

BORBÉLY ÉVA*

Számítástechnika-történet konstruktivista nézőpontból

A 80-as évek elején megjelent egy irányzat, amelynek célja a tudományszociológiában kifejlődött új eszmék alkalmazása a tudomány- és technikatörténeti munkákban. Az irányzat „konstruktivizmus” néven vált ismertté. Egyik ága a SCOT (Social Construction of Technology). Az irányzat alapgondolata szerint a tudomány és a technika „társadalmi konstrukció” eredménye. A szerző a SCOT modellt a számítógép fejlődésének vizsgálatára alkalmazta. Megállapításai szerint a SCOT modell magyarázattal szolgál az egyes korszakokra jellemző számítógép-típusok fejlődésének miértjeire, de az még további elemzéseket igényel, hogy az egyes típusok közti átmenet leírására használható-e?

L. BEVEZETŐ

A 80-as évek elején megjelenik egy irányzat, amelynek célja a tudományszociológiában kifejlődött új eszmék alkalmazása a tudomány- és technikatörténeti munkákban. Az irányzat röviden csak „konstruktivizmus” néven vált ismertté, amely a későbbiekben az alkalmazott módszerekre utaló elnevezéseket viselő ágakra szakadt, mint pl.: SCOT (*Social Construction of Technology*), ANT (*Actor-Network-Theory*). Az irányzat alapgondolata, miszerint a tudomány és a technika „társadalmi konstrukció” eredménye, BERGER-LUCKMANN 1966-ban megjelent szociológiai munkájára vezethető vissza.

Ezen iskola megalapítói a technikatörténész THOMAS P. HUGHES, a technikasociológus WIEBE BIJKER és a tudományszociológus TREVOR PINCH. Első tanulmánygyűjteményük *The Social Construction of Technological Systems* címmel jelent meg 1989-ben.

Az iskola képviselői által hirdetett irányzat nem feleltethető meg sem egyszerűen a tudományfilozófiának, sem a technika-szociológiának, sem a tudomány- vagy technikatörténetnek; sokkal inkább e tudományterületek határain mozgó, *multidiszciplináris* tudomány. A konstruktivizmus alapeszméje: a tudományos és technikai fejlesztések társadalmilag felépített jelenségek, amiből szükségszerűen következik, hogy mindig történeti, politikai és kulturális környezetbe ágyazva tárgyalhatók.

2. SCOT (SOCIAL CONSTRUCTION OF TECHNOLOGY)

A modellt Trevor Pinch és Wiebe E. Bijker [5] munkássága nyomán ismertetem¹, az alábbi lényeges gondolatok kiemelésével:

1. A technikai termékek társadalmi konstrukciók.
2. A technikai termék fejlődési folyamatát úgy írhatjuk le, mint felváltva történő variáció és szelekció láncolatát.
3. A szelekció egyik legfontosabb építőköve a modellnek, mivel képes megválaszolni azt a problémás kérdést, hogy a fejlődési lánc egyes termékei miért „halnak ki”, mások viszont életképesnek bizonyulnak. A szelekciót elősegítik a releváns társadalmi csoportok, amelyek

az adott termék megrendelői, vagy a fejlődés irányát határozzák meg az igényeik szintjén megjelenő problémákkal.

4. A SCOT modellt követve, a technikai termék fejlődési fázisában három szintet különböztetünk meg. Az *első* szintet a termék értelmezési flexibilitása jellemzi a tervezés szintjén. A *második* szakasz a termék stabilizációja, amely két különböző formában nyilvánulhat meg:
 - i. *Retorikus lezárás*: a problémát megoldottnak tekintik a különböző releváns társadalmi csoportok.
 - ii. *Lezárás a probléma újradefiniálásán keresztül*: pl. számítógépek esetében a megbízhatóság kritériuma átértékelődött az egyre nagyobb számítási sebességek szükségességének kapcsán.

A *harmadik* szakaszban a feladat az, hogy a technikai tárgy tartalmát tágabb szociálpolitikai környezetbe helyezzük. A SCOT módszertana szerint a technikai tárgyakat, jelen esetben a számítógépet úgy írjuk le, hogy a releváns társadalmi csoportok által adott jelentésekre koncentrálnak. Nem nehéz tehát kimutatni, hogy miáltal egy csoport normáit, értékeit szocio-kulturális és politikai helyzete egyaránt alakítja, ezek a tényezők nagymértékben befolyásolják a technikai tárgynak (a számítógépnek) a csoport által tulajdonított jelentését.

A SCOT modellt a számítógépek fejlődéstörténetének 20. századi fejleményeire kívánjuk alkalmazni, ehhez felállítunk egy algoritmust a SCOT modellben megfogalmazott három lépcsőfokra építve:

1. Releváns társadalmi csoportok azonosítása a fejlődés különböző szintjein.
2. A különböző csoportok által megfogalmazott problémák, elvárások feltárása.
3. A problémákhoz rendelhető lehetséges megoldások bemutatásával a különböző termékvariációk felkutatása.
5. Feedback: a releváns társadalmi csoportok válaszreakciói alapján bekövetkező szelekció igazolása.
6. Az „életképesnek” bizonyult termékek stabilizációja.

A felvázolt algoritmus segítségével konkrét szituációt fogunk megvizsgálni, amelyhez az USA-beli számítógép-fejlesztések 1935-1955 közötti szakaszát vesszük alapul. Erre a korszakra jellemző, hogy olyan számoló-berendezést igyekeznek építeni, amely nagymértékben lerövidíti a matematikai számítások időigényét. Ezt a számítógép típust a továbbiakban röviden csak *matematikai gép*-ként fogjuk emlegetni.

2.1. A megrendelők, mint releváns társadalmi csoport

A korszakot jellemző társadalmi-politikai környezet nagymértékben körülhatárolta azokat a területeket, ahol a gép igényként megjelenhetett. Ilyen igények elsősorban a hadiipar különböző ágazataiban léptek fel.

Egyik kulcsfontosságú megrendelőnek az Amerikai Egyesült Államok Ballisztikai Kutató Laboratóriuma tekinthető a világháborús időszakban. Az itt folytatott kutatómunka, amely nagyrészt a tüzérség és a bombázók táblázatainak és a hozzájuk tartozó tűzvezetési adatoknak a kidolgozásából állt, nagy precizitású számítások gyors elvégzését igényelte. A feladat fontosságát jelzi annak a tudósgárdának a jelenléte is, akik a laboratórium munkatársai lettek 1941-42-től kezdődően. [10]

Érdekes ugyanakkor a feladatok ellátására előirányzott pénzüsszegek változását is nyomon követni ebben az időszakban. Az 1923-as évben a hadianyag-ellátási Főnökség számára minden célra összesen csak mintegy 6 000 000 \$-t irányoztak elő, és az ezt követő öt év során ez is folyamatosan csökkent. Az 1928-as pénzügyi évben aztán visszaállt 6 000 000 \$-ra, és egészen 1937-ig ezen a szinten is maradt. Ekkor az európai politikai helyzet következtében 17 000 000 \$-ra emelkedett, majd gyors növekedésnek indult és 1940-re elérte a 177 000 000 \$-t. E számok fényében

mérhető fel, mekkora fontosságot tulajdonított a Hadianyag-ellátási Főnökség ez idő tájt a kutató-fejlesztő munkára. [10]

2.2. A kivitelezők: fejlesztők, kutatók mint a megrendelők szállítói

Anélkül, hogy az egyes intézményekben folytatott kutatómunkákat teljes egészében részleteznénk, megjegyezzük, hogy a matematikai gép szempontjából, a hadiipar mellett a különböző tudományos igényekkel fellépő egyetemek, kutatóintézetek is megrendelőnek tekinthetők, ahol megfelelő szellemi légkör uralkodott az ilyen jellegű munka sikeres kivitelezéséhez. Itt elsősorban az alábbi intézményekre térünk ki: Bell Telephone Laboratories, Harvard Számítástechnikai Laboratórium, Moore Intézet, Manchester-i egyetem, Princeton, Felsőfokú Tanulmányok Intézete, MIT (Massachusetts Institute of Technology).

A továbbiakban bemutatunk néhány példát arra vonatkozóan, hogy a tudományos célokra alkalmas gépnek milyen változatai születtek a különböző kutatóhelyeken, intézetekben a kísérletezés fázisában, vagyis akkor, amikor még a tervezés szintjén érzékeltetni tudjuk a termék, jelen esetben a matematikai számítások megkönnyítésére és felgyorsítására alkalmas gép megvalósíthatóságára jellemző nagyfokú flexibilitást. Ezt a korszakot egyaránt jellemzik az elektromechanikus, elektronikus, soros, párhuzamos, analóg, digitális technológiák, és ezek változatos kombinációin alapuló „hibridek”.

2.2.1. MIT: az analóg technika fellegvára. Érdemes kitérni a VANNEVAR BUSH által tervezett differenciálanalizátorra, amely rövid időre ugyan, de a „kvázi-stabilizált gép” szerepét töltötte be. Olyan prototípusnak számított, amely kiváltotta az erre a géptípusra épülő variációk megépítésének láncolatát. Ezt a típust ugyanis kisebb nagyobb változtatásokkal több intézmény is lemásolta különböző célokkal. Bush 1930-ban építette a gépet az MIT-n folyó elektronikus hálózatok tervezéséhez szükséges mérnöki számítások elvégzésére. A Ballisztikus Kutató Laboratórium azonnal lemásolta a gépet és kisebb-nagyobb változtatásokkal 1935-ben már üzemeltették is Aberdeenben. Ugyanakkor további másolat is készült a gépről a Pennsylvania Egyetem Moore Intézetében azzal a céllal, hogy az általános mérnöki munkához szükséges számításokat megkönnyítse. Nyomon követhető ebben a példában is a variációkra jellemző sajátosság, amelyet az elvégzendő feladatok általános vagy specifikus volta, azok komplexitása határozott meg.

Az említett intézetek közti kapcsolatok nemcsak a Bush felügyelete alatt épített gépek üzembe helyezéséig tartottak, hanem a későbbiek során is együttműködtek a közös és egyben államérdeknek számító, teljesen elektronikus-digitális gép, az ENIAC megépítése során.

2.2.2. Fejlesztések a Harvardon IBM közreműködéssel. HOWARD H. AIKEN a Harvardon létrehozott egy olyan számítástechnikai laboratóriumot, amelyben az Egyesült Államok haditengerészete és légierője számára egy számítógép-sorozatot fejlesztettek ki. Az első gép Mark I néven vált ismertté, amelyet Aiken és az IBM egy, CLEIR D. LAKE vezetése alatt álló mérnökcsoport közös fejlesztőmunkájának eredményeként, IBM Automatic Sequence Controlled Calculator néven mutattak be 1944-ben.

Az IBM-mel való sikeres együttműködést igazolja, hogy az Aiken által megfogalmazott követelmények teljesítése elegendő volt ahhoz, hogy a már létező, IBM által gyártott lyukkártyás számítógépeket át lehessen alakítani speciális, tudományos célokat szolgáló gépekké.

A sorozatot további gépek: Mark II, III, és IV alkották.

A Mark IV-et Aiken a légierő számára tervezte és építette a Harvardon 1950-1952-ig. Aiken végül felismerte az elektronikus berendezések előnyeit az elektromechanikus gépekkel szemben, és talán munkájának legkiemelkedőbb fontossága abban rejlik, hogy a Harvardon egy olyan labo-

ratóriumot hozott létre, amelyben fiatal kutatók egyetemi képzésben részesülhettek az elektronikus digitális számítógépek áramköreinek és alkatrészeinek tervezése terén.

2.2.3. *Bell Laboratórium.* STIBITZ kulcsfigura volt a jelfogókkal működő digitális számítógépek tervezésében, amelyeket a hadiipar (fegyveres erők) számára fejlesztettek ki. Ezeket a gépeket a Bell Telephone Laboratories-ban készítették el.

Az 1944-ben kifejlesztett általános célú számítógépes rendszer megjelenését fejlesztések és konstrukciók sorozata előzte meg; ebbe a számítógépcsaldába tartozó gépek telefon-kapcsoló berendezéseket használtak a számítások elvégzésére.

A II. világháború alatt megnövekedett számítási igények kielégítése céljából a cég kifejlesztette a „jelfogós interpolátort” (Relay Interpolator: 1943), amelynek fő részei mintegy 500 db telefon-jelfogó és egyfajta táviró-berendezés voltak, ez utóbbit a számok gépbe való be- és kivitelére és a műveletek irányítására használták.

A fejlesztések további eredményeként megépült a „Ballistic Computer” (Ballisztikus Számítógép), amely mintegy 1300 jelfogót tartalmazott. Ez sokkal kidolgozottabb és bonyolultabb volt, mint a jelfogós interpolátor, de ezt is speciális célokra, néhány – a hadiipar számára nélkülözhetetlen – számítás elvégzésére tervezték.

Az 1944-ben megjelent általános célú számítógép méreteiben is különbözött az elődeitől: több mint 9000 jelfogót, 50 távirókészüléket tartalmazott. Súlya 10 tonna körül volt és több mint 90 m² alapterületet foglalt el. A gép elektromechanikus eszközök, a jelfogók segítségével tárolta a számokat.

2.3. Soros vagy párhuzamos?

A rendelkezésre álló memóriaként/tárolóként használt eszköz struktúrája határozta meg a soros, illetve párhuzamos adatfeldolgozást.

Az ENIAC építésénél használt higanyos késleltető művonal az egyedi adatelemeket egy higanycsatornában akusztikus impulzusok formájában tárolta, és ezáltal az adatokhoz szekvenciális hozzáférést biztosított (pl. magnószalag). Így csak soros adatfeldolgozás jöhetett számításba. Ezzel ellentétben a Selectron cső, vagy az IAS gép építésénél használt Williams cső az egyedi adatelemeket töltés formájában tárolta egy katódsugárcső lemezén, ezáltal közvetlen hozzáférésű memóriaként működött, ami lehetővé tette a párhuzamos adatfeldolgozást.

A Williams csövek megbízhatósága ebben az időben olyan csekély volt, hogy alkalmazásuk komoly kockázattal járt a számítógépek esetében. Az összehasonlítások alapján azt találjuk, hogy még a 19%-os selejtezési arány mellett is sokkal olcsóbbnak bizonyultak, mint bármely más alkalmazás. Ezt a csövet véletlen hozzáférésű, vagy ahogy még gyakran nevezik, párhuzamos memóriaként teljesen 1951-ben használták fel a Felsőfokú Tanulmányok Intézetében és az Illinois-i Egyetemen.

2.4. Elektronikus vagy elektromechanikus?

Elektronikus vagy elektromechanikus, digitális vagy analóg számítógépé a jövő? Erre a kérdésre a 40-es 50-es években még nem egyértelmű a válasz.

A számítógépeket jellemző paraméterek közül a sebességet tekintették a számítógép fő előnyének a múltbeli számolóeszközhöz képest. Az elektronikus számítógépek sebességének fő matematikai jelentősége az volt, hogy olyan problémákat hozott előtérbe, amelyek számításai a korábban használt eszközökkel csak részben, vagy egyáltalán nem voltak elvégezhetők: a ballisztikus röppályák, csillagászati keringési pályák, valamint a folyadékok dinamikájában használt parabolikus és hiperbolikus differenciálegyenletek.

Nyilvánvalóvá vált, hogy a számítási igényeknek csak „nagy sebességgel” működő gépek felelnek meg. Összevetve az elektromechanikus illetve elektronikus gépek struktúrájából eredő lehetőségeket és korlátokat, azt találták, hogy például minél gyorsabban működtetnek egy mechanikus eszközt, annál pontatlanabban fogja leképezni a valós matematikai problémát. Továbbá a makroszkopikus berendezések úgy mint a jelfogó, elektroncső aktiválásához szükséges idő $\sim 1 \cdot 10^{-3}$ s. Ezzel szemben a rendelkezésre álló technika mellett az elektronikus számítógépek áramköri elemeinek (ellenállás, kondenzátor, tekercs) becsült aktiválási ideje $\sim 10^{-15}$ s. Ugyanakkor az elektromechanikus berendezések hibahalmozása nő a megoldandó feladat bonyolultságának növekedésével.

Az elektronikus számítógépek esetében az alkalmazott elektroncsövek megbízhatatlannak bizonyultak hosszú távon, de az általuk elérhető ~ 500 -szoros sebességnövekedés ezen hátrányukat kompenzálta. További érv az elektronikus berendezések mellett, hogy a tudományos kutatásokhoz tetszőlegesen pontosan számítható eredményekre volt szükség, ami lehetetlen elvárás volt az elektromechanikus gépekkel szemben. Következésképpen az elsősorban tudományos kutatás céljára építendő matematikai gép elektronikus kell, hogy legyen.

2.5. Analóg vagy digitális?

Nemcsak a tudományos igények kielégítése követelte meg az elektronikus digitális gépek megjelenését, elterjedését. A számítás mellett egy újabb igény is jelentkezett a hadiipar részéről, amelyet analóg gépekkel nem lehetett megoldani. Ez az: irányítás/ellenőrzés/kommunikáció egysége, egyetlen rendszerbe való foglalásának igénye.

Mivel a hadiipart említettük első helyen a matematikai gép megrendelőinek sorában, foglaljuk össze még egyszer azokat az igényeket, elvárásokat, amelyek sürgették az elektronikus-digitális gép megjelenését:

- a számítógépek automatizálják és felgyorsítják a feladatokat,
- a fegyverekbe épített „számítógépek” képesek támogatni vagy akár helyettesíteni az emberi szakértelmet a fejlett hadiipari eszközök, úgymint rakéták vagy légvédelmi eszközök kezelése, irányítása során,
- üzenetek kódolása, dekódolása, radarjelek értelmezése.

Napjaink számítógépeivel ellentétben, amelyek egyszerre három alapfunkciót látnak el: számítás – irányítás/vezérlés – kommunikáció, a matematikai gépet csupán egyetlen feladatra: számolásra, matematikai-logikai műveletek elvégzésére tervezték. A matematikai gép bemenő és kimenő adatait számok, vagy matematikai szimbólumok sorozata alkotta. Minden gép egyedi struktúrával rendelkezett abban az értelemben, hogy nem tudtak kommunikálni egymással, és a kölcsönös vezérlés is megoldhatatlan volt (kivéve a közös lyukkártyákat!). Ugyanakkor a kommunikáció-vezérlés és számítás, mint műveletek közti kapcsolat lehetőségének elméleti alapjai már léteztek ROBERT WIENER és CLAUDE SHANNON munkássága révén. Ezek az elméleti alapok azonban még nem vetítették előre a számítógépek ilyen irányú fejleszthetőségének útját.

Az ötlet, miszerint az említett három funkció ötvözhető egyetlen gépben, és ez a gép csak elektronikus-digitális gép lehet, nemcsak az elmélet oldaláról fogalmazódott meg, de a gyakorlati alkalmazások is ezt vetítették előre.

2.6. A stabilizációt jelentő gép megjelenése

A matematikai gépek fejlődését követve keressük azt a modellt, amely a stabilizációs korszakot jelentette, és amely egyben prototípusként is szolgált. A Neumann által tervezett IAS gépet, amelyet a Princeton-i Institute of Advanced Studies-ban fejlesztettek ki, egy ilyen modellnek tekinthetjük. Ezt a gépet a párhuzamos adatfeldolgozás és a moduláris felépítés jellemezte első közelítésben, vagyis: memória, aritmetikai és logikai egység, vezérlő egység valamint ki és

bemeneti egységekkel rendelkezett. Továbbá teljesen új és tökéletes utasítás-rendszert dolgoztak ki a számítógép vezérlésére és programozására, ehhez utasításszámláló regisztert építettek. [10, 11]

Az IAS gép megjelenésével lezárul egy korszak, a tudományos számítások megkönnyítésére és felgyorsítására épített gépek korszaka, mivel az IAS már túlnőtte ezt a szűk alkalmazási területet, és mint általános célú, univerzális számítógép nyitott új korszakot a számítógépek fejlődéstörténetében.

2.7. A stabilizálódott terméket birtokba veszi a társadalom

A SCOT modell harmadik pontja a fejlődés azon szakaszát elemzi, amikor a stabilizálódott terméket tágabb társadalmi, politikai környezetbe helyezzük, és megvizsgáljuk, hogyan módosulnak a beépített funkciók a használat során, és az előre megtervezett feladatok ellátásán túlmenően milyen más területeken alkalmazták.

1945. november 8-i memorandumában Neumann a következőket írta a tervezés alatt álló gép programjában: (*Von Neumann: Memorandum on the Program of the High-Speed Computer: H:H. Goldstine:1987*)

1. „E program célja egy teljesen automatikus, digitális, általános célú elektronikus számológép kifejlesztése és megépítése...Továbbá, bár a gép kifejezetten digitális jellegű, fontos, hogy néhány folytonos változású berendezéssel is föl legyen szerelve, amelyek lényegében alternatív be- illetve kiviteli egységként működhetnek...”
2. „A gép általános vezérlése a memóriában fog történni...bináris számjegyekkel kódolt utasítások segítségével. Ezek az utasítások olyan rendszert alkotnak, amely a gépnek jelentős rugalmasságot biztosít. Várakozásaink szerint hatékonyan és rendkívül nagy sebességgel lesz képes a problémák igen széles osztályának kezelésére...Ilyen értelemben a gépet minden célra alkalmas eszközzé kívánjuk fejleszteni.”
3. „Egy ilyen gép minden bizonnyal forradalmasítani fogja a nemlineáris differenciálegyenletek elméletének tisztán matematikai vizsgálati módszereit. Segítségével (gyakorlatilag első ízben!) vizsgálni lehet majd az összenyomható folyadékok és gázok tágulását, valamint a lökeshullámokkal kapcsolatos bonyolultabb problémákat. Valószínűleg ki lehet majd terjeszteni a kvantumelméletet az eddiginél több részből álló és nagyobb szabadságfokú rendszerekre is...Lehetővé teheti az (összenyomhatatlan) viszkózus hidrodinamika döntő kérdésének, a turbulencia jelenségének, valamint a határrétegek elméletében fellépő bonyolultabb problémáknak numerikus közelítését. Segítségével valószínűleg az eddiginél sokkal könnyebben kezelhetővé válik a rugalmasság és a képlékenység elmélete. Bizonyosan nagy segítséget fog jelenteni a háromdimenziós elektrodinamikai problémák megoldásánál. Segítségével biztosan el lehet majd távolítani a hagyományos és az elektron-optika kvantitatív megközelítésének útjában álló számos, eddig leküzdhetetlennek bizonyult akadályt. A csillagok kutatásánál is hasznos lehet. A matematikai statisztikában föltétlenül új megközelítési módra fog lehetőséget nyújtani: a statisztikai kísérletek számszerű kiértékelése útján történő vizsgálatokra.

Mindezekon túl azonban egy ilyen gép ésszerű fölhasználás esetén forradalmasítani fogja számítási módszereinket, vagy általánosabban fogalmazva, a matematikai approximáció egész elméletét.”

A gép alkalmazási területe igen rövid időn belül még a Neumann által ekkor fölvezetett kereteket is túlnőtte. Kezdetben a numerikus analízis illetve statisztikai kutatási számítások elvégzésére alkalmazták, de folyamatosan vonták be más tudományterületek kutatásaiba is, úgymint meteorológiai, asztrofizikai számítások, stb.

3. KONKLÚZIÓ HELYETT

A SCOT modellt érdemesnek találtuk arra, hogy egy alternatív technikátörténeti nézőpontként elemezzük, mivel segítségével a lineáris technikafejlődés egysíkú bemutatása helyett olyan kérdések elemzése is lehetségessé válik, mint:

- Hogyan befolyásolták a különböző releváns társadalmi csoportok a számítógépek fejlődési irányát?
- Milyen technikai lehetőségek, illetve újdonságok nyújtottak új perspektívákat a számítógépek fejlődési folyamatában?
- A sürgető igények, és a technika szabta lehetőségek milyen kényszer-szituációkhoz, vezettek? (pl. muszáj volt a megnövekedett számítási igény kielégítésére a megbízhatatlannak ítélt elektroncsövek segítségével növelni a számítási sebességet).
- A számítógépek építésénél használt technológiák fizikai korlátainak felismerése milyen alternatívák kidolgozásához vezetett?

Eddigi elemzéseink azt mutatják, hogy a SCOT modell magyarázattal szolgál az egyes korzakokra jellemző számítógép-típusok fejlődésének miértjeire, de az még további elemzéseket igényel, hogy az egyes típusok közti átmenet leírására használható-e? Vagyis megmagyarázza-e a SCOT modell a különböző számítógépek: „funkció-orientált” → „matematikai” → „business” → „információs” gép megszületését, a számítógép fogalmának újradefiniálását a fejlődés során, vagy csak az egyes fejlődési szakaszok leírására alkalmazható?

Jegyzet

- ¹ A tanulmánykötetben megjelent írásuk egy korábbi változata a: „The Social Construction of Facts and Artefacts: or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other”: *Social Studies of Science*, Vol. 14, No. 3, 399-441 (1984).

Irodalom

- [1] Aiken, H. H.: Proposed Automatic Calculating Machine. *IEEE Spectrum*, 1964, Aug. 62-69.
- [2] Aspray, W. F.: 1990. John von Neumann and the Origins of Modern Computing. MIT Press, Cambridge, Ma.
- [3] Berger, P. L. – Luckmann, T.: 1966. *The Social Construction of Reality*. London, Penguin Books.
- [4] Bigelow, J.: 1980. “Computer Development at the Institute for Advanced Studies.” In: *Metropolis N. – J. Howlett – Rota, G. C. (eds.) 1980. A History of Computing in the Twentieth Century*. Academic Press, New York.
- [5] Bijker, W.E. – Hughes, T.P. – Pinch, T. (eds.): 1989. *The Social Construction of Technological Systems*. MIT Press, Cambridge, Ma.
- [6] Callon, M. – *John Law: After the individual in society: lessons on collectivity from science, technology and society*. *Canadian Journal of Sociology*. Spring 1997.
- [7] Ceruzzi, P. E.: 1983. *Reckoners: The Prehistory of the Digital Computer, From Relays to the Stored Program Concept, 1935-1945*. Greenwood Press.
- [8] Ceruzzi, P. E.: 1998. *A History of Modern Computing*. MIT Press, Cambridge, Ma.
- [9] Edwards, P. N.: 1997. *The Closed World: Computer and the Politics of Discourse in ColdWar America*. MIT Press, Cambridge, Ma.
- [10] Goldstine, H. H.: 2004. *A számítógép Pascaltól Neumannig*. Műszaki Kiadó.
- [11] Ulam, S. M.: 1980. “Von Neumann: The Interaction of Mathematics and Computing.” In: *Metropolis N. – J. Howlett – Rota, G. C. (eds.) 1980. A History of Computing in the Twentieth Century*. Academic Press, New York.

A szerző címe:

BME Technika-, Mérnök- és Tudománytörténet Doktori Iskola

1111 Budapest, Stoczek utca 2.