások esetén a fejlődés tendenciáinak vizsgálatára a szakirodalom a burkológörbe extrapolációs eljárást ajánlja, amire akkor van lehetőség, ha az egyes lépcsőket reprezentáló eszközök, eljárások, paraméterei, meghatározó fő tényezői, részfejlődési szakaszai, gyakorlati lehetőségei, megoldásai stb. egységes rendszert alkotnak. Az elektronikus áramkörök technikai fejlődése során — különösen a digitális áramkörök tekintetében — a folyamatos minőségjavulás mellett egy-egy új rendszertechnikai megoldás, például az integrált áramkörök megjelenése és az integráltsági fok folyamatos növekedése, alapvető változásokat hozott létre. Az integráltsági fok időbeli változását mutatja be a 2. sz. ábra.

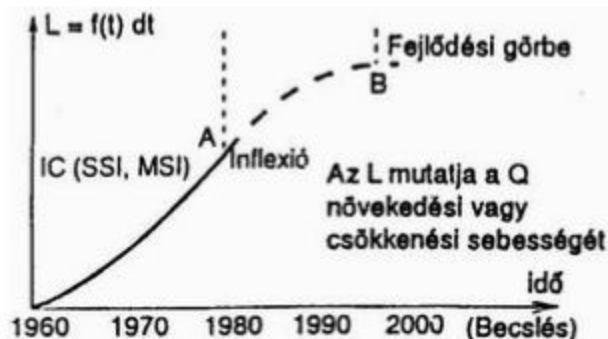


2. sz. ábra.
Az integrált áramkörök integráltsági fokának időbeli változása (életgörbéje) [5]



3. sz. ábra.
Az SSI, MSI integrált áramkörök életgörbéje

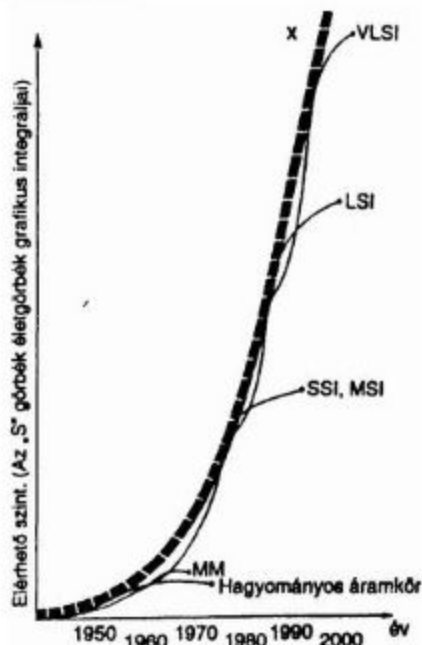
Az életgörbékől (3. sz. ábra), illetve az azokból létrehozott empirikus sűrűség-függvények grafikus integráljával nyert fejlődés-görbékől az úgynevezett S görbékől (4. sz. ábra) szerkeszthetjük meg az X trendvonalat (5. sz. ábra). Az X trendvonal — a tudományos technikai fejlődés trendje — az egyes minőségi változást jelentő bonyolultsági foknak vagy egyéb, még korszerűbb megoldásnak (molekuláris elektronika, biochip stb.) megfelelő fejlődési görbék burkoló görbéje.



4. sz. ábra
Az életgörbékől szerkesztett fejlődési görbe [5]

Az ábrákon szereplő jelölések:

- SSI —
Small Scale Integration —
alacsony integráltsági fok;
- MSI —
Medium Scale Integration —
közepes integráltsági fok;
- LSI —
Large Scale Integration —
nagy integráltsági fok;
- VLSI —
Very Large Scale Integration —
nagyon nagy integráltsági fok.



5. sz. ábra. A digitális áramkörök fejlődésének burkológörbéje [5]

A burkológörbéből leolvasható, hogy az integrált áramkörök területén az egyre rohamosabb fejlődés következtében, egy-egy alapvető változást jelentő technológiai „ugrás” jelenleg kb. 5-6 évenként következik be, ami várhatóan csökkenni fog.

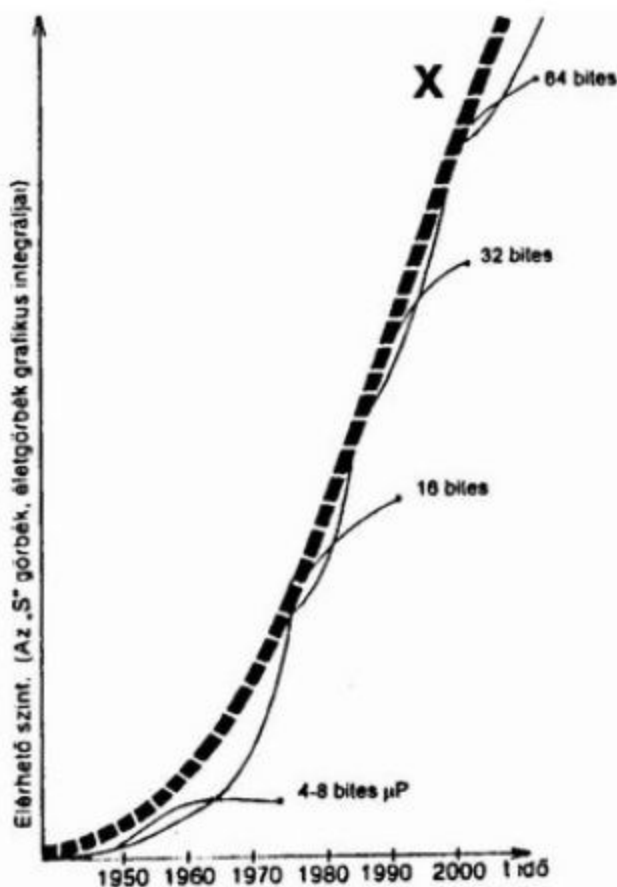
A burkológörbe alapján megítélhető:

- a várható élettartam;
- az erkölcsi elavulás ideje;
- mi az az időhatár, ameddig érdemes egy technológiai kutatás-fejlesztési munkálatait elkezdni?
- mikor, milyen rendszerre vagy technológiára érdemes licencet vásárolni?
- mi az az optimális időhatár, ameddig egy már elkezdett témát folytatni szabad?
- mikor kell abbahagyni egy technológiai irányzat fejlesztését, mert az a rohamos fejlődés következtében már elavultnak mondható?
- várható-e, hogy a kérdéses termék gazdaságilag sikeres lesz?
- mi az az időhatár, ameddig a termék gyártása még gazdaságos lehet?
- mekkora a kockázat stb.? [5]

A burkológörbe-extrapoláció segítségével biztosítani lehet az általános megítélés lehetőségét és azt, hogy az átlagszínvonal által diktált gyors fejlődési ütemnek megfelelően végezzük el a szükséges változtatásokat.

Hasonló eljárással lehet megszerkeszteni a számítógép-rendszerek fejlődési sebességét prognosztizáló X trendvonalakat, amit a 6. sz. ábrán mutatok be. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a burkológörbe extrapolációs eljárást széles körben lehet alkalmazni, amikor lehetőség van arra, hogy megállapítsuk az egyes fejlődési lépcsőket reprezentáló eszközök, eljárások paramétereit szakaszait, gyakorlati megoldásait, és megállapítható, hogy ezek egységes rendszert alkotnak.

Az ultraszuper számítógépek — 18 000 milliárd lebegőpontos számítási művelet másodpercenként — megalkotása ma már lehetővé teszi atomrobbantások számítógépes szimulációját, hosszútávú, bonyolult időjárási előrejelzéseket, atommag és DNS kutatást stb., sőt az emberi döntéshozatal agyi folyamatainak modellezését is. Az információs technológiák fejlődése következtében már napjainkban is olyan adatátviteli rendszerek (infrastrukturák) és módszerek állnak rendelkezésünkre, amelyek segítségével például az adatátvitel sebessége 100 Terabit/sec körüli értékű, a globális helymeghatározó rendszer (GPS) felhasználásával valamely tárgy helyzete akár mm-es pontossággal is meghatározható. [2]



6. sz. ábra.
A számítógépek
fejlődésének
burkológörbéje
[5]

A számítógépek és az információs infrastruktúra szédületes tempójú fejlődése teremti meg a jövő modern hadseregének, a digitális hadseregnek a műszaki bázisát. Azt, hogy a digitális hadsereg nem csak a hadtudomány bizonyos részterületeit művelő szakemberek és tudósok fantáziájában létező fikció, bizonyítják az USA hadseregének két iraki, illetve afganisztáni és szerbiai hadműveleteinek szemünk előtt lezajlott légi csapásai (az már csak „hab a tortán”, hogy ezeket, illetve ezek fontosabb mozzanatait „fotelben ülve” kísérhettük figyelemmel!).

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Melezinek, Adolf: Mérnökpedagógia. Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár, Budapest, 1989.

- [2] Dr. Várhegyi István–Dr. Makkay Imre: Információs korszak, információs háború, biztonságkultúra. Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár, Budapest, 2000.
- [3] Szemelvények a tudománymetria témaköreiből. Összeállította Dr. Szilágyi Tivadar (Dr. Bujdosó Ernő: „Bibliometria és Tudománymetria” című könyve alapján. Budapest, 1986.) ZMNE, Budapest, 2003.
- [4] Veres György: Digitális technika III (mikroszámítógépek). Főiskolai jegyzet, ZMNE, Egyetemi Kiadó, 2004.
- [5] Internet: www.gdf-ri/TARGY/Diplgyak/6f.doc.