

OPERÁCIÓKUTATÁS ÉS ALKALMAZOTT MATEMATIKA A SZTAKI-BAN

PRÉKOPA ANDRÁS



1929–2016

Előzmények

1950-ben alapították a Magyar Tudományos Akadémia Alkalmazott Matematikai Intézetét azzal a céllal, hogy az ország számára fontos gyakorlati feladatokat oldjon meg, és ennek kapcsán jelentős mértékben fejlessze az alkalmazásokhoz közel álló matematikai elméleteket, módszereket. Feltételezték, hogy a két évvel korábban államosított ipar alkalmas terep lesz a célkitűzések megvalósítására. Ez azonban nem vált valóra, jöllehet az intézet sok sikeres alkalmazást vitt végbe az orvostudomány, a kémia, a fizika, a mezőgazdaság, a vízgazdálkodás és egyéb területeken. Az intézetet 1955-ben átalakították, az elméleti kutatás lett a legfontosabb cél, nevét is megváltoztatták, az új név MTA Matematikai Kutatóintézet lett. Prékopa András ezekben az intézetekben volt aspiráns, ill. tudományos munkatárs 1952-1956 között (utána az ELTE-n lett adjunktus), 1957-ben ugyanitt szemináriumot indított az új, operációkutatásnak nevezett tudomány eredményének megismerésére és terjesztésére. Az „operációkutatás” elnevezés egy ideig nem volt használható, ugyanis az „ökonometria” ellen párthatározat született, és félték, hogy annak művelési tilalmát az operációkutatásra is vonatkoztatják. Helyette azt mondtuk, írtuk, hogy ez „a matematika közgazdasági alkalmazása”.

Az operációkutatással egy időben fejlődött a számítástechnika, és joggal reméltük, hogy ezek együttes alkalmazása révén, a korábban alkalmazott matematikai módszerekhez képest sokkal eredményesebb lesz a feladatmegoldás. Ez végül

be is jött, nemzetközi viszonylatban is. Az eredményesség felfokozott reményében a Matematikai Kutatóintézet igazgatója, Rényi Alfréd akadémikus, 1959-ben létrehozta Prékopa András vezetésével A Matematika Közgazdasági Alkalmazásai Csoportot. Ez a Valószínűségi Számítási Osztály keretében kapott helyet, de önállóan működött, eleinte mindössze négy fővel (Prékopa András, Ziermann Margit, Bod Péter, Székely Gábor). A csoport munkájának jelentős kisugárzó hatása volt, országosan és később nemzetközi viszonylatban is. Kutatási vonatkozásban elsősorban Prékopa András sztochasztikus programozási eredményét, a Prékopa–Ziermann-készletmodellt, alkalmazási vonatkozásban ezeken kívül Bod Péter közgazdasági és Székely Gábor mezőgazdasági számításait lehet megemlíteni. A csoport később bővült, Kovács László Béla, Majthay Antal és Kéri Gerzson személyével. Az elméleti kutató munkában az egyre bővülő létszámban jelenlévő aspiránsok is részt vettek.

Néhány évvel korábban, 1956-ban, létrejött az MTA Kibernetikai Kutató Csoportja a Várban. Kezdetben a hangsúlyt a saját számítógép építésére tették, orosz gépeket másoltak (Ural II., M3), és próbálták alkalmazni gazdasági jellegű feladatokra. Legjelentősebb volt a Kornai–Lipták-féle kétszintű tervezéssel kapcsolatos tevékenységük az 1960-as évek elején. Az egész ország gazdaságát szektorokba osztva, a lokális és az országos célok és kapacitások egyeztetésével akartak részletekbe menő gazdasági tervet kidolgozni. A feladat számítástechnikai jellegű problémáinak megoldására egy csoport szerveződött (a későbbiekben osztállyá alakult és felvette az Operációkutatás nevet).

Kornai kísérlete félbemaradt egyfelől, mert kételyek merültek fel egy ennyire részletekbe menő gazdasági terv realitásában, másfelől azért, mert mint kitűnt, a kétszintű tervezésre alkalmas elegáns és hatékony matematikai elméletek 1960-ban (Dantzig–Wolfe) és 1962-ben (Benders) már megjelentek a szakirodalomban. Ezek számítástechnikai megvalósítása azonban a magyar kutatók számára nem volt hozzáférhető, mint ahogy maguk a korszerű számítógépek sem.

Meg kell még említeni, hogy az 1960-as években gombamódra szaporodni kezdtek a számítástechnikát és az operációkutatást alkalmazni szándékozó intézetek és cégek. Ezek körében legjelentősebb volt az INFELOR, mely a központi Statisztikai Hivatal keretében működött és országos koordináló szerepet kapott. Az ebben az intézetben létrejött Operációkutatási Osztály a harmadik megemlítendő a SZTAKI-beli operációkutatási aktivitás szempontjából. A teljes forráslistát ezzel még nem merítjük ki, azonban terjedelmi okok miatt további részletekbe nem bocsátkozhatunk az előzményeket illetően.

MTA Számítástechnikai Központ 1970–73, MTA SZTAKI 1973–

1970-ben az MTA Számítástechnikai Központ új igazgatót kapott, aki megpróbálta az akkoriban már (központi feladatok híján) egyéni témaválasztások alap-

ján működő intézmény tevékenységet eredményesebbé tenni. Az Operációkutatási Osztály tagjainak többsége (az osztályvezetőt is beleértve) az alkalmazásoktól távoli elméleti matematikával foglalkozott, csupán három-négy kutató foglalkozott operációkutatással. Az igazgatói rendelkezések hatására az osztály felbomlott. Ezt követően Prékopa András Matematikai Kutató-beli csoportja meghívást kapott, hogy menjen át a Számítástechnikai Központba. Prékopa az ajánlatot elfogadta, ugyanis a Matematikai Kutatóban a számítástechnikai berendezések korszerűtlenek voltak, viszont 1970-ben már nem lehetett eredményes operációkutatási munkát végezni megfelelő számítástechnikai háttér nélkül. A Számítástechnikai Központban új Operációkutatási Osztály jött létre, Prékopa András vezetésével. Kevesen maradtak a régiből, és nem mindenki jött el a Matematikai Kutatóból. Az új osztály dinamikusan fejlődött mind létszámban, mind pedig tudományos eredményekben. A teljesség igénye nélkül felsorolok neveket, melyek tulajdonosai 1970-ben, vagy néhány évvel később az osztály munkatársai lettek: Majthay Antal, Kovács László Béla, Kéri Gerzson, Bakó András, Klafszy Emil, Komáromi Éva, Fülöp János, Gerencsér László, Kelle Péter, Rapcsák Tamás, Szántai Tamás, Deák István, Mayer János, Vizvári Béla, Kas Péter, Bíró Miklós, Halász Szilvia, Turchányi Piroska, Kun István.



Prékopa András íróasztalánál
könyvei előtt (1980 körül)

1977-ben az intézetet (SZTAKI) az Akadémia átszervezte, főosztályokra tagozódott, és ekkor megalakult az Alkalmazott Matematikai Főosztály, Prékopa András vezetésével. Három osztály alkotta a főosztályt: Operációkutatási Osztály, Numerikus Módszerek Osztálya, Statisztikai Osztály. Az első vezetője Kovács László Béla lett, de a szakmai vezetés továbbra is Prékopa Andrásé maradt. A Numerikus Osztály tagja volt néhány évig Abaffy József, aki nemzetközi viszonylatban is értékelhető, kiváló tudományos eredményeket ért el, továbbá azt, hogy a Statisztikai Osztály eredményesen vett részt az IIASA-val (International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Ausztria) közös Balaton projektben. A főosztály később a Geofizikai Osztállyal bővült Meskó Attila akadémikus vezetésével, ez

azonban néhány év múlva megszűnt. Prékopa András 1985-ben távozott a főosztály éléről, utóda Maros István lett (az INFELOR-ból) és abban az időben került oda Mészáros Csaba is.

Tudományos eredmények

A legjelentősebb tudományos eredmények a sztochasztikus programozás és néhány országos jelentőségű, sikeres projekt vonalán születtek.

- I. Sztochasztikus programozási vonatkozásban a vezető kutató Prékopa András volt, tudományos eredményei mellett jelentős volt iskolateremtő szerepe is (Deák István, Szántai Tamás, Gerencsér László, Kelle Péter, Mayer János, Komáromi Éva és mások). Prékopa a sztochasztikus programozás kezdeményezői közé tartozik az ún. valószínűséggel korlátozott sztochasztikus programozási modell legáltalánosabb és legerősebb formája az ő nevéhez fűződik. A sztochasztikus programozási modellek döntési sémákhoz kapcsolódnak, ezekben a döntések és a megfigyelések egymást követik. Ha csupán egy döntés és egy ezt követő megfigyelés történik, a modell statikus, különben dinamikus. A statikus modellekben a valószínűségi korlátozás általában azt jelenti, hogy valószínűségi változókat tartalmazó egyenlőtlenségek együttes teljesülésére előírunk egy 1-hez közeli, minimálisnak tekintett valószínűségi szintet, ezt a követelményt az egyéb feltételek között helyezzük el, majd előírunk egy célfüggvényt, mely a szabad paraméterek optimális megválasztását célozza. A feladat tehát jóval bonyolultabb, mint egy tipikus megbízhatóságelméleti feladat megoldása, ugyanis most nem csupán valószínűséget számítunk, hanem egy arra tett feltétel mellett optimalizálunk is. A valószínűséggel korlátozott elvet Prékopa dinamikus modellek esetére is alkalmazta.

A modellhez kapcsolódó elméleti matematikai eredmények önmagukban is nagy nemzetközi visszhangot keltettek és azokat széles körben alkalmazták a valószínűségelméletben, a statisztikában, a fizikában, a közgazdaságtanban, pénzügyi modellekben, szociológiában, dietetikában stb. A modell algoritmikus és gépi-numerikus megoldásában Deák István, Szántai Tamás, Mayer János, Kelle Péter, Komáromi Éva, Rapcsák Tamás és mások vettek részt. Számos konkrét gyakorlati alkalmazás történt Prékopa András vezetésével: 1. A magyar villamosenergiaipar öt éves terve. 2. Balatoni vízszintszabályozás. 3. Tiszai víztározók optimális méretezése. 4. Dél-Magyarországi árvízi tározó optimális méretezése. 5. Árvízi tározórendszer optimális méretezése. 6. Optimális induló készletek meghatározása. 7. Biztosításmatematikai problémák megoldása. 8. Mérnöki szerkezetek méretezése. 9. Kapacitás-méretezés közötti hálózatokban.

További alkalmazások is vannak, melyek azonban nem a SZTAKI keretében történtek.

- II. Az 1960-as évek elején született a Matematikai Kutatóintézet Csoportjának tevékenysége révén a Prékopa–Ziermann-féle készletmodell. Ennek az a lényege, hogy ipari üzemek termeléséhez a folyamatos anyagellátást biztosí-

tandó biztonsági (induló) készleteket kell méretezni, mégpedig valamennyi alapanyagra és félkész termékre. A feladat megoldására egy egyszerűbb (Ziermann, Prékopa) és egy igényesebb (Prékopa) modell született. A modellek nagymértékben eltértek az irodalomban közölt modellektől, egyfelől rendkívül gyakorlatiasak voltak, másfelől elméleti feldolgozásuk újszerű matematikai eredmények elérését tette szükségessé (konvergencia mértékekben a Brown-mozgás folyamathoz). A Prékopa–Ziermann-modell volt az egyetlen sikeres készletmodell, melyet magyarországi viszonylatban alkalmaztak, a keletkezését követő negyedszázad során. Ebből a munkából a SZTAKI Alkalmazott Matematikai Főosztályának Operációkutatási Osztálya is kivette a részét. Az alkalmazás során az alapmodellnek több variánsa született, melyek a modell elméletét is gazdagították. A projektben Prékopa András, Kelle Péter és Gerencsér László vettek részt.

- III. A Magyar Villamosenergiaipar napi termelési ütemezésének meghatározása. A feladatot az 1970-es években mintegy tíz évi kutatómunkával oldotta meg egy kutatócsoport Prékopa András vezetésével. A csoport további tagjai Mayer János, Strazicky Beáta, Deák István, Hoffer János, Németh Ágoston és Potecz Béla voltak. A feladatot általánosabban is megfogalmazták, így alkalmas rövidtávú villamosenergia-termelés ütemezésére, hőerőművek rendszerében, a hálózati feltételek figyelembevételével. A hazai esetet tekintve, a napot egyórás ill., félórás periódusokra osztották, és minden egyes periódusra vonatkozólag megmondták, hogy melyik erőmű melyik gépegysége mikor kapcsolódjon be, ill. ki és bekapcsolt állapotában milyen szinten termeljen, hogy a napi termelési költség minimális legyen, adott feltételek mellett. A feltételek között a rendelkezésre álló tüzelőanyag korlátozás mellett sok egyéb is van, ilyen pl. az, hogy egy kikapcsolt generátort néhány óráig nem szabad bekapcsolni; a csomóponti és hálózati feszültség sehol ne legyen túl nagy; de a legfontosabbak azok a hálózati feltételek, amelyek a hálózat teljes fizikájának figyelembevételével biztosítják a csomópontokban jelentkező igények kielégítését. A modell nagyméretű, nemkonvex, vegyes változás determinisztikus (az igényeket elég nagy pontossággal sikerült előre jelezni) matematikai programozási feladat, eredeti formájában komplex számokkal a feltételekben és a célfüggvényben. A feladat megoldási ideje az 1980 körül az Akadémián üzembe állított IBM3031 számítógépen két perc volt, tehát alkalmas a gyakorlatban való bevezetésre. Az eredményeket az 1980-as évek elején bemutattuk az MTA Operációkutatási Bizottságnak és még a riválisok is nagy elismeréssel nyilatkoztak róla. A modelltől és a feladat megoldásáról egy terjedelmes magyar nyelvű cikkben számoltunk be. Ennek angol fordítása 2014 júliusában könyv alakban is megjelent a Springer-nél.
- IV. Forgalmi hálózatok fejlesztési és karbantartási problémái. A kutatócsoport vezetője eleinte Klafszyk Emil, később Bakó András volt. További részt-

vevők: Kas Péter, Király László, Kis Dénes (külső), Vásárhelyi Boldizsár (külső), Monigl János (külső) és mások. Városok közötti forgalmát modellezték a körzetekre osztás és a „nehézkedési vonzás”, továbbá az ún. forgalom ráterhelés (traffic assignment) módszerével. Meg tudták mondani pl., hogy ha Budapesten egy hidat lezárnak, miként alakul a város forgalma. A modellt az országos úthálózata is megfogalmazták, számszerűsítették és eredményesen alkalmazták az országos tervezésben.

Egy másik idevágó projekt volt az útburkolat menedzsmentjének problémája, hogy ti. a téli leromlás után milyen kezelést célszerű alkalmazni a különböző típusú utakra. A kutatás a későbbiekben a hidak optimális karbantartási ütemezésére is kiterjedt.

- V. Eredmények az operációkutatási szoftver területén. E tekintetben elsősorban Maros István munkásságát kell megemlíteni, akihez több bravúros LP-megoldás fűződik. Ezek egy részét még az INFELOR-ban fejlesztette, amikor a Kornai–Lipták-modell alkalmazása félbemaradt, és helyette Makra Tamás ajánlott másikat a Tervhivatal részéről. A feladat sikeres megoldása után Maros István PC-re írt LP-kódja egy nemzetközi összehasonlításban a második helyen végzett (az első helyre egy professzionális szoftvercég kódja került). Ezt ezután több nyugati intézmény is alkalmazta. Angliában egy takarmányozási programcsomagból kiemelték az LP-kódot, és azt a gyorsabb, megbízhatóbb Maros-féle LP-kóddal helyettesítették.

Maros István hasonlóan hatékony megoldási szoftvert készített a minimum költséges hálózati folyam problémára vonatkozóan. Ez húsz évvel ezelőtt megnyerte a Rutgers Egyetemen szervezett versenyt, maga mögé utasítva ünnepeelt megoldási algoritmusokat alkalmazó kódokat. Az operációkutatási szoftver másik nagy egyénisége Mészáros Csaba (Maros István tanítványa), aki a belső pontos módszerek számítógépes reprezentációjával ért el jelentős nemzetközi sikereket.

- VI. A fentiekben csupán a legfontosabb, legnagyobb hatású elméleti, alkalmazási és számítástechnikai eredmények összefoglalására törekedtem. Terjedelmi okok miatt nem térhettem ki sok egyéb tudományos és alkalmazási eredmény ismertetésére. Megemlítem azonban, hogy sok szép eredmény született diszkrét programozási vonatkozásban (Kovács László Béla, Vizvári Béla), hálózati folyamatokkal kapcsolatban (Klafszyk Emil, Bakó András, Komáromi Éva, Kas Péter, Király László) és nemlineáris programozás vonatkozásában (Rapcsák Tamás, Fülöp János, Klafszyk Emil). A projektek közül a Dunaújvárosi Acélmű termelés-tervezési problémájának több főosztályt érintő munkáit kell megemlíteni. Utóbbi tudományos értéke azonban kérdőjeles.
- VII. Oktatás. 1968–1985 között a Matematikai Kutató Operációkutatási Csoportja, később az MTA Számítástechnikai Központja, ill. a SZTAKI Ope-

rációkutató Osztálya sikerrel látta el egy teljes operációkutató mester szintű program működtetését az Eötvös Loránd Tudományegyetem Matematikai Intézetében. A program létrehozója és vezetője Prékopa András volt. Sajnálatos, hogy az utánpótlás nevelése ilyen címen a mai Magyarországon nem folyik.

- VIII. A SZTAKI és az MTA Számítástechnikai Központ egykori munkatársai közül tizenötven lettek egyetemi tanárok, ill. nyerték el a tudomány doktora címet, közülük egy az MTA rendes tagja. Munkáik nemzetközileg ismertek és elismertek. Ezt számos dokumentum bizonyítja, melyek közül e helyen csak egyre hivatkozom.

Alex Orden, a matematikai programozás és az operációkutatás egyik kezdeményezője és klasszikusa 1975 szeptemberében Magyarországon járt azzal a feladattal, hogy a National Science Foundation számára helyzetképet adjon az operációkutató és informatikai kutató és alkalmazási munkákról, eredményekről. Az USA-ba való visszatérése után beszámolót készített, melyet a SIGMAP (Special Interest Group in Mathematical Programming) folyóiratában megjelentetett. Ebben a SZTAKI Operációkutató Osztályának munkájáról azt írja, hogy „While the extent and variety of OR activity in the US is much greater than in Hungary, it is difficult to find an American OR unit in which mathematical research, algorithm and computer program development and work on applications of OR coexist in harmony on such an extensive front.”

Megjegyzés: A tud. eredmények listájában külön fejezetet érdemel Gerencsér László tevékenysége. Ezt azonban ő saját maga tudja a legjobban összefoglalni, azért nem vettem be az én előzetes anyagomba.

Budapest, 2014. május 31.

Prékopa András