

# NÉHÁNY IDŐSZERŰ KÉRDÉS SZÁMOLÓGÉPEKKEL KAPCSOLATBAN, III

Írta: POGÁNY CSABA

## IV. Néhány modellezési probléma\*

Rendszerek viselkedésének modellezésekor a modellezni kívánt rendszer és a modellezési technika szempontjából vethetők fel kérdések.

Az első kérdéscsoport inkább más szakterületekkel kapcsolatos, és így a matematikus fő feladata a modellezési módszerek megismertetése és hozzáférhetővé tétele. Az itt következő kiragadott példákból álló felsorolás elsődleges célja a rendszer- (illetve működés- vagy viselkedés-) *modellezési* technika hatóerejét bizonyítani. Az említésre kerülő jelenségek megfelelő pontosságú matematikai modellezésére például eddig nem volt meg a lehetőség. (*A természetben előforduló jelenségek, illetve rendszerek mindegyikének modellezése* érdekes lehet valamilyen szempontból, így egyesek kiemelése mások hátrányára vitatható tevékenység. A következő néhány példa említése tehát nem jelenti egyúttal ezek kiemelését. Idézésüknek az is a célja, hogy bizonyítsák, hogy látszólag a matematikától távoli területeken is vannak olyan érdekes matematikai problémák amelyek „tisztá” matematikai szempontból is érdekesek a kutatásra. Különösen érdekesek azok a kérdések, ahol a jelenség vagy a rendszer maga viszonylag egyszerűen leírható, de elemi funkciókból történő felépítése nem ismert, sem matematikai, sem konkrét megvalósulási formájában. Ilyenkor a probléma matematikai modelljének matematikai megoldása analógiák alapján segítséget nyújthat a modellezett jelenség, illetve rendszer felépítésére vonatkozó kutatásokban is.)

*A példák a következők.* Vízi állatok úszása. Baromfi fejmozgatási rendszerének működése (járás közben, kézbe-fogva és kis helyen ide-oda mozgatva stb.). Madarak repülése. Rovarak repülése. Szembe áramló gyalogos forgalom utcán. Az emberi pszichikum működése (tanulás, felejtés; érzelmi működés; szellemi munka, absztrakció, konkretizálás; tudat, hipnózis stb.). Általános emberi viselkedés. Az emberiség története. Emberi életút. Emberpár, család, munkahely. Gazdasági egységek élete. Sportmérkőzés. Üveglap törése. Festékréteg repedése. Folyami hordaléklerakódás. Képlékeny anyag deformálódása stb. stb.

A második kérdéscsoport középpontjában a modellezési technika áll. A legfontosabbak a szélsőértékproblémák és az előállíthatósággal kapcsolatos kérdések. A legjobban közelítő rendszermodell, a valamilyen szempontból extrémális (optimális) rendszermodellek előállításának, létezésének, illetve számossági kérdéseinek vizsgálata gyakorlati szempontból is jelentős, nem beszélve arról, hogy ezek az approximációelméleteket nagymértékben általánosító (főleg szélső-„érték”) problémák elmé-

\* A dolgozat a [2] cikk folytatása, a fejezetszámozás is folytatólagos.

letileg is milyen fontosak. Néhány egyszerűbb problémát tartalmaz [3], és nyilván felvethető valamennyi, az [1]-ben programozási kérdésekre megfogalmazott probléma is. Néhány nagyon egyszerű esetet kivéve ma még a gyakorlatilag és elméletileg fontos problémák egyike sincs megoldva.

## V. Speciális problémák

Ebben a részben néhány megoldásra váró, fontos, az előbbiektől elütő jellegű speciális probléma vázlatos ismertetése szerepel.

### 1. A szoftver-dokumentációról

A szoftver dokumentálásának nyilvánvalóan a dokumentált szoftverfajtákhoz kellene igazodnia. A fejlődés jelenlegi szakaszában azonban megfelelő egységes és jól definiált fogalmak és terminológia hiányában még a szoftverfajták kielégítő pontosságú elkülönítésére sincs mód. Egyetlen járható út a használt fogalmaknak a dokumentációban történő *egyértelmű és világos megmagyarázása*. Ezt azonban az esetek többségében nem teszik meg. Az itt következő vázlatos (javaslatnak is tekinthető) felsorolás olyan kompromisszumot (valószínűleg optimálishoz közeli kompromisszumot) kíván előmozdítani, amely elméletileg teljesen egzakt, gyakorlatilag pedig egyszerű és használható megoldáshoz vezet: *érdemes nemcsak a számológépet, hanem az egyes szoftver-elemeket („programokat”, „eljárásokat” stb.) is rendszereknek, speciálisan információfeldolgozó rendszereknek, automatáknak tekinteni. Így a szoftver-dokumentálás munkája rendszerek, illetve automaták megadását jelenti, olyan információkkal történő kiegészítésekkel, amelyek a konkrét megvalósítás és működés, illetve működtetés megadásához, illetve megértéséhez szükségesek.*

Elfogadva az előbbi elveket, meg kell adni (esetleg az idő függvényében) a bemenő adatok (adatmezők), az állapotjellemző adatok (adatmezők) és a kimenő adatok (adatmezők)

- nevét,
- szerkezetét,
- elhelyezkedését, helyét (felhasználás alatt és egyébként),
- alaki és megjelenési jellemzőit,
- méretét,
- egyes adatai elérésének körülményeit, feltételeit, módját,
- kezdeti kitöltésének körülményeit, feltételeit, módját,
- az adatmezőt bemenetként, kimenetként stb. használó programokat,
- az adatok ábrázolásának, kódolásának jellemzőit,
- változó méretek esetén a megfelelő jellemzőket (minimális, maximális, átlagos helyigényt stb.),
- a konkrét realizáció specialításait (felhasználás közbeni esetleges áthelyezések, darabolás, ún. „szegmentálás” stb.),
- biztosítottsági, védelmi jellemzőit,
- hibaellenőrzési és javítási módjait (szintaktikus, szemantikus és egyéb szempontokból),

- bonyolultabb adatrendszerek esetén az adatnak, adatmezőnek a hierarchiában elfoglalt helyét és szerepét,
- az adatmező adatainak egyedi értelmezési módjait (például ugyanaz lehet egyszer 2-es számrendszerbeli szám, máskor pedig utasítás, illetve program stb.),
- elérhetőségi jellemzőit (minimális, maximális, átlagos elérési idő stb.) stb.

Programok (amelyek egyszerű eljárásoktól — sőt mikroutasításoktól — kapcsolódó programokból álló programrendszerekig terjedhetnek) dokumentálásánál a rendszert, speciálisan az információfeldolgozó automatát kell egyértelműen, világosan, a felhasználhatóság igényeinek kielégítésére törekedve, *tehát érthetően* megadni. Így tehát meg kell adni (esetleg az idő függvényében) a program

- nevét,
- szerkezetét,
- a nyelvet (nyelveket), amelyen (amelyeken) elkészült,
- elhelyezkedését, helyét (helyeit) (bevitelkor, felhasználás előtt, alatt, után stb.),
- alaki, megjelenési jellemzőit,
- méreteit (változó esetben minimális, maximális és várható méreteket stb.),
- aktivizálási (általában vezérlési, illetve irányítási) feltételeit, módjait,
- bemenő információit, adatait (adatmezőit),
- kimenő információit, adatait (adatmezőit),
- hibajelzéseit,
- az általa felhasznált programokat,
- az ezt felhasználó programokat,
- bonyolultabb programrendszer esetében a programoknak a „hierarchiában” elfoglalt helyét és szerepét,
- a konkrét realizáció specialitásait (áthelyezések, darabolás stb.),
- biztonságosági, védelmi jellemzőit, stb.

A gyakorlatban nem nélkülözhető(k) még

- egy világos működésleírás,
- érthető, minden jelre kiterjedő jelmagyarázattal ellátott kapcsolatábrák, speciálisan folyamatábrák,
- ellenőrző példa (példák),
- a programkészítők neve, elérési helye, módja,
- az ellenőrzést végző neve, elérési helye,
- a dokumentáció készítőjének neve,
- a részletes leírás, törzspéldány elérési helye,
- a felhasználáshoz szükséges hardver,
- teendők az ismételt futtatáskor,
- becslült, illetve tapasztalati futási, általánosan, kapacitáslekötési idők, stb.

Az itt vázolt szoftver-dokumentálási elv konkrét megvalósítása természetesen bonyolultabb lesz olyankor, ha a leírandó rendszer időben változó szerkezetű, valamint olyankor is, amikor az egyes objektumok funkciója többféle, illetve változó lehet (például „önmagukat változtató” programok esetében, vagy programokkal operáló programok esetében stb.). Ilyenkor különösen fontos, a megértés szempontjából pedig döntő, a programokkal kapcsolatos *funkcionális és értelmezési* vonatko-

zású információk világos és szabatos rögzítése. A példákat és az ismétléseket (a „redundanciákat”) nem kell szégyelni. A dokumentáció célja nem minimális szóval való kifejezés, nemcsak az, hogy minden információ benne legyen, hanem az, hogy az az információ, ami benne van, a legkönnyebben ki is vehető legyen belőle. *A dokumentációnak tehát elsősorban lélektani, tanulás-, illetve munkalélektani szempontokat kell figyelembe vennie, a szakmai szabatosság betartása mellett.*

Sajnos számos szoftver-dokumentáció csak arról informál, hogy szerzőjük a tudás visszatartását primitív axiomatizálási eszközökkel tudja csak megoldani. Jó dokumentációban türehtetlen az utalások láncolata, a túl sok vagy nem szuggesztív jelölés, valamint a „mindent egyszer és csakis egyszer” elvhez való ragaszkodás.

Mégegyszer visszatérve az axiomatizálási irányra: nem tagadható a szükségessége (megfelelő szinten, illetve kiegészítésképpen) az olyan axiomatikus tisztultságú dokumentáció *függelék*eknek mint például a metanyelvi leírások. De ezek önmagukban nem tekinthetők dokumentációnak. (Ezért is célszerű minden formailag elkülönített dokumentációnál az azzal a tárggyal kapcsolatos összes többi dokumentációs anyag felsorolása.) A gyakorlati felhasználhatósági korlátokon kívül az axiomatikus törekvéseknek a rendszerelmélet axiomatizálási problémái is megszábják a határt. Ha az ilyen dokumentációk készítői nemcsak az üres formalizálásban, hanem az absztrakcióban is elég messze merészkedtek volna, akkor például a változó rendszerek leírásának megoldatlan és sok vonatkozásban valószínűleg megoldhatatlan problémái is elgondolkozathatnák őket, és talán rájöttek volna arra, hogy az axiomatizálás és a formalizálás nem azonos.

A dokumentációknak sok más, például nyelvi szempontból is kifogástalannak kell lennie. Nemcsak azért mert a nyelvi közlés, az információhordozó, minőségi követelményei ezt kívánják, hanem mert a dokumentációt sokan forgatják, és így alkalmas nemcsak világos és egyértelmű „közös nyelv”, hanem nyelvi torzszülemények elterjesztésére is.

## 2. Időben változó rendszerek

A folyamatok vizsgálatának, illetve az idő szerepének fontossága sok területen kimutatható. Alkalmazási és elméleti szempontból egyaránt érdekes problémákat vet fel az időben változó rendszerek vizsgálata. Néhány speciális eset:

- Automaták időbeli működésének vizsgálata.
- Időtől is függő axiómarendszerek.
- Időtől is függő algebrai struktúrák.
- Időtől is függő relációrendszerek ugyanilyen halmazokon.

(Fontos megjegyezni, hogy ezek a kérdések nem azonosak az ún. „paraméteres” problémákkal, ezeknél általánosabbak.)

A kérdések sztochasztikus vonatkozásban is felvethetők. A bonyolultabb, időtől is függő rendszerek vizsgálatában ma még csak erősen korlátozott hatékonyságú szimulációs módszerektől várható megoldás. A klasszikus valószínűségelmélet szinte kizárólag egymástól független véletlen változókkal dolgozik. Ez az eset azonban a gyakorlati alkalmazások esetében nagyon ritkán fordul elő. Két konkrét példa jól illusztrálja a problémakör fontosságát és nehézségét is; hogyan kell kiszolgálórendszereket optimálisan irányítani vasúti szállítás és városi forgalom lebonyolítása esetében? (Ezekben a kérdésekben nagy szerepe van az egymástól és az időtől függő *változó* eloszlások vizsgálatának is.)

### 3. A számítástechnika egységes elméleti megalapozásáról

Számológépek működése és programozása oktatását egységes alapokra lehet helyezni egymást adott szabályok szerint működtető automaták, általános „staféták” segítségével. A gépi kódú programozás példájával illusztrálva az elmondottakat: a gép összes programozási szempontból jelentős információtároló helyét, illetve az itt tárolt információt automatáknak kell tekinteni. Speciálisan automaták a rekeszek, illetve az ott tárolt információk is. (A beolvasásra kerülő lyukszalag egyes információi úgyszintén.) Az automaták között van egy (vagy több) működtető („vezérléskiosztó”) automata is. Az összes automata működése össze van hangolva, adott szabályok szerint zajlik az időben. A gép működése közben az automaták változhatnak, automatákkal műveletek végzésére van lehetőség stb. A munka befejezésekor is automata (automaták) az eredmény, amely (amelyek) értelmezése, hogy például a szóban forgó automata szám vagy program (automatasorozat) vagy mindkettő, legtöbbször a felhasználó feladata.

A következetesen érvényesített automataszemlélet révén a rendszermodellezés és a programozás között elmosódik a határ. (Ennek oktatási szempontú hasznát felesleges hangsúlyozni.) A legtöbb, szabványos elemkészlettel dolgozó rendszermodell műveleti elemei elvileg spontán, állandóan dolgozó olyan automaták, amelyek bemenő (gerjesztő) változók értékét, minden pillanatban, megfelelően transzformálva *átviszik* a kimenő változót tároló helyre; más szavakkal: a kimenő változót az előírt relációnak megfelelő módon, „pillanatra kész” állapotban tartják. A rendszermodell minden automatája elvileg minden pillanatban működik. A számítógép esetében az automaták csak akkor működnek, ha működtetik őket.

Nem nehéz folytatni az általánosítást. A számítástechnika egésze is egységes elméleti alapokra helyezhető egymással kapcsolatban álló automaták elmélete segítségével. Ez az egységes szemlélet — mint már szó volt róla — különösen az oktatás területén gyümölcsöző, amiről a szerzőnek gyakorlati bizonyítékok is rendelkezésére állnak.

### 4. Kutatási programokról

A matematika (ide számítva az „áramkört tervezés” és a számítógépgyártás területén kívül a számítástechnikát is, szűkebben a számolás, a számolás megszervezésének tudományát is) mai állapotában meglehetősen heterogén.

Azok a kísérletek, amelyek átfogó matematikai, illetve számítástechnikai kutatási programok létrehozását tűzik ki célul, minden bizonnyal eredménytelenek lesznek. Ma már olyanféle tudományos programok, mint például a múlt század invariánsokkal kapcsolatos, híres „erlangeni programja” perifériára szorultak. Nemcsak azért, mert az invariancia meglehetősen viszonylagos, nagyrészt megfogalmazási kérdés (sok esetben „ügyes” fogalmazással a változó jellemzők megfelelő függvényei segítségével invariánsok tömege állítható elő), hanem azért is, mert a változó jellemzők, tulajdonságok legalább annyira érdekesek, mint a nem változók (ha ismerjük az „összes” változó tulajdonságot, akkor a nem változók maguktól adódnak — mint egy kiegészítő halmaz elemei), és ma az invariánsok mellett sokkal inkább érdekes az a kérdés, hogy a változó jellemzők hogyan változnak. Természetesen az ilyen kérdések is fogalmazhatók úgy, hogy szerepeljen bennük az *invariáns szó*. (Lényegében az egyenlőség relációja akkori abszolutizálásának jelenkori megszűnéséről van szó. Lényeges

szem előtt tartani, hogy a relációk között is vannak relációk, így például szignum függvényvel egyenlőtlenségek is felírhatók egyenlőség formában, és megfordítva, megfelelő függvényekkel az egyenlőség relációja is pótolható egyenlőtlenségekkel. Ez is jól érzékelteti az invariáns szó és fogalom viszonylagos voltát.) Összefoglalva: ma a tervezés és a gyakorlati megvalósítás igényének megfelelően elengedhetetlen az „*összes lehetőség*” vizsgálatára törekedni.<sup>1</sup> (Természetesen mindig csak bizonyos szempontokból összes lehetőségről lehet csak szó.)

Az — alkalmas feltételeknek elegettevő — *összes lehetséges eset megvizsgálását, megismerését* nemcsak azért kell elvégezni, mert ezt a gyakorlat igényli, hanem *mert ez az ismeretszerzés (és felhasználás) lélektanának egyik (talán legfontosabb) alapja* is. A teljességre törekvés lélektani mozgatói hozták létre a sok általános tér, speciálisan állapottér jellegű matematikai rendszert, amelyek között számos értékes elem közvetlenül számítástechnikai területről származik, vagy ilyen jellegű probléma megoldása gyorsította meg a kutatását. Ezek után már csak egy lépés általános programot adni, amely a rendszerelmélet művelését, kutatását tűzi ki célul. Ez azonban túl általános ahhoz, hogy a konkrét munkához használható legyen. Konkrét rendszerek kutatását pedig általános programként az egyes fogalmak és eszközök *funkciójának (ami amúgy sem értelmezhető egyértelműen) időbeli változása (és viszonylagosságuk kiderülése)* következtében felmerülő problémák miatt nem lehet. Ennek a nyugtalanító helyzetnek köszönhető az egyszerű, *véges, kombinatorikus jellegű, „emberközelí”* kis (de sokszor nagyon nehéz) problémák kutatásának mai fellendülése. Ettől remélhető, hogy a gyakorlatban rendkívül fontos kombinatorikus szerkezetű rendszerek kutatása általánosodva, az időben változó rendszerekre is kiterjedve, olyan egységesnek nevezhető problémakomplexumot hoz létre, amely — *egy időre* — kutatási programként elfogadható lesz.

(Az előzők egy STEINITZ programjához hasonló program jogosultságát látszának igazolni. A valóság azonban az, hogy óriási a különbség egy „*algebrai struktúra*” és például egy olyan rendszer között, amelynek elemei olyan rendszerekből álló rendszerek, amelynek elemei az időtől és egyebektől függően változó relációkban állnak egymással, és *jellegük, funkciójuk, értelmezésük* is változik, az időtől és másoktól függően.)

A kutatás jellegének „*műhelyen belüli*” megváltozása is szembetűnő. Ma rendszerek pusztá leírásával kapcsolatos problémák súlya a múlthoz képest lényegesen megnövekedett.

##### 5. Az alkalmazások jellege és néhány területe

A számítástechnika alkalmazásainak jellege napjainkra a múlthoz képest lényegesen megváltozott. A számológépet eleinte csak az ún. numerikus matematika feladatainak végrehajtására használták. Ma ez a terület a számológép-felhasználás töredékét teszi csak ki. Nagy szerephez jutott az (ügyviteli) adatfeldolgozás, az ipari folyamatirányítás, a számjegyes vezérlésű (NC) szerszámgépek és több más terület. Azonban nemcsak a felhasználási területek vonatkozásában történt nagy változás, hanem az alkalmazás módjában is. Ma már a programozási technikákkal (például nyelvekkel), a számológépek, számológépes rendszerek alap-szoftverével (például

<sup>1</sup> Ez az elv az oktató-nevelő munkában is rendkívül fontos, természetesen nemcsak a matematika oktatás, hanem valamennyi tárgy oktatására vonatkozóan.

„operációs” rendszereivel) is önálló tudományág foglalkozik. Sajnos a matematikus-képzés a mai teljes spektrumnak majdnem csak a hagyományos részét nyújtja, azt is elavult tárgyalásban, pedig ha az alkalmazhatóság nagyon fontos szempontjától el is tekintünk, az említett területeken a megoldatlan „tisza” matematikai kérdések sokaságával találkozhatunk, különösen optimalizálási problémák formájában.

*Néhány példa:*

- adott szempontból optimális operációs rendszerek, azaz optimális kiszolgáló algoritmusok tervezése,
- optimális adatrendszerek tervezése,
- optimális utasításkészlet tervezése,
- optimális leírási szabályok megadása rendszerleíráshoz, stb.

Az utolsó példa igen széles körben fontos probléma, amely nemcsak tiszta matematikai, hanem ipari alkalmazások szempontjából is jelentős. (A tiszta matematikai alkalmazás szempontjából ez a kérdés annak az általánosabb problémának a része, amely *a matematikusi tevékenység egészének folyamatát vizsgálja optimalitási és más szempontokból*. A kiragadott szituációk statikus extrémumainak vizsgálatán túl az ezeket tartalmazó folyamatok optimalitása, optimálissá alakítása ma már időszerű kérdés. Az ipari alkalmazásra szép példa az NC technika által alkalmazott geometriai objektumok és mozgások leírására szolgáló rendszer. A szóban forgó elemek leírására vektorok, illetve mátrixok alkalmazhatók. A különböző vektorokkal, illetve mátrixokkal végezhető műveletek, operációk stb. geometriai megfelelőinek értelmezése, tulajdonságainak kutatása, és e leképezési, illetve értelmezési rendszer egészének vizsgálata más nemcsak geometriai területek vizsgálata szempontjából is rendkívül érdekes.)

Az említett, ma már főirányoknak tekinthető kutatási területeken mutatkozó lemaradás természetes következménye, a kisebb súlyú területek, illetve művelői aránytalanul nagy térfoglalása. Jellegzetes példa a számológépes nyelvészet területe. A szakmai (elsősorban nem számítástechnikai) színvonalra legjellemzőbb azoknak a nyelvmodelleknek a hosszúéletű kultusza, amelyekről szélteben hosszában publikációk tömege születik. Azt azonban senki sem veszi észre, hogy ezek (például CHOMSKY vagy KULAGINA híres modelljei) *nem nyelvmodellek*, hanem a múlt századok korlátolt pedagógiai ráfogásainak hordalékából összeállt ún. *nyelvtanok*<sup>2</sup> modelljei. E modellek még a leírt beszéd (ami pedig a nyelv kis hányadát képviselő részének erősen csökkent informatívusú vetülete csak) leírására sem képesek.

A nyelv — funkcionálisan — különböző *hatások kiváltására* szolgáló rendkívül összetett eszköz. Jelentésmódosító és megváltoztató erejű komponensei a hangsúly, a hangerő, a hangszín, a hanghordozás, a mimika, a gesztusok, a szünetek stb. maga a szituáció egésze. Az eddigi nyelvmodellekből — ezek még a leírt beszéd modellezését sem tudják megoldani — mindezek kimaradtak. Pedig egy kielégítő nyelvmodell önmagában is nagy értékű tudományos eredmény volna. Az összes nyelv matematikai pontosságú (funkcionális, információs és szituációs szemléletű) leírására alkalmas rendszer kidolgozása az összehasonlító nyelvészet egy fontos problémakörének szolgálhatna matematikailag is egzakt alapjául. (A probléma megoldását a nyelvek világnézeti, szemléleti különbözősége feltáratlansága is jelentősen nehezíti; a hopi nyelvvel kapcsolatos kérdések jó példát adnak ilyenekre.)

<sup>2</sup> Az iskolában még napjainkban is ezeket használják.

## Összefoglalás

A számítástechnika időszerű kérdéseinek egy része tisztán matematikai jellegű, nagyrészt klasszikus eszközökkel megfogalmazható és vizsgálható problémákból áll. Ilyenek szerepelnek [1]-ben és [2]-ben, valamint a dolgozat IV. és V. fejezetében. Vannak azonban olyan problémák is amelyek a számítástechnikára közvetve, az azt művelő emberen keresztül vannak nem elhanyagolható hatással. Ezeknek a megoldása bár csak kisebb részben jelent matematikai feladatot, létfontosságú a tudományos, speciálisan a számítástechnikai felépítmény szempontjából. Ilyen kérdések például a következők. A számítástechnika helye és szerepe egy korszerű, a körülményeket, életkori sajátságokat és alkalmazási igényeket is figyelembe vevő, egységes természettudományos szemléletű oktatási rendszerben. A tantárgyak belső viszonya egymáshoz (például automataelmélet és geometria-tanítás vagy automataelmélet és nyelvtanítás stb.). Matematikai, számítástechnikai továbbképzés matematikusoknak és nem matematikusoknak. A számítástechnikai tanárképzés. Számítástechnikai és matematikai kutatóhelyek betöltési és ösztöndíjak kiadási elvei. A számítástechnikai irodalom helyzete. A számítástechnikai tevékenység jogi és etikai vonatkozásai. A matematikusok, számítástechnikusok helyzete stb.

Ezeknek a nem lebecsülhető fontosságú kérdéseknek a tárgyalása azonban külön tanulmányt igényel.

## IRODALOM

- [1] POGÁNY CSABA: Néhány időszerű kérdés számológépekkel kapcsolatban, I., *MTA Oszt. Közl.* **19** (1969) 345—348. old.
- [2] POGÁNY CSABA: Néhány időszerű kérdés számológépekkel kapcsolatban, II., *MTA III. Oszt. Közl.* **23** (1972) 101—114.
- [3] POGÁNY CSABA: Esettanulmányok, játékok és a matematikai modellezés, *Operációkutatási esettanulmányok*. Szerk.: Csath Magdolna, SZÁMOK, 1971.