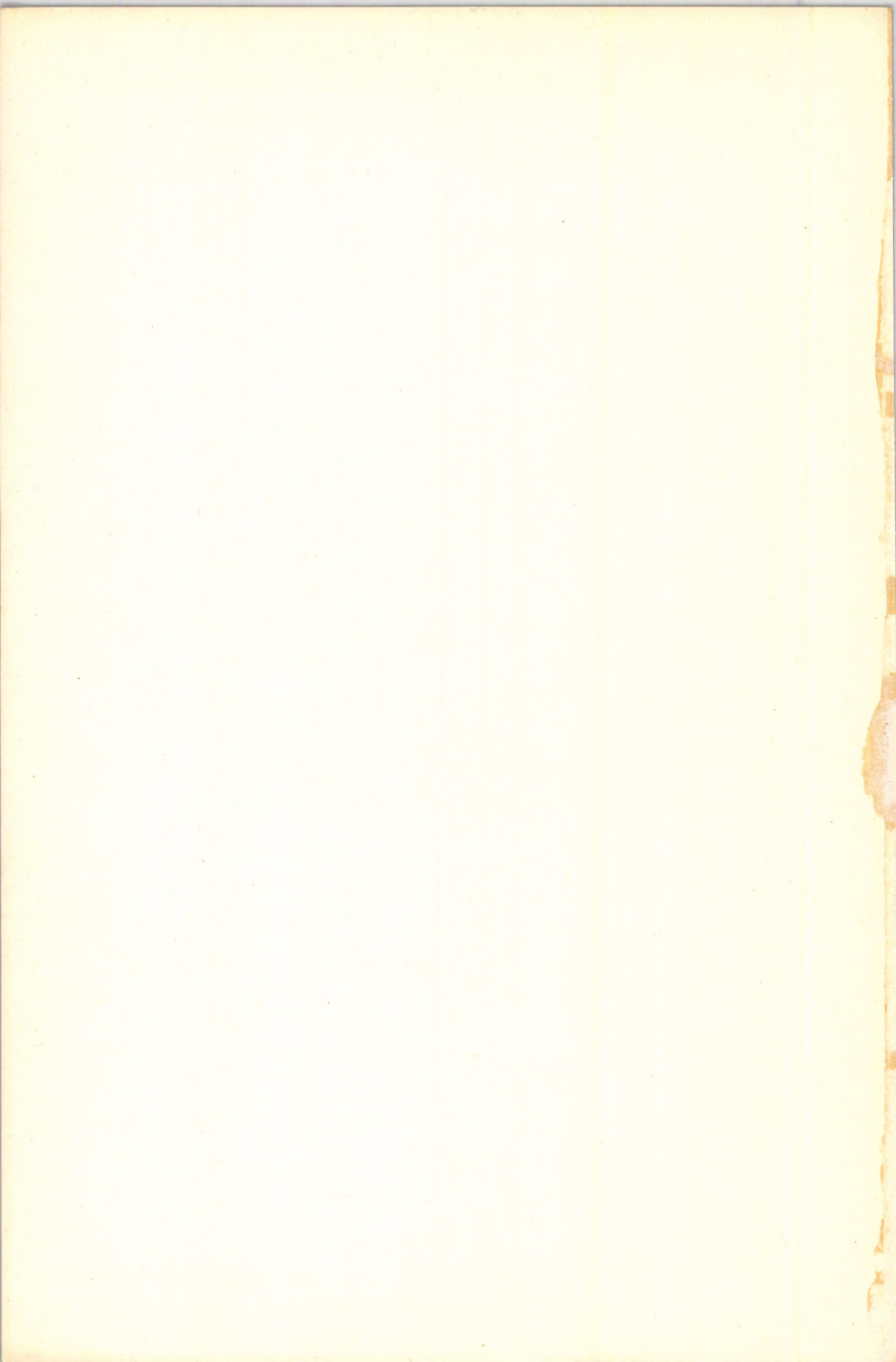


PRIMENA
MATEMATIČKOG
PROGRAMIRANJA
I ELEKTRONSKIH
RAČUNARA
U PLANIRANJU

PREVODI 4



JUGOSLOVENSKI
INSTITUT
ZA EKONOMSKA
ISTRAŽIVANJA



MAŠINSKI ORIGINAL

P R E V O D I 4

**PRIMENA MATEMATIČKOG PROGRAMIRANJA I
ELEKTRONSKIH RAČUNARA U PLANIRANJU**



Jugoslovenski institut za ekonomska istraživanja

Beograd, mart 1966.

NASLOVI ORIGINALA

1. Akad. V. Gluškov, akad. N. Fedorenko, "Problemy širokogo vnedrenija vyčislitel'noj tehniky v narodnoe hozjajstvo", *Voprosy ekonomiki*, No. 7, 1964.
2. V. Pugačev, "Voprosy optimal'nogo planirovanija narodnogo hozjajstva s pomošču edinoj gosudarstvennoj seti vyčislitel'nyh centrov", *Voprosy ekonomiki*, No. 7, 1964.
3. J. Kornai, "Mathematical Programming as a Tool in Drawing up the Five Year National Economic Plan", Research Department of the National Planning Board – Computing Centre of Hungarian Academy of Sciences, Budimpešta, 1, juli 1965.

Redaktor: Miodrag Ostraćanin

Prevodioci: Desanka Stefanović

Olga Tomić

S A D R Ź A J

P R E D G O V O R	i
1. PROBLEMI ŠIROKE PRIMENE RAČUNSKE TEHNIKE U PRIVREDI, /akad. V. Gluškov, akad. N. Fedorenko/	1
2. PITANJA OPTIMALNOG PRIVREDNOG PLANIRANJA POMOĆU JEDINSTVENE DRŽAVNE MREŽE RAČUNSKIH CENTARA, /V. Pugačev/	10
Kriterijum optimalnosti	13
Vrsta i obimnost zadatka optimalnog privrednog planiranja	14
Algoritam rešenja zadatka optimalnog privrednog planiranja	16
Organizacija proračuna optimalnog privrednog planiranja	21
3. MATEMATIČKO PROGRAMIRANJE KAO SREDSTVO ZA IZRADU PETOGODIŠNJEG NACIONALNOG PRIVREDNOG PLANA /J. Kornai/	26
U v c d	26
Neki opšti zahtevi	27
Kalkulacije na nivou sektora	29
Povezivanje pojedinih sektorskih modela	32
Planiranje na dva nivoa	37
Mesto matematičkog programiranja u planiranju	39

J. Kornai

MATEMATIČKO PROGRAMIRANJE KAO SREDSTVO ZA IZRADU PETOGODIŠNJEG NACIONALNOG PRIVREDNOG PLANA

U v o d

Tim od nekoliko stotina ekonomista, matematičara, inženjera i planera radi u Mađarskoj na pripremi prvog eksperimentalnog planskog projekta koji će obuhvatiti celu nacionalnu privredu¹⁾. Istraživački rad je direktno povezan sa izradom nacionalnog privrednog plana za 1966–1970. godinu, ali ima mnogo opštiji cilj. Traže se odgovori na sledeća pitanja:

Koje funkcije socijalističkog privrednog planiranja ili konkretnije, izrade petogodišnjih privrednih planova mogu da preuzmu metodi matematičkog programiranja? Kakvo mesto treba odrediti matematičkom programiranju u mehanizmu planiranja privrede u celini?

Da li matematičko programiranje pomaže da se izradi plan koji je bolji od plana izradjenog upotrebom uobičajenih nematematičkih metoda? (Ove metode ćemo nadalje nazivati *tradicionalnim* metodama planiranja). Koje su prednosti matematičkog programiranja?

Kakvi su uslovi za sistematsku primenu metoda matematičkog programiranja?

¹⁾ Projektom, koji se radi pod pokroviteljstvom Nacionalne planske komisije, rukovodi autor. Svojim radom na konstrukciji modela i svojim kalkulacijama posebno su doprineli: Gospodja László Ábel, Gusztáv Báger, Péter Bod, István Dancs, gospodja János Déák, György Filep, Tamas Lipták, Béla Martos, András Nagy, Judit Rimler, György Simon, Benedek Schreiber, László Szabó, Márton Tardos, gospodja László Ujlaki i Tibor Vidos.

Navedena pitanja se neprestano ponavljaju u literaturi²⁾. Mi, međutim, smatramo da je eksperiment najbolji način da se dobiju uistinu ubedljivi odgovori. Nije dovoljno samo uveravati u prednosti matematičkih metoda, njihovu korisnost *treba dokazati*.

Sasvim je prirodno da naš rad ima mnogo dodirnih tačaka sa primenom matematičkog programiranja u drugim područjima. On se, međutim, posebno oblikuje naporima da se metod matematičkog programiranja primeni u socijalističkim uslovima, na nacionalnom nivou, kao sredstvo za izradu petogodišnjeg plana i kao integralni deo svakodnevne prakse planiranja.

Neki opšti zahtevi

Pri konstruisanju modela trudili smo se da odgovorimo sledećim zahtevima.

1) Postavili smo sebi za zadatak da konstruišemo model koji se da izračunati. Prema tome, upotrebili smo model linearnog programiranja. Potpuno nam je jasno da bi ekonomsku stvarnost bolje predstavili kad bi pored neprekidnih u našim modelima upotrebljavali diskretne varijable, kad bi izvesne odnose predstavljali nelinearnim jednačinama, kad bi primenili stohastičko programiranje. Metodi veće preciznosti su upotrebljavani još ranije, u manjim istraživačkim projektima,³⁾ ali, kad smo pristupili izradi prvog planskog projekta koji će obuhvatiti privredu u celini, odlučili smo da je bolje pridržavati se najelementarnijeg tipa modela. Uprkos toga, prilikom računanja, sukobljavali smo sesa krajnje velikim teškoćama.

2) Model je u izvesnom smislu *prilagodjen strukturi i sistemu indeksa tradicionalnog planiranja*. Pri tom smo imali u vidu dva cilja. Prvo, trebalo je

2) Vidi, pre svega L. V. Kantorovič (5).

3) Tako na primer, nacionalnom programiranju je prethodilo sektorsko programiranje koje je obuhvatilo nacionalnu industriju veštačkih vlakana. Pri tom je bila upotrebljena nelinearna funkcija troškova koja ukazuje na prednosti masovne proizvodnje, nesigurni podaci su bili tretirani kao slučajne varijable itd. (Za pojedinosti vidi (7)).

što više iskoristiti podatke koji su bili prikupljeni za ciljeve tradicionalnog planiranja. Osim toga, poželjno je da rezultati budu što je moguće više uporedivi sa ciljevima plana, određenim tradicionalnim metodama. (Ove ciljeve ćemo nadalje zvati *zvanični program*.) U svom odnosu prema tradicionalnom planiranju naš projekat pokazuje dvojstven karakter: sa jedne strane, on se oslanja na zvanični program sa druge strane, konkuriše ovom.

Drugi zahtev – usaglašavanje sa strukturom tradicionalnog planiranja – znači da se mi trudimo da naš matematički model u izvesnom smislu *podražava* šemu koju smo do sada upotrebljavali za konstrukciju petogodišnjih planova. Ovo može koristiti prilikom izrade teorije socijalističkog planiranja.

3) Naše kalkulacije treba da budu dovoljno *detaljne* da bi nam pružile upotrebljive informacije ne samo za rad u Nacionalnoj planskoj komisiji, već i za rad na nivou ministarstava. Treba izbegavati strogo određivanje planskih zadataka po sektorima – nužno je pružiti mogućnost važnijim investicionim, proizvodnim i spoljnotrgovinskim granama da planiraju u okvirima projekta.

Na nesreću, ovaj poslednji zahtev, kao i prvi, naterao nas je da učinimo izvesne ustupke; bilo je potrebno odreći se težnje da model vremenski rasporedi aktivnosti. Glavni argumenat za ovaj manje agregirani ali nedinamički model, nasuprot agregiranog višefaznog modela je i to što je tradicionalno planiranje bilo dezagregirano i nedinamičko. Dugoročno planiranje (za 15–20 godina) je u Madjarskoj još uvek u povoju, izrada petogodišnjih planova još uvek nije sistematski povezana sa radom na dugoročnim planovima koji bi obuhvatili period od 15–20 godina. Da smo konstruisali model koji bi obuhvatao dva ili tri petogodišnja planska perioda ne bi bili u stanju da odgovorimo drugom gore navedenom zahtevu; podaci prikupljeni za ciljeve tradicionalnog planiranja ne bi stvorili adekvatnu bazu za rad, ni bi bilo moguće upoređivati rezultate dobijene putem zvaničnog programa.

Sasvim nam je jasno da jednofazni karakter modela predstavlja najslabiju tačku našeg istraživačkog rada; zbog toga smo bili prinudjeni da podjemo od izvesnog broja vrlo uprošćenih pretpostavki. Nadajmo se da ćemo prilikom kasnijeg eksperimentalnog proračunavanja biti u stanju da popravimo ovaj nedostatak.

Kalkulacije na nivou sektora

Nacionalni model se sastoji od 50 *sektorskih modela*. U početnoj fazi kalkulacija u svakom sektoru, model ima "individualni život" – on je podložan nezavisnim interpretacijama i predstavlja orudje u rukama planera na nižim nivoima.

Sektor definišemo kao proizvodnu ili spoljnotrgovinsku jedinicu zaduženu za određeni niz proizvoda ili usluga. On se stara da se ostali deo privrede obskrbi dotičnim proizvodima ili uslugama. U praksi madjarske ekonomske administracije, upravljanje i planiranje proizvodnje je odvojeno od spoljne trgovine ali u našem matematičkom modelu ova dva aspekta su organski povezana.

Pojedini sektori su uglavnom odgovorni za nekoliko – šest do deset, u nekim slučajevima, petnaest do dvadeset – grupa proizvoda, agregata, sastavljenih od velikog broja konkretnih proizvoda. (Na primer, cigle, emajlirano posude ili TV prijemnici). Neki sektori proizvode samo jedan tip proizvoda; proizvod sektora električne energije je električna energija, proizvod sektora železnica je prevoz itd. Nadalje ćemo *proizvodima* nazivati kako agregatne proizvode tako i usluge.

Pošto smo ovako definisali proizvod, model za celu privredu sadrži oko 400 proizvoda. Veći deo varijabli koje su navedene u modelu i koje predstavljaju privredne aktivnosti, je povezan sa nekim proizvodom (n pr. sa izgradnjom kombinata koji će proizvoditi proizvod o kome je reč, sa samom proizvodnjom ili sa uvozom i izvozom tog proizvoda).

Varijable koje predstavljaju privredne aktivnosti su podeljene u dve glavne grupe: *varijable za transformaciju kapitala i operacione varijable*.

Varijable za transformaciju kapitala predstavljaju privredne aktivnosti koje rezultiraju u pretvaranju pojedinih delova ukupnih sredstava osnovnih i obrtnih fondova od jednog određenog stanja u 1966. u jedno određeno stanje u 1970. godini. Dajmo nekoliko primera.

– Stanje određenih proizvodnih, transportnih ili uslužnih kapaciteta u 1966. godini se održava na tehnološkom nivou 1970. godine. Transformacija bi u ovim slučajevima zahtevala utroške koji imaju karakter održavanja.

– U 1966. godini postoji neki industrijski kombinat, elektrocentrala, željeznička pruga itd. Oni će se transformirati u toku petogodišnjeg planskog perioda na određeni način i doći do finalnog stanja koje je različito od početnog. (Npr. stare mašine kombinata će se delimično zameniti modernim mašinama; željeznička pruga će se modernizovati sigurnosnim uređajima; neka poljoprivredna grana će biti mehanizirana itd.). Aktivnosti koje imaju za cilj očuvanje stanja iz 1966. godine i one koje teže da ga promene su usko povezane.

– Potpuno novi kombinat, transportni ili uslužni pogon, će se izgraditi. U ovom slučaju radi se o transformaciji koja u 1970. godini stvara pogon na mesto gde je 1966. godine bilo "nula kapitalnih sredstava".

U ovim primerima smo govorili o ukupnim proizvodnim fondovima i o transformaciji ukupnih sredstava. Postupak sa zalihama deviznih sredstava i deviznim dugovima je u izvesnom smislu analogan. Cifre u modelu koje se odnose na podizanje kredita i plaćanje dugova će u 1970. povećati ili smanjiti konačno stanje zaliha i dugova na inostranom tržištu novca u poredjenju sa početnim stanjem u 1966. godini.

Zajednički cilj svih varijabla za transformaciju kapitala je da stvore kapacitete i mogućnosti za ekonomske operacije u 1970. godini. Da sada damo nekoliko primera operacionih varijabli.

– Proizvodnja određenog proizvoda u 1970. godini. Ovde su svrstane sve proizvodne aktivnosti, uključujući one koje će samo indirektno doprineti proizvodnji 400 proizvoda našeg modela. (Npr. varijable koje predstavljaju proizvodnju različitih polufinalnih proizvoda koji neće izaći iz kombinata u tom obliku, kao i jedinjenja ovakvih proizvoda u istom kombinatu u hemijskoj industriji i sl.):

– Uvoz i izvoz određenih proizvoda u 1970. godini pod određenim tržišnim uslovima.

– Prikupljanje interesa za kredite inostranstvu i plaćanje interesa za inostrane dugove u 1970. godini.

Iz onoga što je rečeno jasno se vidi da *program koji se dobija posredstvom modela predstavlja kompleksni plan investicija, tehničkog razvoja, proizvodnje, međunarodnog finansijskog poslovanja, izvoza i uvoza.*

Naš model sadrži i mnoga ograničenja. Prva glavna grupa ograničenja odnosi se na transformaciju kapitala, naročito sa tri aspekta;

- Sa stanovišta početnog stanja: npr. aktivnosti koje teže održavaju početnog stanja su ograničene zalihama postojećim u 1966. godini.
- Sa stanovišta konačnog stanja: npr. višak kapaciteta koji se može stvoriti posredstvom tehničke rekonstrukcije stare fabrike je tehnički dat.
- Sa stanovišta utroška potrebnog za transformaciju; smatra se da su investicioni resursi ograničeni. Unutar ovih, i u vezi sa konvencijama tradicionalnog planiranja, posebna ograničenja su postavljena: kvotama domaćih mašina, mašina uvezenih iz socijalističkih zemalja i kvotama mašina uvezenih iz kapitalističkih zemalja koje se upotrebljavaju za ciljeve investicija, kvotama gradjevinarstva itd. Posebna ograničenja su nametnuta na korišćenje izvesnih specifičnih tipova mašina i gradjevinskih usluga.

Druga grupa ograničenja se odnosi na aktivnosti u 1970. godini, prvenstveno sa sledećih aspekta:

- Tehnološke jednačine: regulisanje tehničkih odnosa izmedju sirovina, polufabrikata i finalnih proizvoda.
- Obaveza da se zadovolji finalna domaća tražnja. (Smatra se da su ne-proizvodni zahtevi stanovništva i javnih službi dati).
- Ograničenja spoljne trgovine. Gornju granicu predstavljaju teškoće u realizaciji izvoza; obaveze za izvoz koje proističu iz međunarodnih ugovora su donja granica. (Ovde spadaju neki vezani poslovi kao što su obaveze izvoza radi kupovine mnogo traženih sirovina i dobara, globalni platni i trgovinski bilans itd.)
- Ograničenja raspoložive radne snage. Pre svega, preporučuje se nespecifikovano globalno ograničenje radne snage. (Ali smatra se da je ovo samo gornja granica ograničenja; totalno korišćenje potencijala radne snage se ne smatra obaveznim jer se neiskorišćena radna snaga može koristiti da bi se povećalo slobodno vreme). U izvesnim kategorijama – inženjeri, kvalifikovani radnici, istraživački kadar itd. – raspoloživi "intelektualni kapital" je posebno ograničen. Gornja granica je postavljena platnom fondu (ovo je potrebno da bi se onemogućilo kupovnim fondovima da prevaziđu ponudu dobara i usluga predvi-

djenih prilikom određivanja finalne domaće tražnje).

– Nestošica prirodnih resursa. Ovde spada, pre svega, obradivo zemljište sa različitim stepenima kvaliteta i geološki resursi.

– Na kraju, treća glavna grupa ograničenja obuhvata ograničenja koja regulišu odnose medju varijablama za transformaciju kapitala sa jedne strane i operacionih varijabli sa druge strane. Kadgod je ovaj odnos izričito određen, transformacija kapitala i aktivnosti u 1970. godini su predstavljeni zajedničkom varijablom. Pretpostavimo npr. da se sa kapacitetima koji su u pogonu 1966. godine i koje treba sačuvati na nepromenjenom tehnološkom nivou, može proizvesti samo jedan jedini proizvod. U tom slučaju, ista varijabla će u modelu predstavljati održavanje kapaciteta izmedju 1966. i 1970. i proizvodnju u 1970. godini. U drugim slučajevima, medjutim, biće umesno povezati dva tipa aktivnosti ograničenjima. Na primer isti proizvodni kapaciteti će proizvoditi mnoštvo proizvoda; ograničenje će propisati da potrebe u kapacitetima alternativnih proizvodnih aktivnosti za 1970. godinu ne smeju prevazići kapacitete stvorene do te godine.

U različitim kalkulacijama na nivou sektora upotrebljavaju se istovremeno nekoliko funkcija ciljeva (npr. minimiziranje troškova u 1970. godini; maksimiziranje suficita platnog bilansa 1970. godine itd.). Sektorski modeli su upotrebljavani za izvodjenje izvesnog broja testova elastičnosti i kalkulacija parametarskog programiranja; tako dobivena iskustva su poslužila kao baza za predloge podnesene odgovornim organima dotičnog sektora.

Povezivanje pojedinih sektorskih modela

U praksi, sektorski modeli nisu autonomni već medjusobno povezani. Sa ovog stanovišta, ograničavajuće konstante sektorskog modela možemo klasirati u dve glavne grupe: *unutar sektorska i medjusektorska ograničenja*.

Unutarsektorska ograničenja regulišu "unutrašnje poslove" sektora. One obuhvataju one tehnološke jednačine koje opisuju tok proizvoda unutar sektora; ograničenja početnih fondova sektora, početnih kapaciteta ili individualna ograničenja plasmana izvoza koja se odnose na proizvode sektora.

Medjusektorska ograničenja, sa druge strane, regulišu sektorske

"spoljne poslove". Ovde spadaju sve jednačine koje opisuju tokove proizvoda između pojedinih sektora. (Npr. električna energija je proizvod za sektor električne energije a utrošak za sve druge sektore, bilans električne energije moramo smatrati kao medjusektorsko ograničenje za sve sektore. (Isto se odnosi i na alokaciju resursa na koje polaže pravo nekoliko sektora (npr. kvota bruto investicija, fond plata itd.).

Uvedimo sledeću notaciju:

A_i = matrica koeficijenata medjusektorskih ograničenja i -tog sektora.
(U našem modelu $i = 1, 2, \dots, 45$, ali radi uopštenije formulacije govorićemo o n sektora.)

B_i = matrica koeficijenata unutarsektorskih ograničenja i -tog sektora.

u_i = vektor konstanta medjusektorskog ograničenja i -tog sektora.

b_0 = vektor makroekonomskih granica medjusektorskih ograničenja

b_i = vektor konstanti unutarsektorskih ograničenja i -tog sektora

c_i = vektor koeficijenata funkcije cilja i -tog sektora

x_i = program i -tog sektora

$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ = nacionalni program.

x_i^{ZV} = zvanični program i -tog sektora izradjen na bazi tradicionalnih metoda.

x^{ZV} = zvanični nacionalni program.

Kao što je ranije rečeno, kalkulacije su radjene u dve faze. U prvoj fazi, svaki sektor izvodi svoj projekat programiranja odvojeno; u drugoj fazi, sektorski modeli su povezani i kombinovani u jedinstveni model koji obuhvata privredu u celini. Odvajanje dveju faza se motiviše jedino praktičnim razmatranjima. Sektori neće završiti svoje modele u isto vreme i naša je želja da se vreme čekanja upotrebi za korisne kalkulacije. Osim toga, iskustvo je pokazalo da u ranim fazama, modeli sadrže mnoge greške, eliminisanje kojih zahteva stalno proveravanje kalkulacija i praktičnih testova. Smatra se da je lakše izvesti ove operacije "ubacivanja" u sektorske modele nego u nacionalni model sa njegovim velikim dimenzijama.⁴⁾

⁴⁾ Šta više, rezultati kalkulacija na nivou sektora mogu – što se tiče računске tehnike – da se upotrebe za izradu programskog projekta na nacionalnom nivou.

Razmotrimo sada *prvu fazu*. Pre svega, odredićemo vektor medjusektorskih ograničenja u_i u saglasnosti sa zvaničnim sektorskim programom x_i^{ZV} :

$$u_i = A_i x_i^{ZV}. \quad (1)$$

Kad konstruišemo model treba da proverimo da li on zadovoljava unutar-sektorska ograničenja:

$$B_i x_i^{ZV} \leq b_i \quad (2)$$

Ako, u izuzetnim slučajevima, ovaj uslov nije zadovoljen, nastavićemo sa korekcijama zvaničnog programa; ovaj korigovani program, koji zadovoljava uslov (2) će nadalje biti naš x_i^{ZV} .

Sada ćemo pomoću elektronskih računara nastaviti, sa određivanjem programa x_i^* što znači rešiti sledeće probleme linearnog programiranja:

$$A_i x_i = u_i \quad (3a)$$

$$B_i x_i = b_i \quad (3b)$$

$$x_i \geq 0 \quad (3c)$$

$$c_i^T x_i \rightarrow \max! \quad (3d)$$

Pri opisivanju programa x_i^* koji dobijamo rešavanjem problema (3), želeli bi da izbegnemo termin "optimalan" budući da je optimalnost ovog programa prilično relativna. (Pored ostalog, ona će u priličnoj meri zavisiti od vektora medjusektorskog ograničenja u_i). Program ćemo radije nazivati *dominantnim* sektorskim programom budući da on opšte uzevši dominira nad zvaničnim sektorskim programom x_i^{ZV} ; i x_i^* i x_i^{ZV} zadovoljavaju uslove (3a) do (3c), a sa stanovišta funkcije $3d^5$) dominantan program je bolji nego zvanični program. U kalkulacijama na nivou sektora koje smo do sada izveli, uglavnom smo maksimizirali suficit bilansa spoljne trgovine izražen u dolarima. Ova funkcija cilja pokazala je uštede od 5 do 15 po sto u programima dominantnog sektora u uporedjenju sa zvaničnim sektorskim programima.

5) Da bi uprostiti stvari zanemarujemo slučaj kada je $x_i^* = x_i^{ZV}$, mada on nije teoretski nemoguć. Ovakav slučaj se nije pojavio u dosadašnjoj praksi.

Opišimo *drugu fazu*. Ovde su sektorski modeli spojeni u jedan jedini model koji obuhvata nacionalnu privredu u celini. Suočeni smo sa sledećim problemom linearnog programiranja:

$$A_1 x_1 + A_2 x_2 + \dots + A_n x_n = b_0 \quad (4a)$$

$$\begin{array}{rcl} B_1 x_1 & & = b_1 \\ & B_2 x_2 & = b_2 \\ & \dots & \\ & B_n x_n & = b_n \end{array} \quad (4b)$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0 \quad (4c)$$

$$c_1' x_1 + c_2' x_2 + \dots + c_n' x_n \rightarrow \max! \quad (4d)$$

U odnosu na naše mogućnosti i računjanja, dimenzije problema (4) su ogromne; on ustvari sadrži nekoliko hiljada varijabli. Stoga, moramo se zadovoljiti sa *aproksimacijom* programa koji predstavlja tačno rešenje problema (4). Pre nego što se pozabavimo metodom aproksimacije, treba da ukažemo na to da ćemo do kraja prve faze imati bar dva nacionalna programa na raspolaganju:

$x^{ZV} = (x_1^{ZV}, x_2^{ZV}, \dots, x_n^{ZV})$, zvanični program nacionalne privrede; i $\bar{x} = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$, grupa programa dominantnog sektora dobivena kao rezultat kalkulacija u prvoj fazi, rešenje problema (3). \bar{X} ćemo nadalje zvati nacionalnim programom *prve aproksimacije*.

Sada možemo odrediti vektor makroekonomskog ograničenja medjusektorskih ograničenja - b_0 -, procedura je analogna onoj pod (1):

$$b_0 = \sum_{i=1}^n A_i x_i^{ZV} = \sum_{i=1}^n \mu_i \quad (5)$$

Možemo izložiti sledeće postavke u odnosu na dva nacionalna programa koji su nam poznati:

1. I zvanični nacionalni program x^{ZV} i nacionalni program prve aproksimacije \bar{x} su ostvarljivi, tj. zadovoljavaju uslove (4a) do (4c).

2. Nacionalni program prve aproksimacije \bar{x} dominira nad zvaničnim programom na osnovu funkcije cilja (4d); prvi program ima više prednosti nego drugi.

U drugoj fazi kalkulacija, cilj je naći program koji će imati više prednosti $\boxed{\text{na osnovu funkcije cilja (4d)}}$ nego plan prve aproksimacije, to jest koji će dominirati nad zvaničnim programom još ubedljivije.

Iz onoga što smo do sada rekli jasno je da se u ove dve faze "udaljavamo" od zvaničnog programa. U prvoj fazi vektor u_1 , zvanična međusektorska distribucija međusektorskih ograničenja, izvedena iz zvaničnog sektorskog programa u saglasnosti sa jednačinom (1), se još uvek smatra obaveznim. U drugoj fazi ovo ograničenje je već odstranjeno. (tj. $A_1 x_1$ može biti veće ili manje nego u_1 , već prema slučaju). Sada je samo ograničenje b_0 , koje se odnosi na nacionalnu privredu u celini, izvedeno od zvaničnog programa u saglasnosti sa jednačinom (5), dok u pogledu distribucije ograničenja b_0 na sektore, naš matematički model ima punu slobodu.

Konstrukcija problema (4), povezivanje individualnih sektorskih modela, postavlja kao uslov da se svako međusektorsko ograničenje interpretira sasvim analogno u svakom sektorskom modelu. U nekim slučajevima ovo se postiže vrlo lako, u drugim opet, nailazimo na velike poteškoće. Pomenićemo samo jedan tipičan primer. Proizvodni sektor obično teži da planira svoju proizvodnju u znatno većim detaljima nego što je sektor potrošnje u stanju da predvidi svoje potraživanje. (Npr. proizvodnja industrije veštačkih vlakana u sektoru industrije veštačkih vlakana je mnogo detaljnije data nego utrošak veštačkih vlakana u sektoru tekstilne industrije). U modelu koji obuhvata celu privredu i koji je sastavljen u saglasnosti sa (4) biće, stoga, potrebno naneti na odgovarajuća mesta neka dezagregirajuća ograničenja i varijable. Ograničenja i varijable će pomoći da se agregirana potraživanja potrošačkog sektora rasporede u dotični proizvodni sektor.

U toku povezivanja sektorskih modela pojavice se ceo niz drugih problema (npr. u vezi sa ograničenjima koja regulišu proizvodnju i distribuciju sektora koji proizvode sredstva za proizvodnju itd.). Medjutim, ograničeni prostor nam ne dozvoljava da se ovim ovde pozabavimo.

Planiranje na dva nivoa

Dato stanje računске tehnike u Madjarskoj ne dozvoljava da se obimni problemi programiranja (4) reše direktno, uobičajenim algoritmima (na primer, simpleks metodom). Umesto toga, treba upotrebiti jedan od takozvanih *dekompozicionih metoda*, koji iskorišćava blok–diagonalni raspored matrice B_i .

Posle teoretskih istraživanja u nekoliko pravaca i posle praktičnog testiranja odlučili smo da izvedemo naše prve eksperimentalne kalkulacije na bazi *Dantzig–Wolfe* metode.⁶⁾ Slično drugim dekompozicionim metodama, ovo je prilično duga procedura. Njena je prednost međjutim, što dovodi do *monotonog* poboljšanja u vrednosti funkcije cilja. Tako dobijamo upotrebljiv rezultat čak i kad smo primorani da prestanemo sa iteracijom pre nego što se postigne optimum.⁷⁾ Šta više, Dantzig–Wolfov metod pruža mogućnost da se još od samog početka za kalkulacije privrede u celini iskoriste programi radjeni u prvoj fazi programiranja na nivou sektora i da se poboljša vrednost funkcije cilja na račun \bar{x} , nacionalnog programa prve aproksimacije već od prve iteracije.⁸⁾

Planiranje celokupne privrede koje se izvodi na bazi metoda rastavljanja naziva se *planiranje na dva nivoa*. (Termin je prvi put upotrebljen da bi označio algoritam koji upotrebljava fiktivnu igru ali, po našem mišljenju, njegova generalizacija je potpuno opravdana). Planiranje se izvodi na dva "nivoa": unutar

6) Vidi (3).

7) Matematičar Th. Lipták i autor ovog članka su ranije razradili jedan drugi metod za planiranje privrede u celini. (vidi 7). Taj metod se zasniva na interpretaciji problema sa stanovišta teorije igara i koristi takozvani metod fiktivne igre. Osnovne prednosti metoda fiktivne igre sastoje se u tome što dimenzije modela praktički nisu ograničene kapacitetom elektronskog računara. Medjsektorski deo problema ustvari neće zahtevati "regularno" linearno programiranje; izvodi se samo niz prilično prostih operacija (kao što su izračunavanje aritmetičkih sredina). Međjutim, metod nije monoton: dok se on približava optimum i vrednost funkcije cilja vrlo mnogo fluktuiru. Upravo taj monotoni karakter konvergencije čini glavnu prednost Dantzig–Wolfvog metoda.

8) Da upotrebimo konceptijsku terminologiju i notaciju iz rada Dantzig–Wolfa (3). Iz programa dominantnog sektora x_i^* kao i iz programa drugih sektora dobivenih u toku testiranja osetljivosti nivoa sektora koji zadovoljavaju uslove (3b) i (3c) mogu se postaviti (generirati) vektori P_{ik} koji mogu sačinjavati vektore kolona matrice koeficijenata takozvanog "ekstremnog problema".

samih sektora i u Nacionalnoj planskoj komisiji, centralnom državnom telu koje je odgovorno za usmeravanje rada sektora. Na oba nivoa raspolaže se izvesnom količinom početnih podataka. Šta više, u toku planskog procesa informacije će teći izmedju dva nivoa. Podaci "proizvod" u kalkulacijama Planske komisije će sadržati podatke "utrošak" u kalkulacijama na nivou sektora i obratno. Upravo u ovome se razlikuju različiti metodi dekompozicije: u određivanju početnih podataka na dva nivoa; u podacima koji cirkulišu izmedju dva nivoa; u karakteru kalkulacija upotrebljenih u njihovoj obradi.

Praksa tradicionalnog planiranja takodje pokazuje proceduru sličnog karaktera. Pre nego što da nacrt pojedinih petogodišnjih planova, vlada ili, bolje rečeno, Planska komisija u ime vlade, daje takozvanu "metodologiju planiranja"; predvidja različite faze planiranje nacionalne privrede; određuje do koje mere cifre centralnog plana treba razbiti i "ponovo planirati" u planovima različitih ministarstava itd. Dekompozicioni metodi će odrediti algoritme kompletnog planskog procesa; algoritme koji će obezbediti aproksimaciju programa sa maksimalnom vrednošću objektivne funkcije (ili npr. u slučaju metoda Dantzig-Wolfe, izvršenje programa putem određenog broja postupaka.).

Želeli bi ovde ukazati, bar u nekoliko reči, na uopšteniji ekonomsko-kibernetički značaj modela planiranja na dva nivoa.⁹⁾ Literatura iz matematičke ekonomije deli modele koji daju opšti opis funkcionisanja privrede, u dve glavne klase. Jedna klasa modela opisuje tip privrede koja je potpuno decentralizovana i sastavljena isključivo od osnovnih jedinica (preduzeća, potrošača itd.) Ovo je model koji upotrebljavaju – prvenstveno po L. Walrasu – istaknuti predstavnici teorije opšte ravnoteže kao što su *K. J. Arrow* i *B. Debreu*.¹⁰⁾ Druga klasa modela opisuje apsolutno centralizovanu privredu u kojoj je svaka ekonomska jednačina centralno planirana. Najistaknutiji predstavnik ove škole je *E. Barone* sa svojim vrlo poznatim radom.¹¹⁾ Oba tipa su modeli sa po jednim nivoom; prvi se sastoji – da upotrebimo našu terminologiju – samo od sektora, drugi – samo od Planske komisije. Naš model, sa druge strane, je na dva

9) Vidi npr. rad *E. Malinvauda* (9) i *J. Waelbroeck* (10).

10) Vidi (1) i (4).

11) Vidi (2).

nivoa, predstavlja istovremeno Plansku komisiju, sektore i njihove međusobne odnose. *Horizontalni* odnosi između sektora i *vertikalni* odnosi između centra i sektora se pojavljuju istovremeno.

Želeli bi izraziti mišljenje da model planiranja na dva nivoa može da pomogne u realnoj matematičkoj deskripciji sistema centralnog upravljanja planškom privredom gde sastavne jedinice nižeg reda zadržavaju relativno znatnu meru nezavisnosti.

Mesto matematičkog programiranja u planiranju

Metod planiranja koji smo ukratno opisali ovde svakako ne može sam po sebi rešiti sve zadatke koje nameće nacrt petogodišnjeg plana. Dva zadatka koja nisu ostvarena treba ovde pomenuti.

Mada opsežan, naš model nije potpun. On obuhvata najvažnije sektore ali ne sve sektore; najvažnije proizvode, ali ne proizvodnju u celini; najglavnije investicione projekte ali ne ukupnu investicionu aktivnost društva. Biće potrebni drugi modeli, agregirani ali obuhvatniji, da bi ga dopunili. Dok ne dobijemo bolje modele, različiti statički i dinamički input-output modeli nam mogu poslužiti u ovu svrhu.

Najvažniji problem, nerešen do danas, je problem podataka. Za sada, u nedostatku boljih izvora, veći deo početnih podataka dobijamo preko dokumentacije tradicionalnog planiranja. Utvrđivanje podataka matematičko statističkim metodima bi bilo najekspeditivnije. Mehanizam tradicionalnog planiranja, međutim, ovo praktikuje samo izuzetno. Tim istraživača koji je angažovan na pripremi programskog projekta nacionalne privrede trudi se da predoči važnost ovog problema: pripremljene su Englove krive koje bi utvrdile podatke koji se odnose na tražnju potrošača; regresionim kalkulacijama se ispituju trendovi međudnosa između investicija i spoljne trgovine itd. Ovo, međutim, ne zadovoljava. Napori da se matematičko programiranje upotrebi kao orudje za planiranje nacionalne privrede neće poslužiti kao zamena za proširenje dometa primene ekonometrijskih metoda i matematičko-statističke analize ekonomskih trendova.

Pretpostavićemo da će u nekoliko sledećih godina biti postignut napredak u ovom pravcu i da će se ocenjeni podaci u modelu matematičkog programiranja bolje utvrditi. U čemu će se onda sastojati uloga matematičkih planskih modela u privrednom planiranju?

U toku tradicionalnog planiranja, da bi se obezbedila ravnoteža plana, upotrebljen je takozvani metod koordinacije planiranja. U praksi ovo znači da Planska komisija i osoblje planskih odeljenja u ministarstvima pokušava da koordinira predložene planske cifre. Koordinacija dugoročnog plana zahteva stotine i hiljade predloga i protivpredloga, memorandumu i protivmemorandumu, kraće i duže konferencije, debate, telefonske razgovore. Plan koji većini učesnika koordinacije izgleda manje više prihvatljiv se stvara u procesu pogadjanja i kolektivnih diskusija između stotina planera. Ovaj složeni proces možemo smatrati "istraživanjem" metodom pokušaja i greški, rešavanjem ogromnog sistema jednačina koje se sastoje od desetine hiljada planskih cifara – nepoznatih, i od jednačina koje izražavaju njihove međusobne odnose. Matematičko programiranje nacionalnog plana i naročito metod planiranja na dva nivoa – obezbeđuje matematičku formulaciju procesa koordinacije plana, generalnu koordinaciju planskih cifara, i mehanizira planiranje posredstvom elektronskog računara.

Na osnovu metoda tradicionalnog planiranja potrebno je dve do tri godine da bi se stvorio petogodišnji plan. U toku tog perioda predlažu se *jedan za drugim* nekoliko kompletnih nacрта; oni se uvek zasnivaju na najnovijim podacima i instrukcijama političkih organa. Ali nikad do sada odgovornim organima u Madjarskoj nije *istovremeno* podnešeno nekoliko kompletnih varijanti plana. Značaj matematičkog programiranja leži u tome što posredstvom testova elastičnosti i parametarskog programiranja ono omogućava da se paralelno stvara čitav niz varijanti kompletnog nacionalnog plana.

Što više, ove planske varijante neće biti samo ostvarljivi (tj. neće biti u saglasnosti sa konstantama ograničenja modela), realistični, uravnoteženi planovi oni će istovremeno biti i *efikasni* planovi. (Treba se setiti da je kriterij efikasnog plana u tome što ne postoji drugi plan koji je od ovog bolji u svakom pogledu; postoje samo planovi koji su bolji od efikasnog plana¹²⁾ u jednom

12) Efikasan plan je definisao T.C. Koopmans (6).

smislu ali gori u drugom.

Namerno izbegavamo termin "optimalan" plan, i to ne samo zbog toga što smo primorani – zbog teškoća računanja – da prekinemo sa računanjem pre nego postignemo maksimalnu vrednost funkcije cilja. Čak i kad bi postigli ekstremnu vrednost funkcije cilja, naš program bi bio optimalan u opštem smislu reči samo ako bi postojala "funkcija blagostanja" koja bi izražavala sintetički interes društva. Mi sumnjamo u to da je takvu funkciju moguće protumačiti i kad smo konstruisali programski model koji obuhvata celu privredu nismo se trudili da konstruišemo sintetičku funkciju blagostanja ovog tipa. Verujemo da je *dovoljno truditi se da sistem ograničenja i funkcije cilja modela treba skupa da numerički izraze glavne ciljeve ekonomske politike.*

Naše iskustvo pokazuje da političko telo koje rukovodi socijalističkom privredom neće biti u stanju da *unapred dâ* numeričku definiciju svojih sopstvenih "preferencija". Sa druge, strane, matematičko programiranje pruža mogućnost stvaranja čitavog niza potpunih i efikasnih nacionalnih programa koji odražavaju mnoštvo pravaca ekonomike i ukazuje u isto vreme na ceo sistem ekonomskih posledica koje bi prouzrokovali alternativni pravci ekonomske politike. (Npr. jedan program može predvideti velike investicije i relativno mali porast životnog standarda do 1970. godine; drugi može staviti naglasak na životni standard a ne na investicije; treći može imati za cilj da smanji radno vreme itd.) Da bi doneli pravilnu odluku, vodeća politička tela treba intenzivno da prouče sve planske varijante koje pretstavljaju alternativne pravce ekonomske politike. Prihvaćena varijanta programa može da se opiše kao *program koji efikasno sprovodi ekonomsku politiku odgovornih političkih organa*. Ova definicija može biti manje atraktivna nego termin "optimalni program" – ali je realističnija i izražava tačnije odnose između ekonomske politike i planiranja u praksi planirane socijalističke privrede.

Jasno je iz gore rečenog da je uloga našeg istraživanja bila ne da definiše jedan jedini nacionalni program koji bi bez pogovora bio dat na izvršavanje. Naš zadatak će biti uspešno izvršen onog dana kada matematički model na dva nivoa nacionalne privrede bude završen i dat na raspolaganje ekonomskoj administraciji koja će ga isprobati na svim nivoima; da razradi varijante plana i

prouči moguće posledice svojih sopstvenih odluka. U model treba neprestano unositi nove podatke; aktivnosti koje više nisu aktuelne treba eliminisati a nove aktivnosti evidentirati. Model matematičkog programiranja će tako postati *stalni* instrumenat neprekidnog procesa planiranja.

L i t e r a t u r a

1. ARROW, K. J. – DEBREU, G.: "Existence of an equilibrium for a competitive economy", *Econometrica*, 22 (1954) 265–290.
2. BARONE, E.: "The ministry of production in the collectivist state", HAYEK, F.A. /redaktor/: *Collectivist economic planning*, London, Routledge, 1939.
3. DANTZIG, G.B. – WOLFE, Ph.: "The decomposition algorithm for linear programs", *Econometrica*, 29 /1961/ 767–778.
4. DEBREU, G.: *Theory of value*, New York, Wiley, 1959.
5. KONTOROVIČ, V.L.: "Ekonomičeskij račot nailučšego ispoljzavanija resursov, Izdatel'jstvo AN SSSR, 1959.
6. KOOPMANS, T.C.: „Analysis of production as an efficient combination of activities”, u KOOPMANS, T.C. /redaktor/: *Activity analysis of production and allocation*, New York – London, Wiley – Chapman, 1951.
7. KORNAL, J. – LIPTAK, Th.: "Two-level planning", *Econometrica*, 33 /1965/ 141–169.
8. KORNAL, J.: *Mathematical planning of economic structure*, Dudimpešta, Madjarska akademija nauka, North-Holland Publishing Co. (u pripremi).
9. MALINVAUD, E.: *Decentralised procedure for planning*, (Mimeographed), Cambridge, International Economic Association, 1963.
10. WAELBROECK, J.: "La grande controverse sur la planification et la théorie économique mathématique contemporaine", Cahiers de l'ISEA /1964 fevrier/ No. 146, 3–24.