

R. Renter

**MAJANDUS-
KÜBERNEETIKA
RAKENDAMISEST
TÖÖSTUSE
JUHTIMISEL**



-29029III

6.65.0

R. RENTER

**MAJANDUSKÜBERNEETIKA
RAKENDAMISEST
TÖÖSTUSE
JUHTIMISEL**

TKI fotokopistalaboratoorium

Mr. nr. 250

**KIRJASTUS «EESTI RAAMAT»
TALLINN 1968**

338
R40

Kujundanud U. Ploomipuu

21

Tartu Riikliku Olikooh
Raamatukogu

96414

E E S S Ö N A

Kaasaegse majandusteaduse kõige nooremaks haruks on majandusküberneetika. See uus teaduslik distsipliin on välja arenenud seoses küberneetika printsiipide rakendamisega majandusteoorias konkreetsete majandusprobleemide lahendamiseks rahvamajanduses. Majandusküberneetika uurimisobjektiks on kogu rahvamajanduse, rahvamajandusharu, territoriaalse üksuse, tootmiskoondise, üksiku ettevõtte ja selle alljaotuste juhtimise ja planeerimise protsessid. Küberneetiliste ja matemaatiliste meetodite ning elektronarvutite rakendamise alusel on majandusküberneetika tähtsaimaks ülesandeks rahvamajanduse optimaalse planeerimise ja juhtimise tervikliku teooria väljatöötamine. Selle teooria elemente rakendatakse praegu järjest ulatuslikumalt, alates kõige madalamast (ettevõttest) ja lõpetades kõige kõrgema (üldriikliku organi) tasemega rahvamajanduses.

Käesolevas brošüüris püütakse anda tööstuse juhtimise ja planeerimisprobleemide põgus majandusküberneetiline käsitlus nii teoreetilisest kui ka praktilisest aspektist. Ouline koht on seejuures antud majanduslike probleemide majandusmatemaatilise mudeleerimise komplitseeritud probleemistikule. Kõige üldisemate praktiliste näidete alusel on püütud selgitada majanduslike süsteemide ja protsesside mudeleerimise aluseid ning lineaarse planeerimise ülesannete universaalset lahendamismetodit.

Brošüür on mõeldud küllalt laiale lugejaskonnale, eeskätt aga tööstusökonomitidele, kelle tõsiseks sooviks on kaasas käia kaasaegse majandusteadusega.

AUTOR

SISSEJUHATUS

NLKP ja Nõukogude valitsus on rahvamajanduse juhtimisele ja planeerimisele alati suurt tähelepanu pööranud. Eriti aktuaalseiks muutusid need küsimused alates NLKP Keskkomitee 1965. aasta septembripleenumist, kus kavandati uued, objektiivsed tööstuse juhtimise ja planeerimise suunad. Majandusreformi objektiivne vajadus tulenes tootlike jõudude ja sotsialistlike tootmissuhete arendamise nõudest. Mõistagi tõstab sotsialistliku majanduse kiire arenemine ka edaspidi paratamatult üles uusi rahvamajanduse juhtimise täiustamise probleeme. See nõuab sügavat teaduslikku uurimistööd selles valdkonnas, ühiskondliku tootmise juhtimise teaduslike aluste põhjalikku läbitöötamist. Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei XXIII kongressi direktiivides NSV Liidu rahvamajanduse arendamise viie aasta (1966—1970) plaani kohta on öeldud: «Majandusteadeuste alal keskendada tähelepanu rahvamajanduse plaanilise juhtimise teooria edasisele läbitöötamisele sotsialismi majandusseaduste põhjaliku tundmaõppimise ja kasutamise baasil, ühiskondliku tootmise efektiivsuse tõstmise teede ja meetodite kindlaksmääramisele ning majanduslike stiimulite rakendamisele tootmise arendamises.»¹

Viimaseil aastail on rahvamajanduse juhtimise teadus-

¹ NLKP XXIII kongressi direktiivid NSV Liidu rahvamajanduse arendamise viie aasta (1966—1970) plaani kohta. Tallinn, 1966, lk. 11.

like aluste kohta avaldatud erinevaid seisukohti. 1966. aastal toimus Moskvas üleliiduline konverents sotsialistliku tööstuse juhtimise teadusliku organiseerimise küsimustes, kus arutati kuut põhilist kompleksprobleemi: 1. sotsialistliku tööstuse juhtimise teoreetilised alused, 2. tööstusliku tootmise juhtimise organiseerimine, 3. tööstuse juhtimise meetodid, 4. tööstuse juhtimise õiguslikud alused, 5. majandusmatemaatilised meetodid tööstuse juhtimises ja 6. juhtimise täiustamine arvutustehnika rakendamisega. Seejuures diskuteeriti paljude uute küsimuste üle, mis seoses majandusreformiga nõuavad enne praktilist lahendamist sügavat teoreetilist läbitöötamist. Juhtimisprobleeme uurivad nii ökonomistid ja matemaatikud, tehnikateaduste spetsialistid ja filosoofid, juristid ja psühholoogid kui ka paljude teiste teaduslike distsipliinide esindajad. Ja see on täiesti seaduspärane, sest sotsialistliku rahvamajanduse juhtimisel on palju erinevaid külgi. Teadus sotsialistliku rahvamajanduse juhtimisest kuulub nende teaduste hulka, mis tekivad ja arenevad majandusteaduse ja teiste teadusharude piirialal.

Arusaadavalt pakuvad teaduse piirialad kõige rikkalikumaid võimalusi võimekaile uurijaile. Huvitavaid mõtteid avaldas selle kohta küberneetika loojaid ameerika matemaatikaprofessor Norbert Wiener oma raamatus «Küberneetika ehk juhtimine ja side loomas ning masinas». Ta kirjutab: «Kui mingi ökonoomilise probleemi raskus on oma olemuselt matemaatiliselt laadi, siis jõuaksid ka kümme matemaatikas asjatundmatut ökonomisti sama kaugele nagu üks matemaatikas asjatundmatu ökonomist, ja sugugi mitte kaugemale. Kui ökonomist, kes ei tunne matemaatikat, töötab koos matemaatikuga, kes ei tunne ökonoomikat, siis pole esimene võimeline väljendama oma probleemi avaldistes, mida teine võiks otsekohe käsitleda, teine aga pole võimeline sõnastama vastuseid niisugusel kujul, mida esimene võiks mõista. Selliste probleemide viljakas uurimine võib toimuda ainult ühisel jõul teadlaste poolt, kellest igaüks on eriteadlane omal alal, kuid... ühtlasi on tegelikult tuttav ka oma naaberaladega.»¹

¹ Norbert Wiener, Küberneetika ehk juhtimine ja side loomas ning masinas. Tallinn, 1961, lk. 13.

Maailmakuulsa küberneetiku sellel väärtuslikul mõtteavaldusel on kindel koht ka meie tingimustes. Kuid piirnevate teadusharude teadlaste koostöö kõige sobivamaid vorme tuleb alles otsida ja avastada, nähtavasti tuleb leida ka võimalusi nende efektiivse koostöö stimuleerimiseks.

Selle kõrval esineb meil veel teine küllaltki huvitav nähtus. Selleks on inseneride, keemikute, energieetikute, matemaatikute ja teiste tehniliste distsipliinide esindajate ümberkvalifitseerumine majandusteadlasteks. Kas seda nähtust võib hinnata õigeks või mitte, see on tekitanud vaidlusi akadeemilistes ringkondades nii meil kui üleliidulises ulatuses. Vaielda ei saa aga kindlasti selle vastu, et majandusteadus ja tootmine on teineteisega lahutamatus seoses.

Suur huvi, mida tänapäeval tuntakse rahvamajanduse juhtimise ja planeerimise probleemide vastu, kõneleb nende erilisest tähtsusest kommunismi ehitava ühiskonna elus. Et juhtimisprobleemid on eelkõige majanduslikud, tootmisuhete probleemid, siis meie päevil on majandusteadus tõusnud juhtivale positsioonile teadusharude üha kasvavas hulgas.

Nõukogude Liidus ja välismaal tehtud arvukad uurimused näitavad, et juhtimissfääris töötajate arv pidevalt kasvab. Samal ajal aga jääb juhtimistöõde mehhaniseerimise ja automatiseerimise tase tunduvalt maha tootmise kiirest arenemistempost. On välja arvatud, et viimase saja aasta jooksul on töövilkakus kasvanud tööstuses 15-kordseks, juhtimissfääris aga ainult 2-kordseks.

Juhtimistöõde lahutamatuks osaks on informatsiooni saamine, töötlemine ja edasiandmine. Täielikku, täpset ja operatiivset informatsiooni võib meie maal võrrelda kvalifitseeritud töö sadade tuhandete inimpäevadega. Küllaldane on märkida, et üksnes plaani- ja arvestusinformatsiooni hinnatakse Nõukogude Liidus 4 miljardi näitajani. Raske on ette kujutada, kui palju inimtööjõudu kulutatakse üksnes nende andmete saamiseks. Kui sellele lisada aeg, mis kaotatakse töö ebaõige organiseerimise tagajärjel (liigsed koosolekud ja nõupidamised, instrueerimised ja kooskõlastamised, ebaõiged ja ebaselged otsused, samuti kohustuste ebaotstarbekas jaotamine ning muud lüngad ja puudused), siis mõistagi ületavad tööaja üldised kaod juhtimissfääris igasugused loomulikud piirid.

Selline mittetootlik tööaja kulutamine nõuab juhtimisaparaadi töötajate arvu pidevat ja intensiivset suurendamist. Kui juhtimistöõde mehhaniseerimisel säilib näiteks praegune tase, siis peaks prognoosi kohaselt istuma 1980. aastal kontorilaua taga kogu Nõukogude Liidu täiskasvanud elanikkond.

Kahtlemata pakub suurt huvi, kui palju arvutustehteid tuleb teha igal aastal, kui minnakse üle optimaalsele planeerimis- ja juhtimissüsteemile kõigis Nõukogude Liidu rahvamajanduse lülides. Hinnangu sellele püüdis anda Ukraina NSV Teaduste Akadeemia Küberneefika Instituut. Selgus, et meie maa tööstuses, ehitustegevuses ja transpordis tuleb igal aastal teha 10^{16} arvutustehet, põllumajanduses ja kaubanduses aga vähemalt 10^{15} tehet. See oleks ligikaudu 50 miljardi inimese töö arvutusmasinail (arvelaul on tööviljakus 2—3 korda madalam) või 10 000 elektronarvuti töö (kui võtta keskmiseks võimsuseks 30 000 arvutustehet sekundis).¹

Toodud arvud näitavad ühtlasi neid tohutuid jõupingutusi, mis on vajalikud arvestus-, planeerimis- ja juhtimistöõde tehniliseks rekonstrueerimiseks, et kaotada disproportsioon juhtimissfääri ja materiaalse tootmise sfääri tööviljakuse vahel. Kahtlemata on see kaasaja ja lähema tuleviku üheks kõige tähtsamaks probleemiks. Seoses sellega on täiesti seaduspärane, et NLKP XXIII kongressi direktiivides NSV Liidu rahvamajanduse arendamise viie aasta (1966—1970) plaani kohta kohustatakse käesoleval viisaastakul laialdaselt kasutama elektronarvuteid rahvamajanduse planeerimisel ja tootmise juhtimisel, transpordis, kaubanduses ja teaduslikel uurimistöõdel. Samal ajal on üheks põhiülesandeks laiendada tunduvalt elektronarvutite ja juhtimismasinatootmist, organiseerimistehnika ning arvestustööde, raamatupidamise ja aruandluse mehhaniseerimise ja automatiseerimise vahendite väljalaset.

Nende organiseerimistehnika vahendite nomenklatuur, mida toodetakse arenenud kapitalistlikes maades, ulatub tuhandete nimetusteni. Ameerika Ühendriikides näiteks

¹ В. М. Глушков, Кибернетика и управление народным хозяйством, Материалы к пленарному заседанию всесоюзной научно-технической конференции «Проблемы научной организации управления социалистической промышленностью». Москва, 1966, lk. 9—10.

toodeti organiseerimistehnika vahendeid 1965. aastal 6 miljardi dollari ulatuses, 1970. aastaks aga kavatsetakse suurendada toodangut 10 miljardi dollarini.

Elektronarvutite ning teiste uusimate arvutus- ja organiseerimistehnika vahendite rakendamine on järelikult suure tähtsusega rahvamajanduse juhtimise täiustamise ja juhtimistöodel töoviljakuse tõstmise seisukohalt.

Rahvamajanduse teaduslik juhtimine on võimalik ainult kaasaegse elektroonika ja küberneetika saavutuste alusel. Ainult kiiresti töötavate elektronarvutite rakendamine koos organiseerimistehnika vahenditega (mistõttu on võimalik usaldusväärset ja operatiivselt töödelda tohutut informatsiooni) loob sellise materiaalse baasi, mis võimaldab juhtimisülesannetele läheneda teaduslikult. Ebamääraste ja ligikaudsete otsustuste asemele, mis alati väljendavad subjektiivset lähenemist lahendatavaile ülesandele, astuvad täpsed kvantitatiivsed näitajad ja efektiivsuse kriteeriumid.

Juhtimise muutumine teaduslikuks tähendab eelkõige seda, et juhtimine tugineb objektiivsete majandusseaduste tundmisele ja elluviimisele. Juhtimine ei saa toimuda enam või vähem kogunud tootmiskomandöride äranägemise ja subjektiivsete otsustuste alusel, vaid peab tingimata olema objektiivne ja põhjendatud.

Kuid mida mõistetakse juhtimise all? See on tegelikult vägagi mitmetähenduslik sõna. Kõige laiemas mõttes hõlmab juhtimine nii asjade juhtimist kui ka inimeste juhtimist.

Asjade juhtimise all mõistetakse: esiteks, auto, lennuki või mõne muu transpordivahendi juhtimist; teiseks, tööpingi, masina, seadme või agregaadid juhtimist; kolmandaks, tervete tehnoloogiliste tootmisprotsesside juhtimist.

Inimeste juhtimise all mõistetakse üldkujul poliitilist juhtimist, teatud territoriaalsete üksuste (linna, rajooni) juhtimist.

Kuid terminit «juhtimine» kasutatakse veel kolmandas mõttes — kui erilist organiseerivat, suunavat ja administreeerivat tegevust, mis toimub astmeliselt, alates kõige alumisest lülist (tööstuses tootmisjaoskonnast) kuni kõige ülemise lülini (üldriikliku tähtsusega organini).

Juhtimise sellisest määratlusest lähtudes uurivadki paljud erinevad teadusharud rahvamajanduse juhtimise ja planeerimise väga keerulisi probleeme. Kui ühiskondliku tootmise juhtimise teadus eraldada iseseisvaks teadusharuks, siis on see järelikult kompleksteadus, mis sünteesib mitmete erinevate teaduslike distsipliinide saavutusi, kusjuures igaüks neist uurib juhtimisprotsesse oma aspektist.

Majandusliku juhtimise objektiks on töötajate kollektiiv, kes loominguliselt organiseerib tootmisprotsessi rahvamajandusele vajaliku toodangu väljalaskmise eesmärgil. Juba 1918. aastal kirjutas V. I. Lenin oma kuulsas artiklis «Nõukogude võimu järjekordsed ülesanded», et «peaülesandeks igas sotsialistlikus revolutsioonis ... on positiivne ehk loov töö selleks, et luua nende uute organisatsiooniliste suhete äärmiselt keeruline ja peen võrk, mis hõlmavad kümnete miljonite inimeste olemasoluks vajalike saaduste plaanipärast tootmist ja jaotamist».¹

Põhimõtteliselt võib rahvamajanduse juhtimise jaotada kolmeks suureks funktsiooniks: esiteks, juhtimine kui üldine valitsemisfunktsioon, teiseks, planeerimine ning kolmandaks, töö ja tootmise organiseerimine.

Tööstuse juhtimine üldise valitsemisfunktsioonina kujutab endast kokkuvõtlikult riikliku omandi käsutamist, tehnilise progressi kiirendamist ja tootmise ökonoomika arendamist, tootmise käigu ja välisseoste korraldamist ning töötulemuste pidevat kontrolli.

Planeerimise ülesandesse kuuluvad laiendatud sotsialistliku taastootmise struktuuri, proportsioonide ja tempo kindlaksmääramine, plaaniülesannete, sageli ka nende täitmise viiside väljatöötamine. Planeerimine on järelikult juhtimise kui üldise valitsemisfunktsiooniga tihedalt seotud, kuigi ta oma olemuselt selle raamidest väljub.

Töö ja tootmise organiseerimine taandub juba tööstusettevõtte tasapinnale ning hõlmab tootmise ettevalmistamist, proportsioonide kindlaksmääramist tootmisprotsessi üksikelementide vahel, koopereerimist tootmisprotsessis, töökohtade organiseerimist ja nende teenindamist.

¹ V. I. Lenin, Teosed, 27. kd., lk. 212 ja 215.

Tööstusliku tootmise juhtimise praktilised kogemused näitavad, et paljud juhtimise ja planeerimise, samuti töö ja tootmise organiseerimise probleemid nõuavad veel täiendavat ja sügavat teaduslikku läbitöötamist. Käesoleval ajal ei ole veel loodud ühiskondliku tootmise juhtimise terviklikku teooriat, sest käib vaidlus selle üle, kas küberneetika printsiibid on ökonoomikas rakendatavad või mitte.

Kui mitmed erinevad teadusharud uurivad juhtimisprotsesse oma vaatekohast, siis majandusteadus uurib neid kaasajal veel majandusküberneetilisest aspektist. Kuigi laiema avalikkuse ees esineb majandusküberneetika majandusteaduse iseseisva haruna veel küllaltki harva, on ta siiski leidnud üldist tunnustamist, mida tõendavad pidevad iseseisvad rubriigid üleliidulistes teaduslikes ajakirjades ja esimene üleliiduline konverents majandusküberneetika küsimustes (1966. aasta oktoobrikuus Batumis).

Majandusküberneetika tekkimisest ja arenemisest arusaamiseks tuleb kõigepealt lehitseda vähemalt teaduse ajaloos lühikursust.

Kui 1948. aastal ilmus New Yorgis matemaatikaprofessor Norbert Wieneri kiiresti maailmakuulsuse võitnud teos «Küberneetika ehk juhtimine ja side loomas ning masinas», siis oli kogu teadusemaailm vapustatud. Ja nagu tavaliselt uute teoreetiliste seisukohtade puhul tekkis kaks leeri — pooldajad ja vastased. On huvitav märkida, et selle ajani mõisteti küberneetika all hoopis usuteaduse eridistsipliini, mis käsitleb kiriku valitsemise, korraldamise ja juhtimise küsimusi. 1956. aastal New Yorgis ilmunud teoses «Ma olen matemaatik» kirjutas Wiener, et sõna «küberneetika» kõitis teda sellepärast, et see sobis rohkem kui teised temale tuntud sõnad reguleerimise ja juhtimise kõikehõlmava kunsti (mis on rakendatav kõige erinevates valdkondades) ideede väljendamiseks.

Vaatamata juhtimisprotsesside konkreetse avaldumise erakordsele mitmekesisusele nii elavas looduses, tehnikas kui ka majanduses on neil universaalne iseloom. Neid protsesse uuribki küberneetika, mis on teadusoptimaalse juhtimise meetodeist ja parimate juhtimissüsteemide loomisest.

Viimaseil aastail on matemaatiliste meetodite ja elektronarvutite leviku mõjul tekkinud ja hakanud meie maal kiiresti arenema uus majandusteaduse haru — majandus-

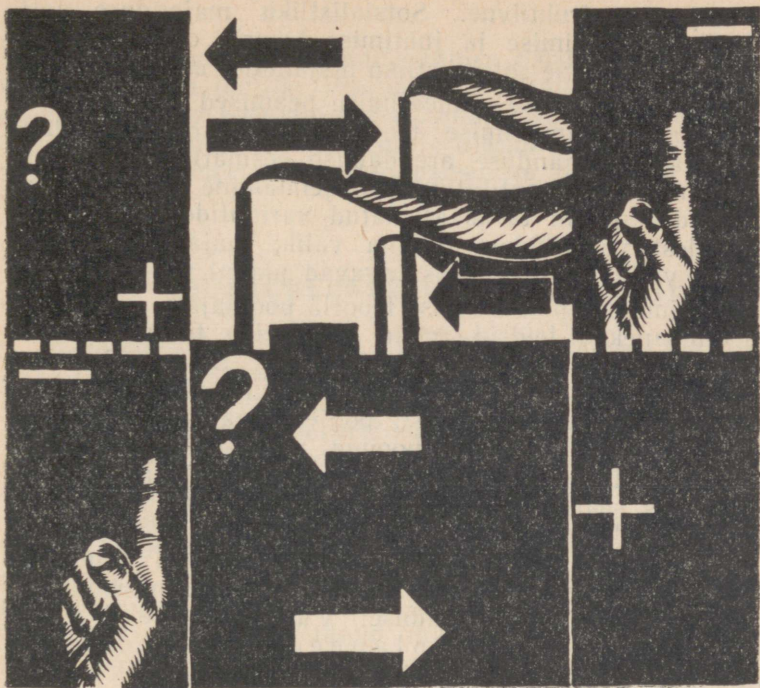
küberneetika. See teaduslik distsipliin on välja arenenud küberneetika printsiipide rakendamise baasil kombinatsioonis majandusteooriaga konkreetsete majandusprobleemide lahendamiseks.

Hinnates küberneetika printsiipide rakendamise võimalusi sotsioloogias ja ökonoomikas, avaldas Wiener oma viimases raamatus «Jumal ja robot», mis ilmus 1964. aastal, peatselt pärast autori surma, arvamust, et ka matemaatilisest sotsioloogiast ja matemaatilisest ökonoomikast või ökonomeetriast ei saada alati õigesti aru, ei osata rakendada matemaatilist aparatuuri ühiskonnateadustes.

Majandusküberneetika areneb nüüd meie maal õigeil teaduslikel alustel, mööda diskussioonide teed ühtse teooria loomise suunas.

Peatuksime lühidalt ühel tähtsamal diskussioonil, mis toimus 1966. aasta lõpul NSV Liidu Teaduste Akadeemia teadusliku nõukogu «Sotsialismi arenemise majanduslikud seaduspärasused ja tema ülekasvamine kommunismiks» istungil.

Diskussiooni üheks põhiküsimuseks oli optimaalse planeerimise mõiste kindlaksmääramine. Akadeemik N. P. Fedorenko ning majandusteaduse doktorid V. V. Novožilov ja A. L. Lurje kaitsesid optimaalse planeerimise teooriat. Selle teooria peamised seisukohad võib kokku võtta kolmeks põhiteesiks. Esiteks, vastavalt sellele teooriale käsitletakse sotsialistlikku majandust kui plaani-päraselt optimiseeritavat süsteemi. Sotsialistlikule majandusele on ainsaks funktsioneerimise printsiibiks rahvamajandusliku optimaalsuse kriteerium, mis eeldab tarbimishüvede ühise mõõtmise võimalikkust nende ühiskondliku kasulikkuse alusel. Teiseks, seoses sellega, et igal momendil on ühiskonna käsutuses suhteliselt piiratud materiaalseid, looduslikke ja tööjõuressursse ning tehnilisi teadmisi, on planeerimise ülesandeks määrata kindlaks ühe või teise ressursi kasutuselevõtmise otstarbekus. Kolmandaks, sotsialistlik majandus kujutab endast mitmeastmelist süsteemi. Igal majanduslülil peab olema võimalus iseseisva otsuse vastuvõtmiseks, realiseerides printsiipi: see, mis on vajalik rahvamajandusele tervikuna, on kasulik ka igale majanduslülile. Kuid selleks peavad sotsialistliku ühiskonna üksikute rakukeste majandamise optimaalsuse lokaalsed kriteeriumid olema kooskõlas rahvamajandusliku optimaalsuse kriteeriumiga.



Teiseks põhiküsimuseks oli hinnakujundamine. Optimaalse planeerimise teooria pooldajad on seisukohal, et hind peab olema tihedalt seotud tootmise arendamise plaaniga: hinna aluseks tuleb võtta suhteliselt halva ettevõtte kulud; hinnas peavad kajastuma fondimaksu ja looduslike ressursside (rendi) ning defitsiitse erialaga töötajate kasutamise normatiivid. Peale selle on praktikas otsustarbekas laialdaselt kehtestada komplekshindu ühelaadiliste tooterühmade kohta, mille raames ettevõtted võivad iseseisvalt (kooskõlas tarbijaga) määrata hinna konkreetsele tootele.

Kolmandaks vaidlusküsimuseks oli poliitilise ökonomia muutmine kirjeldavast teadusest konstruktiivseks. Optimaalse planeerimise teooria pooldajad leiavad, et on saanud aeg, mil on vaja formuleerida, et sotsialismi poliitilise ökonomia probleemide läbitöötamisele on kaks lähenemisviisi: kirjel-

dav ja konstruktiivne. Sotsialistliku majanduse optimaalse planeerimise ja juhtimise teooria ongi konstruktiivne lähenemine sotsialistliku majanduse analüüsimisele.

Rahvamajanduse planeerimise peamised ülesanded on optimaalse planeerimise teooria esindajate seisukohalt järgmised: majanduse arendamise eesmärkide kindlaksmääramine ja kvantitatiivne väljendamine planeeritava perioodil; plaani tasakaalustatud variantide koostamine; paljudest variantidest parima valik; majanduslike abinõude väljatöötamine, mis tagavad plaani realiseerimise.

Optimaalse planeerimise teooria pooldajate seisukohad ja ettepanekud leidsid ägeda vastuseisu tuntud vanade autoriteetide K. V. Ostrovitjanovi, S. J. Turetski, J. A. Kronrodi, T. S. Hatšaturovi, V. P. Djatšenko ja teiste poolt, kes väitsid, et täiesti põhjendamatu on asendada sotsialismi poliitiline ökonomia planeerimise skeemide ja variantidega, mis ei kujuta endast iseseisvat teooriat, rõhutades sealjuures, et võib olla ainult üks sotsialismi poliitiline ökonomia.¹

Kõigist rahvamajanduse planeerimise ja juhtimise küsimustes seni toimunud teaduslikest diskussioonidest võib teha niisuguse järelduse: vara on veel rääkida optimaalse planeerimise teooriast või mingist terviklikust majandusküberneetilisest teooriast, sest praegu toimuvad selles suunas alles ettevalmistustööd ja otsingud. Kuid valitud suuna õigsusesse ei saa suhtuda skeptiliselt, sest ei ole teist teed ühiskondliku tootmise efektiivsuse tõstmiseks, materiaalsete, rahaliste ja tööjõuressursside ning loodusrikkuste kõige ratsionaalsemaks ja efektiivsemaks kasutamiseks. Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei programmis on öeldud: «Majandusteaduse ülesanne seisab selles, et üldistada uusi nähtusi ühiskonna majanduselusel, läbi töötada rahvamajanduse probleeme, mille lahendamine soodustab kommunismi edukat ehitamist. Majandusteadlaste tähelepanu peab olema suunatud sellele, et leida võimalused materiaalsete ja tööjõuressursside kõige efektiivsemaks kasutamiseks rahvamajanduses, et leida tööstusliku ja põllumajandusliku toot-

¹ Vt. Министерство высшего и среднего специального образования СССР, Экономические науки, № 2, 1967. Издательство «Высшая школа», Москва, lk. 96—98.

mise planeerimise ja organiseerimise parimad meetodid, et läbi töötada tootlike jõudude ratsionaalse paigutamise printsiibid ning kommunismi ehitamise tehnilis-majanduslikud probleemid». ¹ Nende suurte ülesannete täitmisel on majandusküberneetikal majandusteaduse harudest juhtiv koht.

I. MAJANDUSKÜBERNEETIKA ÜLESANNETEST

Majandusküberneetika on üks kõige nooremaid teaduslikke distsipliine, mis tekkis majandusteaduses küberneetika saavutuste rakendamise alusel. Norbert Wieneri sõnade järgi ei ole küberneetikat matemaatikata, see kehtib ka majandusküberneetika kohta.

Majandusküberneetika matemaatilise aluse moodustavad eriti matemaatika sellised osad, nagu lineaarne, mitte-lineaarne, dünaamiline, täisarvuline ja stohhastiline planeerimine, ² mängude teooria ja massilise teenindamise teooria. Kõige efektiivsemaks matemaatiliseks meetodiks tänapäeval, mis on leidnud märkimisväärset praktilist rakendamist, on lineaarse planeerimise meetod. Tuleb siiski mainida, et kuigi olemasolevad matemaatilised meetodid võimaldavad lahendada mitut tüüpi praktilisi majanduslikke ülesandeid, on neil veel tõsiseid puudusi, mis esmajoonel avalduvad piiratud rakendatavuses, ettevalmistustööde keerulisuses ja arvutuste suures mahus. Olemasolevate uuemate elektronarvutite («Minsk-22» ja «Uraal-11») operatiivmälu väikese võimsuse tõttu on suuremõõtmeliste ülesannete terviklik lahendamine seetõttu praktiliselt võimatu. Sellised ülesanded tuleb jaotada väikesemõõtmelitesse blokkidesse ja igaüks neist lahendada iseseisvalt, kuid sellega võib ülesande lahend kaotada orgaanilise terviku väärtuse. Majandusküberneetika arenemise kiirendamise seisukohalt on seetõttu väga aktuaalne efektiivsete

¹ Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei programm. Tallinn, 1965, lk. 117—118.

² Kirjastuse «Valgus» väljaandel ilmus Tallinnas 1966. aastal I. Popovi raamat «Matemaatilised meetodid põllumajanduses», mille 13. leheküljel põhjendab raamatu toimetaja nimetuse *planeerimine* tarvitamist programmeerimise asemel, mille all mõistetakse elektronarvutile tööprogrammi koostamist. See soovitus, mis pärineb Tartu Riikliku Ülikooli matemaatikult, leiab kahtlemata üldist rakendamist.

matemaatiliste meetodite väljatöötamine konkreetsete majanduslike ülesannete ning probleemide lahendamiseks (rahvamajanduse kõige erinevates harudes ja nende lülides).

Tänapäeval ei ole võimalik planeerida ja juhtida rahvamajandust, eriti tööstuslikku tootmist ja selle arvukaid protsesse, vanade meetodite ja organiseerimistehnika vahenditega, sest kogu planeerimine ja kõik juhtimisprotsessid on muutunud hoopis keerulisemaks ja mitmekülgsemaks ning kulgevad tunduvalt kiiremini ja intensiivsemalt kui aastaid tagasi. Oluliselt on suurenenud vajadus kindlustada ühiskondliku tootmise juhtimise organite tagasiside operatiivsust ja usaldusväarsust. Silmas pidades, et käesoleval ajal töötab Nõukogude Liidus üle 10 miljoni inimese juhtimissfääris, kellest ligemale 3,5 miljonit tegeleb vahetult planeerimise, arvestuse ja statistikaga, võib umbkaudu ette kujutada, millise tohutu informatsioonihulgad koguvad, töötlevad ja üldistavad, selleks et muuta see kõige erinevamateks otsusteks, käskudeks, ülesanneteks ning mitmesugusteks korraldusteks ja dokumentideks. Akadeemik A. Bergi andmeil tuleb näiteks suures ettevõttes opereerida iga päev ligikaudu 600 000 arvuga. Ja praegusel ajal töödeldakse üle 90 protsendi sellest määratud informatsioonihulgast käsitsi.¹ Tuleb tunnistada, et matemaatiliste meetodite, elektronarvutite ja organiseerimistehnika vahendite rahvamajandusse juurutamise ulatus ja tempo ei ole ikkagi küllaldased. Veel ei ole ületatud kasvuraskused, mis on seotud küberneetika rakendamisega rahvamajanduses. Tööstuse planeerimise ja juhtimise probleemide lahendamisel kasutatavate elektronarvutite arv ja kvaliteet ei vasta järjest kasvavaile nõudeile. 1965. aasta alguses oli NSV Liidu tööstuses 84 arvutuskeskust, mis olid varustatud elektronarvutitega, ja 3500 arvutusseadet.² Seadusandlikult ei ole veel lõplikult lahendatud rida kaas-aegse arvutustehnika rakendamise organisatsioonilisi ja metodoloogilisi probleeme, nagu vajaliku operatiivse informatsiooni voogude ja mahu küsimus, selle erinevus statistilisest aruandlusest, samuti operatiivse informatsiooni kogumise, elektronarvuteil töötlemise ja üldistamise koor-

¹ A. I. Berg, Küberneetika ja töökindlus, Kirjastus «Valgus», Tallinn, 1966, lk. 5.

² Вопросы экономики, № 8, 1965 г.

dineerimise küsimus. Need ja paljud teised küsimused aga vajavad lahendamist, sest arvelaua ja arvutusmasina abil ei suudeta nii mahukat informatsiooni õigeaegselt töödelda ega vajalikke otsuseid operatiivselt vastu võtta. Seetõttu hilinetakse plaaniülesannete korrigeerimisega ja nende täitmise organiseerimisega, mis sageli põhjustab suuri kahjusid nii tööstusettevõttele, juhtivaile organeile kui ka kogu rahvamajandusele. Praegu nende kahjude kohta arvestust ei peeta, kuid lähemas tulevikus tuleks neid siiski arvestada.

Koos tööstusliku tootmise pideva laienemisega kasvab järjest töötajate arv juhtimissfääris. Seni on juhtimistöde madalat mehhaniseerimise ja automatiseerimise taset kompenseeritud täiendavate töötajate juurdetõmbamisega juhtimissfääri, kuid lähemas tulevikus need ressursid lõpevad. Ainsaks väljapääsuks jääb küberneetiliste masinate rakendamine, mis mitte üksnes järsult ei vähenda juhtimis-, planeerimis- ja arvestustööde mahtu, vaid võimaldab võtta kasutusele ka kõige soodsamaid variante. Tööstusliku tootmise juhtimises, planeerimises ja arvestuses tekib järelikult uus kvaliteet, mis baseerub kaasaja teaduse ja tehnika efektiivseil saavutustel.

Peamine ülesanne

Niisiis nõuavad tootlike jõudude areng, rahvamajanduse keerulisus ja rahvamajandusharude vastastikune sõltuvus juhtimismeetodite ja -vahendite põhjalikku muutmist ja täiustamist sotsialistliku majanduse kõigis lülides, üleminekut juhtimise automatiseeritud süsteemidele, mis baseeruvad teaduslike meetodite ja elektronarvutite kasutamisel. Sellest tuleneb majandusküberneetika peamine ülesanne — juhtimisprotsesside optimeerimine kõigis rahvamajanduse lülides.

Iga juhtimisprotsess on alati seoses teatud organisatsioonilise süsteemiga. See koosneb juhtivast süsteemist endast ja juhitud vahenditest ehk täitvatest organitest, mis on omavahel ühendatud sidekanalitega. Juhtimine toimub informatsiooni vastuvõtmise, töötlemise ja üleandmise alusel, kusjuures organisatsiooniline süsteem on tihedalt seotud väliskeskkonnaga, mis on samal ajal juhuslike või süstemaatiliste häirete allikaks.

Kuid mida kujutab endast süsteem? Kõige lakoonilisemalt vastates kujutab süsteem endast dünaamiliselt seotud allsüsteemide ja elementide mistahes kompleksi.

Väga levinud on süsteemide klassifitseerimine (tuntud inglise küberneetiku Stafford Beer'i järgi) kahe kriteeriumi alusel: esimese kriteeriumi järgi kolme klassi — lihtsad, keerulised ja väga keerulised süsteemid; teise kriteeriumi järgi kahte klassi — determineeritud ja tõenäosuslikud süsteemid. Kokkuvõttes annab see kuuest kategooriast koosneva klassifikatsioonisüsteemi, kuigi üksikuid klasse eraldavad piirid on küllaltki ebaselged.

Rahvamajandus kuulub selle liigituse järgi väga keeruliste tõenäosuslike süsteemide hulka, mille juhtimine on eelkõige tema suhteliselt iseseisvate allsüsteemide ja elementide vastastikuste seoste reguleerimise protsess. Selle protsessi eesmärgiks on ühiskondliku töö kulutuste kokkuvõtte juhitava süsteemis ja kõigi allsüsteemide (elementide) huvide ühendamine laiendatud ühiskondlikust taastootmisest osavõtjate vajaduste rahuldamiseks.

Juhtimissüsteemide loomisel on ülisuur tähtsus kahel universaalsel küberneetilisel printsiibil: tagasiside ja juhtimise hierarhia (mitmeastmelisuse) printsiibil.

Tagasiside juhivate (täitvate) organite juurest juhtivate organite juurde on vajalik süsteemi töö kontrollimiseks ja välistegurite mõju arvestamiseks.

Hierarhia kindlustab süsteemi funktsioneerimise stabiilsuse ja struktuuri ökonoomsuse. Mitmeastmelisus seisneb selles, et täitvaid organeid juhtivad madalama astme organid on kontrollitavad teise astme organite poolt, need omakorda kolmanda astme organite poolt ja nii edasi.

Sellel printsiibil on määrav tähtsus majanduslike seoste analüüsimisel ja nende ratsionaliseerimise teede kindlaksmääramisel, lähtudes sealjuures erineva juhtimistaseme juhtimisfunktsioonide tsentraliseerimise vajadusest, kogu sotsialistliku majanduse juhtimise tsentraliseerimise vajadusest. Loomulikult ei tähenda see kogu majandusliku võimu koondamist juhtimise kõrgeimale tasemele ja selle äravõtmist madalamatelt lühidelt, vaid juhtimis-

funktsioonide järjekindlat tsentraliseerimist ametkondliku redeli erinevail astmeil. Selle printsiibi elluviimiseta ei ole võimalik juhtida kaasaegseid arenenud tootlikke jõude.

Arusaadavalt eeldab juhtimise hierarhia printsiip iga juhtimistaseme kohalikku iseseisvust ja selle piiride kindlaksmääramist.

Teiseks eeldatakse madalama juhtimistaseme eesmärgi allutamist kõrgeima juhtimisastme eesmärgile. Praktiliselt viiakse see ellu allsüsteemide (elementide) töö hindamise ja stimuleerimise kriteeriumide kaudu. Seetõttu on väga oluliseks juhtimise põhimõtteks majandussüsteemi kõigile allsüsteemidele (elementidele) kindlate lokaalsete juhtimise eesmärkide kehtestamine ja nende ühtlaseks kindlustamine süsteemi kui terviku juhtimise üldise eesmärgiga. Nõukogude Liidu majandussüsteemi üldine eesmärk on kindlaks määratud Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei programmis: «Saavutada ühiskonna huvides kõige suuremaid tulemusi kõige väiksemate kulutustega — selline on majandusliku ülesehitustöö vankumatu seadus.»¹

Majandusküberneetika uurimisobjektiks on järelikult kogu rahvamajanduse, selle haru, tootmiskompleksi, tootmiskoondise, üksiku ettevõtte või selle alljaotuse juhtimisprotsessid, kusjuures kõige iseloomulikumaks uurimismetodiks on erinevate juhtimissüsteemide matemaatiline mudelerimine.

Kuid matemaatika kasutamine rahvamajanduse juhtimise ja planeerimise probleemide uurimisel on ainult üks eriti vajalikest ja tähtsast meetodeist, mida tuleb ilmtingimata rakendada siis, kui on tegemist teatud kvantitatiivsete seostega, ja seal, kus neil kvantitatiivseil vastastikutel seostel on otsustav tähtsus. Mõistagi saab majandusmatemaatilisi meetodeid kasutada ainult ühenduses majanduspoliitiliste ja teiste majandusliku juhtimise meetoditega.

Kuigi rahvamajanduse juhtimise sfääris ei ole veel oluliselt rakendatud küberneetilisi meetodeid, on Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei Keskkomitee 1965. aasta septembripleenumil vastuvõetud majandusreform juhtimis-

¹ Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei programm. Tallinn, 1965, lk. 79—80.

protsesside optimiseerimise majanduspoliitiliseks eelduseks. Keskkomitee pleenum konstateeris, et tööstuse juhtimise pealiiniks on tootmis- harulise ja territoriaalse juhtimisprintsiiibi loomingu- line ühendamine. Pleenumi otsuses on öeldud: «Juhtimise orga- niseerimise parandamiseks ja tööstuse juhtimise majandus- like meetodite intensiivistamiseks ettepanud abinõude suur tähtsus seisab selles, et nad ühendavad ühtset riik- likku planeerimist ettevõtete täieliku isemajandamisega, tsentraliseeritud tööstusharude printsiiibil juhtimist ulatus- liku vabariikliku ja kohaliku majandusalase initsiatiiviga, ainujuhtimise printsiipi tootmiskollektiivide osa suurene- misega. Sealjuures tagatakse demokraatlike juhtimisprint- siipide edasine laienemine, luuakse majanduslikud eeldus- ed rahvahulkade ulatuslikumaks osavõtuks tootmise juh- timisest ning ettevõtete majandusliku töö tulemuste mõju- tamiseks rahvahulkade poolt. Selline majandusliku juhti- mise süsteem vastab täielikumalt käesoleva aja nõuetele ning võimaldab paremini kasutada sotsialistliku korra eeliseid».¹

Sotsialistliku majanduse ja selle alljaotuste juhtimis- protsessid kui mitmete teaduslike distsipliinide uurimis- objektid sisaldavad paljusid keerulisi probleeme. Olulis- teks probleemideks on juhtimissüsteemide ratsionaalsete organisatsiooniliste vormide, meetodite ja vahendite kind- laksmääramise printsiibid, juhtimislülide funktsioonide piiritlemine, juhtimissfääris töötava kaadri liikumise põhi- mõtted, planeerimise, organiseerimise ja operatiivse regu- leerimise, otsuste vastuvõtmise ja informatsiooniteooria ning muud küsimused.

Nende probleemide hulgas on suure tähtsusega juhti- mise ja planeerimise vahekorra küsimus. Põhjendatakse seda sellega, et rahvamajanduse planeerimise teaduslikul distsipliinil on kindlad traditsioonid ja rikkalik kirjandus. Kuid mõiste «rahvamajanduse juhtimine» on laiem mõis- test «rahvamajanduse planeerimine», mistõttu paljud autorid käsitlevad õigesti viimase probleemistikku kui väga tähtsat, kuid kaugeltki mitte ainsat rahvamajanduse juhtimise teooria osa.

¹ Tööstuse juhtimise parandamisest, planeerimise täiustamisest ja tööstusliku tootmise majandusliku stimuleerimise intensiivistamisest. NLKP Keskkomitee pleenumi otsus, vastu võetud 29. septembril 1965. Tallinn, 1965.

Küberneetika kui optimaalse juhtimise teaduse kasutamise seisukohalt võib rahvamajanduse juhtimise sfääris eraldada kaht põhisuunda:

1) küberneetiliste printsiipide ja meetodite rakendamine juhtimisprotsesside kõige efektiivsemaks organiseerimiseks ning majanduslike ülesannete optimaalseks lahendamiseks;

2) küberneetiliste masinate rakendamine juhtimis-, planeerimis- ja arvestusprotsessides ning vajaliku informatsiooni kogumisel, töötlemisel ja edasiandmisel.

Mõlemad põhisuunad on omavahel orgaaniliselt seotud ja nende arenemine peaks toimuma paralleelselt. Vastasel korral kas ei kasutata tehnikat sihipäraselt või jäävad optimaalse juhtimise ja planeerimise ülesanded operatiivselt lahendamata.

Rahvamajanduse planeerimine

NSV Liidu rahvamajandust arendatakse ühtse üleriigilise plaani järgi, mis suunab kõigi ettevõtete ja organisatsioonide tegevust ning nõukogude rahva kollektiivset tööd.

Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei Keskkomitee 1965. aasta septembripleenumil märgiti, et ühiskondliku tootmise efektiivsuse tähtsad näitajad — rahvatulu, tööstustoodang tootmispõhifondide iga rubla kohta ja tööstuses tööviljakuse kasvutempo — on viimastel aastatel mõnevõrra langenud. Majandusteadlased on veel vähe tegelnud ühiskondliku tootmise efektiivsuse analüüsimisega.

Tööstuse juhtimise ümberkorraldamine ja abinõud majandamise meetodite täiustamiseks esitavad suuremaid nõudmisi rahvamajanduse planeerimisele.

Planeerimistööd tuleb parandada kõigis rahvamajanduse lülides, alates ettevõtetest ja lõpetades kesksete plaaniorganitega. Rahvamajanduse arendamise plaanid ning iga liiki teised plaanid sotsialistliku majanduse mistahes lülis peavad tuginema olemasolevate ja perspektiivsete võimaluste ja vajaduste sügavale tundmisele ja täpsele arvestusele. Plaaniülesanded peavad olema optimaalsed, kindlustama olemasolevate võimaluste kõige efektiivsena ja parema kasutamise vastavalt sotsialismi objektiivsele majandusseadustele ja arenemistendentsidele. Ühiskond-

liku tootmise efektiivsuse tõstmise seisukohalt on esmajärgulise tähtsusega rahvamajanduse arendamise perspektiivplaanide ja nende alusel teiste perspektiivsete ülesannete osatähtsuse suurendamine. See on tootmise pideva laiendamise ja täiustamise, teaduse ja tehnika saavutuste ulatusliku juurutamise, rahvamajandusharude ja majandusrajoonide proportsionaalse arendamise tähtsaim eeltinngimus. Kui viie aasta peamised plaaniülesanded on rahvamajanduse arendamise riikliku planeerimise põhivorm, siis nende konkretiseerimine ja täpsustamine, arvestades nii rahvamajanduse kui ka elanikkonna ressurside ja vajaduste muutumist ning majanduse arenemise käiku, on aastaplaanide ülesandeks.

Sellega tagatakse planeerimise pidevus ning ühendatakse orgaaniliselt aastaplaanid rahvamajanduse perspektiivse arendamise ülesannetega.

Tööstusettevõtete majandusliku iseseisvuse laiendamiseks on kaotatud ettevõtete majandusliku tegevuse liigne reglementeerimine. See avab võimalused kollektiivide ulatuslikumaks osavõtuks tootmise korraldamisest ja ettevõtte kui majanduse põhilüli initsiatiivi arendamiseks.

Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei XXIII kongressi direktiivides NSV Liidu rahvamajanduse arendamise viie aasta (1966—1970) plaani kohta on majanduslike ja sotsiaal-poliitiliste ülesannete realiseerimise ühe abinõuna ette nähtud teaduslike uurimistööde efektiivsuse oluline tõstmine ja nende tulemuste rakendamise kiirendamine tootmises. Sel eesmärgil keskendatakse teaduslikud jõud ja materiaalsed ressursid nende teaduse ja tehnika põhiprobleemide lahendamisele, mis annavad maksimaalset majanduslikku efekti.

Teaduse rakendamine muutub järjest rohkem ühiskonna tootlike jõudude arendamise otsustavaks teguriks. Teaduslike distsipliinide seoste tugevnemisel praktikaga omandavad järjest olulisema tähtsuse majandamistulemuste planeerimine ja teaduslik ettenägelikkus, teaduslikud prognoosid nii lähema kui ka kaugema tuleviku kohta. Rahvamajanduse teaduslik planeerimine ja juhtimine ei tugine üksnes sotsialismi objektiivsete majandusseaduste mehhanismi tundmisele, vaid ka nende arenemistendentide ettenägemisele. Teaduslik juhtimine ja planeerimine tagavad ühiskondliku töö kõige väiksemate kulutustega ühiskonna kõigi liikmete elatustaseme tõusu.

Kommunismi materiaalse baasi loomise peamised ülesanded käesoleval viisaastakul on võetud kokku Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei XXIII kongressi direktiivides NSV Liidu rahvamajanduse arendamise viie aasta (1966—1970) plaani kohta. Viisaastaku majanduslik põhiülesanne on selles, «et teaduse ja tehnika saavutuste igakülgse kasutamise, kogu ühiskondliku tootmise industriaalse arendamise, tema efektiivsuse suurendamise ja töövõime tõstmise alusel garanteerida tööstuse edasine tunduv kasv ja põllumajanduse kõrge stabiilne arengutempo ning tänu sellele saavutada rahva elujärje oluline tõus, kõigi nõukogude inimeste materiaalsete ja kultuuriliste vajaduste täielikum rahuldamine.»¹

Majandusliku ülesehitustöö põhiülesande realiseerimise otsustavaks tingimuseks on majandusreformi elluviimine. Vaieldamatult on sellel teel veel raskusi, kuid nende ületamine tagab materiaalse tootmise määrava haru — sotsialistliku tööstuse — mitmekülgse täiustamise. Arusaadavalt ei jäta see avaldamata positiivset mõju ühiskondliku tootmise kõigile teistele harudele, samuti tootmise ja tarbimise vastastikusele seosele. Majandusreform on järelikult oma sisult ja ulatuselt sügav rahvamajanduslik reform, mis avaldab otsest või kaudset mõju kogu majandusele.

Rahvamajanduse planeerimise ja juhtimise kõige ratsionaalsema süsteemi loomine on seega tänapäeval sotsialistliku majandamise kesksmaid küsimusi. Selle süsteemi ratsionaalsusest oleneb vahetult ühiskondliku tootmise efektiivsuse aste. Mida kõrgem on aga juhtimis- ja planeerimissüsteemi efektiivsus, seda paremini ja põhjalikumalt on võimalik sotsialismi objektiivseid majandusseadusi tunnetada ja kasutada. Praegu on sotsialismi poliitilise ökonomia tõsiseks puudujäägiks, et objektiivsete majandusseaduste mehhanismidega seotud mitmed olulised probleemid on veel sügavalt lahti mõtestamata. Selle suure lünka tõttu ongi tekkinud vaidlusi, kusjuures

¹ NLKP XXIII kongressi direktiivid NSV Liidu rahvamajanduse arendamise viie aasta (1966—1970) plaani kohta. Tallinn, 1966.

mõned majandusteadlased, rääkimata teiste teadusharude esindajaist, on hakanud isegi kahtlema, kas tänapäeva sotsialistlikus majanduses objektiivsed majandusseadused pole end juba ammendanud.

Kooskõlas majandusreformi printsiipidega on nüüd ettevõtete töö hindamise peamiseks näitajaks rentaablus. Kui varem mõisteti rentaabluse all ettevõtte kasumi ja täieliku omahinna summa suhet, siis majandusreform andis sellele näitajale uue sisu. Rentaabluse all mõistetakse nüüd kasumi ning tootmispõhi- ja -käibefondide summa suhet. Rentaabluse sellise määratluse eesmärgiks on ettevõtete huvi tõstmine tootmispõhifondide ja käibevahendite parema kasutamise vastu. Sõltuvalt sellest näitajast on rajatud kogu ettevõtte töötajate materiaalse ergutamise süsteem. Et rentaabluse näitaja määratakse kindlaks rahavormis väljendatavate näitajatega (kasum, tootmispõhifondid), siis sõltub tema suurus otseselt hindade süsteemist. Järelikult peab hindade süsteem olema selline, mis stimuleerib iga ettevõtet rentaablile tööle kogu ühiskonna huvides.

Kuid millised peavad olema plaanilised hinnad, kuidas neid kindlaks määrata ja õigesti kasutada? Praegu on nende suhtes kujunenud välja kolm kontseptsiooni: «väärtuse», «tootmishinna» ja optimaalse hinna kontseptsioon.

Väärtuse-kontseptsiooni seisukohast peab toote hind endast kujutama kahe teguri — omahinna ja palgaga proportsionaalse kasumi summat.

Tootmishinna-kontseptsioon eeldab, et toote hind koosneb omahinnast ning kasumist, mis on proportsionaalne tootmispõhifondide ja käibevahendite summaga.

Optimaalse hinna kontseptsiooni aluseks on seisukoht, et on võimalik kindlaks määrata ja ühiselt mõõta üksikute toodete ja ressursside ühiskondlikku kasulikkust. Hinna kujundamisel tuleb lähtuda suhteliselt halva ettevõtte kuludest, mis peavad ühtlasi kajastama fondimaksu tootmispõhifondidelt ja käibevahenditelt ning looduslike ressursside ja defitsiitse erialaga töötajate kasutamise normatiive.

Kõigil kolmel kontseptsioonil on oma tugevad ja nõrgad küljed ning poleemika nende kohta jätkub.

Plaanilise hinna kujundamise kriteeriumi probleem tekitaski majandusteadlaste hulgas kahtlusi väärtussea-

duse kehtimise kohta kommunismi materiaal-tehnilise baasi loomise käesoleval etapil.

Näib, et praeguse teoreetilise taseme juures ei võimalda ükski eeltoodud kolmest kontseptsioonist plaanilise hinna kujundamise probleemi kõige otstarbekamalt lahendada. Kui saab võimalikuks kõrvaldada vastuolud väärtusekontseptsiooni ja optimaalse hinna kontseptsiooni vahel kummagi teoreetilise seisukoha täiustamise ja edasiarendamise teel, siis avaneb võimalus nende kahe kontseptsiooni ühendamiseks ja niisuguste plaaniliste hindade kehtestamiseks, mis vastavad rahvamajanduse optimaalse planeerimise nõudeile.

Optimaalse planeerimise probleemidest

Rahvamajanduse optimum on sotsialistliku plaanimajanduse kategooria. Selle põhimõiste teaduslik kasutamine eeldab sotsialismi objektiivsete majandusseaduste tundmist, mille alusel sotsialistlikul ühiskonnal on reaalsed võimalused oma ressursside kõige täielikumaks kasutamiseks kogu rahva huvides.

Ei ole kahtlust, et sotsialistlikku majandust on alati püütud planeerida optimaalselt, s. o. antud olukorras kõige paremini, otstarbekamalt ja ökonoomsemalt. Kuid tuginedes intuiitivsele meetodeile ja algelistele arvutusseadmetele, ei saanud planeerimine kuigivõrd sügavalt lahendada nii keerulisi ja raskeid ülesandeid, mis rahvamajandus tema ette seadis. Alles küberneetika printsiipide ja meetodite ning küberneetiliste seadmete kasutuselevõtmine annab võimaluse rahvamajanduse optimaalseks planeerimiseks, suurte informatsioonihulkade hilinemiseta töötlemiseks, arvukate plaanivariantide arvutamiseks ja neist kõige optimaalsema valikuks. Teiste sõnadega, on loodud võimalus üle minna efektiivsemale ja optimaalsemale juhtimisele ja planeerimisele, mis vastab kaasaja nõuetele.

Ent praegu, mil vastastikused seosed ühiskonnas muutuvad järjest tihedamaks ja keerulisemaks ning majandusliku informatsiooni maht suureneb toodangu mahuga võrreldes peaaegu ruudus, ja isegi kuubis, rajaneb planeerimis- ja juhtimistöö veel valdavalt käsitsiarvutusel ja informatsiooni piiratud vastuvõtmisel. Seetõttu ei ole füüsiliselt võimalik plaanide tasakaalustamine ning optimaal-

sete otsuste leidmine ja vastuvõtmine. Tuleb silmas pidada, et kõik plaaniarvutused peavad rajanema vastastikutel seostel ajas ja ruumis ning arvestama veel paljusid teisigi tegureid.

Kogemused näitavad, et küllaltki lihtsate majanduslike ülesannete lahendamisel teevad ökonomistid optimaalse lahendiga võrreldes keskmiselt 10—12 protsendi suuruse vea.

Eeltoodust nähtub, et on tekkinud objektiivne vajadus üleminekuks rahvamajanduse optimaalse planeerimise ja juhtimise uuele, võimalikult automatiseeritud süsteemile. Taolise süsteemi teaduslike aluste väljatöötamine on nõukogude majandusküberneetika ja teiste teaduslike distsipliinide aktuaalsemaid ülesandeid.

Nõukogude Liidus tegeleb majandusmatemaatiliste meetodite väljatöötamise ning juhtimis- ja planeerimisprotsesside automatiseerimise probleemidega üle 200 teadusliku uurimise instituudi ja laboratooriumi.

Tootmise juhtimise probleemistikule pööratakse tähelepanu ka kapitalistlikes maades. Ameerika Ühendriikides näiteks tegelevad tootmise organiseerimise, ökonomika ja juhtimise õpetamise ja uurimisega üle 600 kõrgema õppeasutuse teaduskonna ja erikooli. Analoogilist olukorda võib täheldada reas Lääne-Euroopa riikides ja Jaapanis. Kuigi need uurimused puudutavad kapitalistliku majanduse sfääri, ei saa neist ignoreerides mööda minna. Juba V. I. Lenin nõudis kõige selle sügavat uurimist ja loovat kasutamist, mida kodanlik teadus on välja töötanud töö ja tootmise organiseerimise alal.

Majandusmatemaatiliste meetodite väljatöötamise ja elektronarvutite kasutamise probleemide uurimise alal on meie maal juhtivaks teaduslikuks keskuseks NSV Liidu Teaduste Akadeemia Majandusmatemaatika Keskinstituut. Instituudi teadlaste ees seisab ülisuure rahvamajandusliku tähtsusega ülesanne välja töötada sotsialistliku majanduse optimaalse planeerimise teooria teaduslikud alused. Selle uue suuna nimekamateks esindajateks on akadeemik N. P. Fedorenko ning majandusteaduse doktorid V. V. Novožilov, A. L. Lurje, A. L. Vainstein, L. E. Mints ja teised. Kuni surmani kuulus nende hulka akadeemik V. S. Nemtšinov, kelle originaalsed uurimistööd matemaatiliste meetodite rakendamiseks majanduses ja staažikas

pedagoogiline tegevus võitsid üleliidulise tunnustuse ja teenisid kõrge hinnangu välismaa teadlaste poolt. NSV Liidu Teaduste Akadeemia Siberi Filiaalist esindavad uut suunda sellised kuulsad nimed, nagu akadeemik L. V. Kantorovitš ja korrespondentliige A. G. Aganbegjan.

Eespool toodud seisukohad näitavad, et ühiskondliku tootmise organiseerimise ja planeerimise teaduslikke aluseid saab õigesti uurida ainult küberneetilisest aspektist lähtudes. Selle aspekti iseloomulikuks jooneks on majanduslike protsesside kvantitatiivse ja kvalitatiivse analüüsi ühtsus. Kõik taolised kvantitatiivsed seaduspärasused nõuavad aga matemaatilist formuleerimist, mis paratamatult viib kaasaegse matemaatika kasutamisele ja juurutamisele majanduses. Kommunistliku ülesehitustöö praktika ootab majandusteaduselt täpseid ja teoreetiliselt põhjendatud seisukohti kvantitatiivsete seaduspärasuste kohta, selliseid, mis määraksid rahvamajanduses kindlaks kõige tähtsamad vastastikused seosed ja mõjud.

Majandusteaduse peaülesandeks on sellise konstruktiivse aparadi väljatöötamine, mis igal tasemel vastab sotsialistliku majanduse planeerimise ja juhtimise kaasaegseile nõudeile. Otsustav osa kuulub siin majandusmatemaatilistele meetoditele.

Viimaseil aastail on majandusmatemaatiliste meetodite väljatöötamine muutunud intensiivsemaks ja resultatiivsemaks. Nende mõningane praktiline rakendamine on juba võimaldanud plaani- ja majandusorganeil usaldavamalt põhjendada plaane ning ratsionaalsemalt suunata materiaalse, tööjõu- ja looduslike ressursside kasutamist. Nii on hakatud laialdasemalt välja töötama liidu- ja autonoomsete vabariikide tootmisharude vahelisi bilansse. NSV Liidu Teaduste Akadeemia Majandusmatemaatika Keskinstituudi juhtimisel ja osavõtul on sellised bilansid koostatud Eesti, Läti, Leedu, Valgevene ja Gruusia NSV-s ning Tatari, Mordva ja Karjala ANSV-s. Väljatöötamise staadiumis on optimaalse dünaamilise bilansi meetodika, mis võimaldab teaduslikult põhjendada liiduvabariigi või majandusrajooni majanduse arenemise dünaamikat tehnilise progressi tingimustes. Teatud edusamme on tehtud ka majandusmatemaatiliste meetodite rakendamisel tootlike jõudude paigutamise põhjendamiseks.

Kõige lähemas tulevikus peab majandusteaduse haru-

dest kõigepealt majandusküberneetika muutuma täppis-teaduseks selle sõna otseses mõttes, rahvamajanduse planeerimise ja juhtimise ühtse optimaalse süsteemi loomise üheks efektiivseks teaduslikuks vahendiks, mis laialdaselt kasutab majandusmatemaatilisi meetodeid ja elektronarvutustehnikat. Arusaadavalt nõuab sellise süsteemi loomine väga keeruliste majanduslike, sotsiaalsete, tehniliste ning paljude teiste probleemide kompleksset teaduslikku läbitöötamist.

Uurimistöö eesmärgiks on sellise konkreetse ja kompleksse majandusmatemaatilise mudeli loomine, mis võimaldab realiseerida optimaalse planeerimise, arvestuse ja operatiivse juhtimise ühtse süsteemi peamisi ülesandeid arvutuskeskuste ühtse riikliku võrgu baasil.

Rahvamajanduse optimaalse planeerimise ja juhtimise ühtse süsteemi väljatöötamine on selle uue suuna esindajate poolt jagatud viide põhiossa, mille uurimine peab aja säästmise ja kogu probleemi parema lahendamise huvides toimuma paralleelselt:

1) rahvamajanduse optimaalse planeerimise ja juhtimise teoreetilised alused;

2) majandusliku informatsiooni süsteem, mis kindlustab rahvamajanduse optimaalse planeerimise ja juhtimise majanduslike algandmete automatiseeritud kogumise, ülevõtmise ja töötlemise;

3) optimaalse planeerimise ja juhtimise ülesannete lahendamise matemaatiliste meetodite väljatöötamine;

4) ühtse riikliku arvutuskeskuste võrgu kui tehnilise baasi loomine rahvamajanduse optimaalse planeerimise, arvestuse ja operatiivse juhtimise realiseerimiseks;

5) konkreetsete juhtimis- ja planeerimissüsteemide väljatöötamine rahvamajanduse kõigi lülide jaoks matemaatiliste meetodite ja elektronarvutustehnika baasil.

Et rahvamajanduse optimaalse planeerimise teoreetilised alused pole veel lõplikult välja töötatud, siis tuleb praegu paratamatult rahulduda teatud määral detailiseerimata seisukohtadega, mis aga ei takista kogu teooria olemuse tundmaõppimist ja õiget mõistmist, samuti tema elementide järkjärgulist kasutamist rahvamajanduse planeerimisel.

Rahvamajanduse optimaalse planeerimise ja juhtimise küsimustes ei ole veel trükitud avaldatud terviklikumaid ja kapitaalsemaid teaduslikke uurimistöid. Kõige ülevaatliku-

maks kirjutiseks, mis kokkuvõtlikult käsitleb rahvamajanduse optimaalse planeerimise ja juhtimise peamisi teoreetilisi aluseid, võib pidada akadeemik N. P. Fedorenko artiklit «Rahvamajanduse planeerimissüsteemi arenemise ja täiustamise põhilised etapid», mis ilmus akadeemik S. G. Strumilini üheksakümnenda sünnipäeva tähistamiseks väljaantud artiklite kogumikus «Rahvamajanduse planeerimise ja juhtimise täiustamine» (1967. aastal Moskvas).¹

Kompleksne ja lõplik üleminek planeerimise ja juhtimise praegustelt meetoditelt ja vormidelt rahvamajanduse planeerimise ja juhtimise optimaalsele süsteemile eeldab teatud üleminekuperioodi, vana ja uue süsteemi vahelist etappi, mille jooksul tehakse vajalikud teaduslikud, tehnilised ja praktilised ettevalmistustööd. Sel üleminekuetapil võetakse juba kurss uuele süsteemile, mis nõuab teatud lihtsamate meetodite ja mudelite väljatöötamist ning rakendamist.

Mida kujutab siis endast rahvamajanduse optimaalne plaan? Kõige lühemaks vastuseks näib olevat, et see on rahvamajanduse arendamise paljudest võimalikest variantidest kõige soodsam ja efektiivsem, mis igakülgset vastab kommunismi ehitamise huvidele ja põhiülesannetele.

Endastmõistetavalt lähtutakse optimaalsuse kriteeriumi valikul ja põhjendamisel sotsialismi põhilisest majandusseadusest. Optimaalse plaani ülesandeks on ühendada ühiskonna eesmärk ja selle saavutamise vahendid, mis on väljendatud rangelt kvantitatiivses vormis. Optimaalne plaan määrab kindlaks erinevate rahvamajandusharude arendamise tempo ja proportsioonid, arvestades nende mitmekülgseid seoseid, samuti akumulatsiooni ja tarbimise vahekorda. Selle ülesande keerulisust näitab juba üksnes see, et jämedalt liigendades koosneb rahvamajandus paarikümnest harust ning viimased omakorda arvukatest allharudest.

Koos optimaalse plaaniga määratakse kindlaks hindade süsteem, mis peab stimuleerima plaani täitmist, samuti ühiskondliku tootmise efektiivsus ning moraalsed ja materiaalsed stiimulid, mis ergutavad nii kogu töökol-

¹ Совершенствование планирования и управления народным хозяйством, Издательство «Наука». Москва, 1967.

lektiivi kui ka iga üksiktöötajat optimaalsete plaaniülesannete väljatöötamisele ja nende optimaalsete realiseerimisteede leidmisele.

Rahvamajanduse arendamise optimaalse plaani väljatöötamisel on esimeseks ülesandeks ühiskonna ees seisva majandusliku eesmärgi äärmiselt selge formuleerimine. Seejärel tuleb välja töötada funktsioon, mis võimaldab hinnata majandusliku süsteemi üht või teist olukorda, lähtudes püstitatud eesmärgist. Seda funktsiooni nimetatakse majanduse sihifunktsiooniks. Siis otsustatakse optimaalsuse kriteeriumi küsimus, s. t. majanduse arendamise kõige parema tee valiku aluse küsimus.

Majanduse arendamise optimaalsuse kriteeriumi formuleerimisel etendavad tähtsat osa plaaniperioodi pikkus ning akumulatsiooni ja tarbimise objektiivne vahekord. Muide, need mõlemad küsimused otsustatakse optimaalse plaani väljatöötamise alguseks.

Kui optimaalse plaani elluviimisel ei esine muutusi välistes või sisemistes tingimustes, siis liigub majandussüsteem eesmärgi poole kindlaksmääratud muutumatu režiimi järgi. Tingimuste muutumise korral tekib paratamatult vajadus uueks optimiseerimiseks, sihifunktsiooni uue väärtuse leidmiseks, millest kõigepealt sõltub uus statsionaarne režiim. Teel eesmärgile on süsteemi suhtes see protsess praktiliselt alati iteratiivne ja kindlustab süsteemile sellise liikumise võimaluse, mida võib interpreteerida kui korduvat üleminekuprotsessi mingile optimaalsele ja muutumatule režiimile. Loomulikult on kõige soodsamaks see üleminekuprotsess, milles kahju integraalne suurus ajas on minimaalne. Seda suurust käsitletakse kui üleminekurežiimi optimaalsuse kriteeriumi üldist vormi. Mõistagi on üleminekuprotsessi igal ajamomendil sihifunktsiooni suurus väiksem kui tema väärtus statsionaarse režiimi puhul.

Üleminekurežiimi ekstreemumülesande lahendamisel võetakse kitsendusteks süsteemi algseisundit iseloomustavad näitajad. Järelikult on see ülesanne dünaamiline ja seotud antud algseisundiga. Optimaalse plaani väljatöötamine kujutab endast seega ajalisel piiramatul statsionaarse režiimi leidmise ülesannet. Seetõttu langeb täiesti ära plaaniperioodi pikkuse kehtetamise küsimus.

Nagu eespool märgitud, leiab paljude majandustead-

laste poolt kõige tugevamat vastuseisu optimaalse hinna kontseptsioon, mida loetakse taganemiseks väärtusseadusest. Selle kontseptsiooni kohaselt peaks olema võimalik kindlaks määrata ja mõõta erinevate toodete kasulikkust. Lähtutakse sellest, et on võimalik reaalselt hinnata iga toote efekti rahvamajanduses. Seda efekti väljendataksegi hinnas, mis saadakse optimaalse plaani leidmise tulemusena. Majanduslikult tähendab see, et toote (ressursi) hind vastab sellise panuse rahalisele väljendusele, mille annab iga täiendav tooteühik kavandatud eesmärgi saavutamisse.

Kogu probleemi lahendamisel on kõige suuremaks raskuseks see, et välja selgitada, kuidas võiks üksik majanduslik objekt ise kooskõlastada vastuolulised tendentsid toodangu väljalaske ja selleks tehtavate kulude struktuuri muutumises, ühendades sealjuures oma huvid kogu ühiskonna huvidega.

Seda keerulist ülesannet saab edukalt lahendada ainult sel juhul, kui kõigi majandusüksuste majandusliku tegevuse hindamiseks on ühine kriteerium, mis on orgaanilises seoses rahvamajandusliku optimaalsuskriteeriumiga. Taolise kriteeriumi võib luua aga üksnes siis, kui toodetava ja tarbitava toodangu hinnad vastavad optimaalse plaani hindadele. Et niisugused hinnad näitavad igale majandusüksusele, mida annab kogu rahvamajandusele selle üksuse tootmisplaani ületamine või milliseid kahjumeid toob plaani mittetäitmine, siis võib iga kollektiiv rentaab-luse andmete alusel iseseisvalt hinnata oma tegevuse tulemusi kogu rahvamajanduse seisukohast. Optimaalsete hindade alusel võib iga majandusüksus otsustada, mida võidab rahvamajandus antud üksuse poolt kokkuhoitud ressursside arvel ja millised võivad olla kahjud teistes tootmisloikudes ressursside ülekulutamise korral.

Eespool toodud tingimustes on kõige otstarbekamaks üksikkriteeriumiks maksimaalne kasum. See näitab, kuidas suureneb lõppkokkuvõttes rahvamajandusliku optimaalsuskriteeriumi kasulik efekt kõigi majandusüksuse poolt elluviidud abinõude arvel, mis on seotud toodangu mahu ja kvaliteedi ning selle tootmise kulude muutumisega. Rahvamajanduse optimaalse planeerimise tingimustes on suurema kasumi taotlemine täielikus kooskõlas kommunismi ehitamise ülesannete lahendamisega. Opti-

maalne rahvamajanduse arendamise plaan ja sellest lähtuvad majandusüksuste optimaalsed plaanid kindlustavad järelikult majanduse sihipärase arenemise koos üksuste iseseisvuse järkjärgulise suurenemisega.

Toodud seisukohad kujutavad endast teoreetilist skeemi, mis on esimeseks lähenemisviisiks rahvamajanduse optimaalse planeerimise ja juhtimise tervikliku teooria loomisele. Kuid tänapäeval saab juba mitmeid teoreetilisi kontseptsioone ja järeldusi kasutada rahvamajanduse planeerimise ja juhtimise täiustamiseks, eriti põhjendatud hindade süsteemi väljatöötamiseks.

Optimaalse planeerimise ja juhtimise teooria väljatöötamine on vahetus seoses mitmete tõsiste sotsialistliku majanduse probleemide läbitöötamisega. Peamiseks neist on erinevaile majandusüksustele selliste üksikkriteeriumide väljatöötamine, mis oleksid täielikus kooskõlas üldise rahvamajandusliku kriteeriumiga ning tsentraliseeritud planeerimise ja juhtimise mehhanismiga. Sellise kooskõlastamise instrumendiks on ressurside ja toodete ühiskondlike hinnangute süsteem — palk, rendimaksu normid, toodete hinnad jne. Siinjuures on olulise tähtsusega sellised juhtimise ja planeerimise meetodid, mis kindlustavad kõigi majandusüksuste materiaalse huvi kogu rahvamajanduse huve väljendavate plaanide täitmise vastu.

Optimaalse planeerimise ja juhtimise teooria järgib kõrvalekaldumatult planeerimise pidevuse printsiipi, mis võimaldab planeerimise ja vastuvõetud plaanide realiseerimise tulemuste tagasiseste süstemaatilise arvestamise alusel ühendada planeerimise ja juhtimise ühtseks protsessiks. Viisaastakute tähtsamate ülesannete väljatöötamise ja korrigeerimise kõrval on ette nähtud põhilise nomenklatuuri järgi perspektiivplaanide väljatöötamine 10—20 eelseisvaks aastaks.

Majandusmatemaatiliste uurimuste teaduslikuks aluseks on majandussüsteemi majandusküberneetiline kontseptsioon, mille järgi majandus on paljudest allsüsteemidest ja elementidest koosnev väga keeruline süsteem. Selline käsitlus võimaldab majanduse uurimisel rakendada täppisteaduste metodoloogiat, hinnata õigesti konkreetsete majanduslike mehhanismide täiuslikkuse astet, kasutatavate arvestusmeetodite täisväärtuslikkust, luua majanduslike kategooriate ja näitajate terviklik süsteem.

Mõistagi ei ole konkreetne sotsiaal-majanduslik süs-

teem oma keerulisuse tõttu kõigis detailides täielikult kirjeldatav. Seetõttu ei ole tema juhtimine tootmise tohutu mahu, mitmekesisuse ja dünaamilisuse tingimustes küllalt efektiivne. Rahvamajanduse optimaalse planeerimise ja juhtimise teooria esindajad on seepärast seisukohal, et majandussüsteemi funktsioneerimise täielik formaliseerimine ning rahvamajanduse täielikult automatiseeritud tsentraliseeritud planeerimis- ja juhtimissüsteemi loomine ei ole praktiliselt õigustatud.

Juhtimise efektiivsuse tõstmiseks mistahes tingimustes on vaja luua märksa keerulisemaid ja paindlikumaid mehhanisme, mis ühendaksid tsentraliseeritud planeerimise ja detsentraliseeritud juhtimise meetodid. Detsentraliseeritud juhtimise meetodid peaksid paremini kasutama üksikute iseseisvate üksuste (ettevõtete, tootmiskoondiste organisatsioonide, isegi üksikute töötajate) kollektiivide initsiatiivi majandussüsteemi juhtimisel optimaalsuse režiimis, teiste sõnadega, optimaalsete plaanide täitmisel, kommunismi ehitava ühiskonna ees seisvate ülesannete efektiivsel lahendamisel. Selliste üksteist täiendavate juhtimismehhanismide ühine kasutamine optimaalse plaani tingimustes tagab majanduslike hoobade ja materiaalse stimuleerimise süsteemi efektiivsuse ühiskondliku tootmise laiendamisel.

Sotsialistliku majanduse juhtimise ja planeerimise süsteemi peamised iseärasused määravad kindlaks ühtse kompleksmudeli struktuuri, mis on aluseks optimaalsele süsteemile. See mudel peab väljendama nii rahvamajanduse juhtimisorganite struktuuri ning tootmisharudevahelisi jaotamise ja tarbimise objektiivseid tehnoloogilisi suhteid kui ka mitmesuguste juhtimisvormide ja -meetodite koostööd rahvamajanduses.

Fundamentaalseks printsiibiks kompleksmudeli väljatöötamisel on rahvamajanduse planeerimise ja juhtimise mitmeastmelisus: ettevõtte — tootmisharu — liiduvabariik (majandusrajoon) — kogu maa rahvamajandus. Et mitmeastmelistes süsteemides lõpevad teatud küsimuste ringid vastaval tasemel ja kõrgemale tasemele jõuavad juba kompleksnäitajad, siis sellega saavutataksegi tsentraliseeritud planeerimise ning rahvamajanduse kõigi lülide iseseisvuse ja huvide ühtsus.

Majanduse juhtimise selline organisatsioon loob järjekindlalt võimalused rahvamajanduse optimaalseks planeeri-

miseks ja juhtimiseks tsentralismi ja detsentralisatsiooni printsiipide ühendamise alusel.

Sealjuures on vaja arvestada järgmisi asjaolusid:

1. tsentraliseeritud juhtimise ja majandusliku iseseisvuse ühendamist, mis on rahvamajanduse täiustamise vältimatu tee. Kuid tuleb silmas pidada, et detsentralisatsioon on võimalik ja efektiivne üksnes teatud, kuigi küllalt laia- des tsentraliseeritud planeerimise raames;

2. tsentralismi ja detsentralisatsiooni sellise ühendamise aluseks saab olla ainult optimaalse planeerimise süsteem, mis orgaaniliselt ühendab rahvamajanduse funktsioneerimise üldise kriteeriumi tema üksikute lülide kriteeriumidega, rahvamajanduse arendamise plaani väärtuselised ja naturaalsed näitajad.

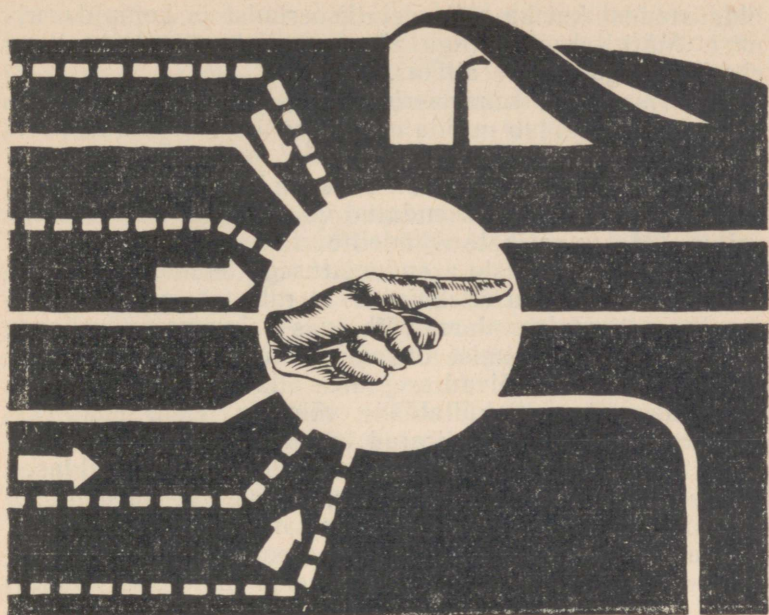
Lõppkokkuvõttes olgu öeldud, et kontsentreeritud vormis väljendab rahvamajanduse optimaalne plaan ühiskonna vajaduste kogumit, mis on tingitud nii majandus- sise arenemise iseärasustest kui ka mitmesugustest välisteguritest.

II. MUDELEERIMISEST

Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei XXIII kongressi direktiivides NSV Liidu rahvamajanduse arendamise viie aasta (1966—1970) plaani kohta on teaduse ja tehnika progressi kiirendamiseks ning teaduslike uurimistöde tulemuste kiiremaks tootmisalaseks kasutamiseks ette nähtud arendada teoreetilise ja rakendusmatemaatika valdkonnas uuringuid, mis tagavad matemaatiliste meetodite laialdase kasutamise teaduse ja tehnika mitmesugustel aladel.

Objektiivseks vajaduseks ja esmajärguliseks praktiliseks ülesandeks on muutunud matemaatiliste meetodite ja majandusmatemaatiliste mudelite kasutamine rahvamajanduse teaduslikuks planeerimiseks ja juhtimiseks. Konkreetsete majanduslike protsesside ja nähtuste majandusmatemaatilise mudeleerimise teooria ja meetodite arendamine on järelikult majandusküberneetika üks tähtsamaid suundi.

Igapäevases elus mõistetakse tavaliselt mudeli all mingit näidist, maketti või mingit objekti miniatuurset kujundit. Mudeli teaduslik määratlus on sellest täiesti erinev;



kuigi ka tema kujutab oma prototüüpi. Mida siis mõistetakse teaduses mudeli all? Vastame sellele akadeemik V. S. Nemtšინovi määratlusega: «Mudel — see on abstraktsiooni eriliik, teoreetilise abstraktse mõtlemise ja objektiivse tegelikkuse vahepealne lüli. Mudeli kvaliteet sõltub tema võimest väljendada ja taas luua objektiivse maailma objekte ja nähtusi, nende struktuuri ja seaduspärasusi. Mudel on uuritavas reaalses tegelikkuses mingi seaduspärase seoste ja suhete objektiivselt funktsioneeriva süsteemi eraldamise vahend».¹

Rahvamajanduses on iga majandusmatemaatilise mudeli aluseks mingi juhtimissüsteem. Mudel ühendab tervikuks selle süsteemi põhilised majanduslikud näitajad ja iseloomustab ainult neid parameetreid, mis on kõige olulisemad teatud konkreetse majandusliku probleemi või ülesande lahendamiseks.

Üldtuntud on seisukoht, et mudeli teaduslikul ülesehitamisel on tähtis vältida nii reaalse tegelikkuse liigset

¹ В. С. Немчинов, Экономико-математические методы и модели, издательство «Мысль». Москва, 1965, lk. 32.

lihtsustamist kui ka selle detailiseerimist ja komplitseerimist. Märgitakse, et liiga täpne mudel on viljatu, liiga ebatäpne aga vigade allikas.

Matemaatiline mudeleerimine on selliseks instrumendiks, mis võimaldab uurida majanduslike süsteemide, protsesside ja nähtuste kõige tähtsamaid omadusi ja vastastikuseid keerulisi seoseid, mille otsene kvantitatiivne mõõtmine on sageli kas raskendatud või praktiliselt lootusetu üritus. Matemaatiliste mudelite tähtsust ökonomikas võiks võrrelda jooniste asendamatuslega tehnikas. Seetõttu on küllaltki levinud ettekujutus, et rahvamajanduse arendamise optimaalne plaan võib igas rahvamajandusharus lahendada kõik tootmise organiseerimise küsimused. Ainsateks raskusteks võivad seejuures olla vaid elektronarvutite vähesus ja mitteküllaldane võimsus. Kuid neiks raskusteks ei ole niivõrd piiratud tehnilised võimalused, kui võrd majandusmatemaatiliste mudelite mitteküllaldased võimed majanduslike süsteemide, protsesside ja nähtuste kvalitatiivse külje vajalikuks arvestamiseks. See on vahetus seoses sotsiaalsete tingimuste arenemise ning muutustega materiaalsete hüvede tootmise ja jaotamise protsessides.

Mingi majandusliku protsessi majandusmatemaatilise mudeli väljatöötamisel on esimeseks ülesandeks selle protsessi majandusliku iseloomu põhjalik tundmaõppimine. Vastasel korral võib juhtuda, et optimaalset lahendit ei saa praktiliselt ellu viia. Kõik majanduslikud mõisted ja näitajad tuleb viia mudelisse ainult rangelt matemaatilises vormis. Üksnes siis võimaldab majandusmatemaatiline mudel uuritava objekti õiget teoreetilist analüüsimist ja selle tulemuste edukat kasutamist. Sealjuures on alati vaja silmas pidada kvantitatiivselt kindlaksmääratud plaaniliste otsuste ja nende elluviimise majanduslike abinõude orgaanilist seost.

Majandusreformi tingimustes suurendavad konkreetsete majandusmatemaatiliste mudelite väljatöötamise vajadust isemajandamise tugevdamine ja majandusorganite õiguste laiendamine. Arusaadavalt on optimaalsete otsuste realiseerimiseks vaja luua vastavad majanduslikud tingimused, tootmissuhete uus kompleks, mis kõigepealt eeldab sotsialistliku riigi majanduspoliitika elluviimist.

Tuleb märkida, et teaduse ajaloos on mudelid alati

erakordselt suurt osa etendanud. Majandusteaduse ajaloos on eriti tähtis koht prantsuse arsti ning majandusteadlase François Quesnay (1694—1774) kuulsal majanduslikul tabelil (tableau économique), kus ta esitas ühiskondliku kogukapitali taastekitamise tervikliku protsessi, K. Marxi lihtsa ja laiendatud taastootmise mudelil ning V. I. Lenini siseturu arenemise mudelil. Kõik need mudelid on suured teetähised majandusteaduse arenemise teel.

Kui majanduslik mudel väljendatakse rangelt matemaatilises vormis, siis kujutab ta endast majandusmatemaatilist mudelit. Viies sellisesse mudelisse või mudelite süsteemi sisse konkreetsed lähteandmed või statistilised näitajad, võime niiviisi kujutada kogu maa rahvamajandust, selle üksikute harude, nende tootmiskoondiste ja ettevõtete, samuti üksikute liiduvabariikide või majandusrajoonide ökonoomikat. Hoolimata selliste mudelite mitmekesisusest ühendab neid sihipärasus leida majanduslikele probleemidele ja ülesandele optimaalne lahend.

Et matemaatika ja elektronarvutid võimaldavad majanduslikke süsteeme, protsesse ja nähtusi uurida reaalseid eksperimente tegemata, siis on majandusmatemaatiline mudeleerimine selliseks praktiliseks vahendiks, mis võimaldab suuremate raskuste ja kuludeta välja töötada reaalsele tegelikkusele vastava majanduse optimaalse planeerimise ja juhtimise meetodi. Arusaadavalt on sellel ülisuur tähtsus, sest iga konkreetne eksperiment on majanduses peaaegu alati seotud aja ja vahendite ülekuluga.

Rahvamajandust kui väga keerulist küberneetilist süsteemi võib uurida kahel viisil, kasutades selleks kas mikro- või makrolähenemist.

Mikrolähenemisel uuritakse üksikuid autonoomseid süsteeme ja luuakse nende omaduste järgi ettekujutus kogu süsteemi käitumisest.

Makrolähenemisel uuritakse süsteemi kui terviku põhilisi seaduspärasusi, jättes kõrvale teisejärgulised tegurid, püütakse selgitada kogu süsteemi reguleerimise peamised jooned.

Rahvamajanduse kompleksset majandusmatemaatilist mudelit võib järelikult ette kujutada kui arvukate erinevate tasemete mudelite kogumit, kus madalamate tasemete mudelid väljendavad üksikute majanduslike süsteemide (rahvamajandusharu, liiduvabariigi või majandus-

rajooni) funktsioneerimist ning kõrgemate tasemete mudelid opereerivad üldistatud näitajatega, mis on saadud madalamate tasemete mudelitest ja määravad kindlaks kogu süsteemi peamised seaduspärasused.

Rahvamajanduse optimaalse planeerimise ja juhtimise teooria järgi peab planeerimise ja juhtimise kompleksmudel arvestama kolme printsiipi: esiteks, tootmise eesmärki; teiseks, tootmistegureid (olemasolevaid looduslikke, materiaalseid ja tööjõuressursse); kolmandaks, olemasolevaid ja projekteeritavaid tehnoloogilisi viise ning nendevahelisi seoseid.

Kompleksmudeli ülesandeks on tagada nii rahvamajanduse arendamise optimaalse plaani tsentraliseeritud ülesehitus kui ka üksikute ettevõtete ja harude iseseisvus vastavate meetodite alusel, mis kasutavad rahalist mehhanismi.

Üksikute majandussüsteemide planeerimise ja juhtimise mudelitel on mitmesugused iseärasused sõltuvalt aja-, territoriaalsest ja tehnoloogilisest tegurist. Seetõttu on kõigepealt vajalik nende erisuste alusel iseseisvate mudelite väljatöötamine, mis ühendatakse vastavaks ühtseks mudeliks üldise optimaalse plaani kavandamise ja realiseerimise protsessis.

Ajalisest aspektist lähtudes on seaduspäraselt eriline spetsiifika perspektiivse, jooksva ja operatiivse planeerimise ja juhtimise mudelitel. Optimaalsel planeerimisel majandusmatemaatiliste meetodite rakendamise seisukohast on teatavasti kõige suurem tähtsus lineaarse ja kumerplaneerimise mudelitel, mille lahendamiseks on loodud mitmed efektiivsed meetodid. Taoliste mudelite kasutamine on eriti õigustatud jooksva (aasta, kvartali, kuu) planeerimisel, mil sagedasti on võimalik vältida suuruste diskreetsust, nendevahelise sõltuvuse mittelineaarsust, lähteandmete stohhastilisi kõikumisi ja teisi segavaid tegureid.

Perspektiivse planeerimise ja operatiivse juhtimise mudelite konstrueerimisel taolised eeldused puuduvad, sest seejuures ei ole võimalik ignoreerida muutujate diskreetsust iseloomu (tootlike jõudude paigutamise probleemide lahendamisel), samuti täisarvulisi muutujaid (ehitada või mitte ehitada), näiteks ettevõtte suuruse kindlaksmääramisel.

Lineaarse ja kumerplaneerimise mudelite rakendamine

operatiivse juhtimise ülesannetes takerdub aga sageli ülesande tohutusse keerulisusse, mille põhjustavad juhuslikud segamised (näiteks seadmete ettenägematud remonidid, häired varustamisel jne.), täisarvulisus ja muud tegurid.

Olulised iseärasused on niisuguste majandussüsteemide mudelitel, mille puhul on eriline tähtsus transpordi ja tootmise seostamisel tooraineallikatega ning tarbimiskeskustega.

Lähtudes tehnoloogilisest tegurist peab mudelite süsteemil olema mitmeastmeline struktuur, mis väljendab juhtimissüsteemides alluvusvahekorda, nii et hierarhia kõrgema taseme mudel kujutaks endast tema allsüsteemide vastastikku seotud mudelite kompleksi.

Rahvamajandusharu mudel koosneb tootmiskoondiste (tootmisvalitsuste) või üksikute ettevõtete mudelitest, ettevõtte mudel omakorda tsehhide mudelitest, tsehhi mudel — tootmisjaoskondade või seadmete mudelitest.

Selline liigendamine loob võimaluse kogu süsteemi (näiteks rahvamajandusharu) optimaalse plaani leidmiseks üksikute allsüsteemide plaanide korrigeerimise iteratiivse protsessi tulemusena (vastavalt üldisele optimaalsuse kriteeriumile ja kogu süsteemi piiravatele tingimustele).

Taolist iteratiivset protsessi saab edukalt kasutada optimaalse planeerimise ülesannete lahendamiseks arvutusalgoritmi ülesehitamisel, mis koosneb planeerimisülesannete järkjärgulisest vastastikku seotud lahendamisest. Matemaatilises teoorias nimetatakse seda meetodit dekompositsioonimeetodiks ehk blokiliseks programmeerimiseks.¹

Eeltoodust järeldub, et majanduse mudeleerimisel on esmane tähtsus majandusmatemaatiliste mudelite sünteesil. Majanduse kui väga keerulise küberneetilise süsteemi haaramine ühe mudeliga ei ole võimalik. Järelikult tõuseb esiplaanile kompleksmudeli blokkideks jaotamise probleem, küsimus üksiku ja üldise vahekorra, globaalsest ja

¹ Н. П. Федоренко, Основные направления работы и проблемы создания и внедрения систем моделей оптимального планирования отрасли, материалы к всесоюзной научно-технической конференции «Проблемы научной организации управления социалистической промышленностью», секция № 5, «Экономико-математические методы в управлении промышленностью». Москва, 1966, lk. 5—18.

lokaalsest majanduse mudelerimisest. Lokaliseerimisega aga kaasneb paratamatult tendents, et rikutakse seoseid kogu majandussüsteemiga. Seetõttu on alati vaja teatava täpsusega kindlaks määrata need suurused, mis piiravate tingimustena nimetatud seoseid iseloomustavad.

Arusaadavalt on rahvamajanduse ja selle harude ning territoriaalsete komplekside (liiduvabariikide, majandusrajoonide) arenemise põhisuundi võimalik kindlaks määrata üksnes makromajandusliku mudelerimise abil. Seetõttu on makromajanduslik mudelerimine rahvamajanduse optimaalse perspektiivse planeerimise ja teaduslike prognooside tegemise aluseks. Planeerimise praktikas hästituntud rahvamajanduse bilanssi võibki vaadelda kui makromajanduslikku mudelit. Kuigi viimaseil aastail on hakatud koostama tootmisharudevahelisi bilansse, mis detailiseerivad ja laiendavad rahvamajanduse bilansi kasutamisevõimalusi, vajavad selliste statistiliste ja plaaniliste bilansside skeemid ning koostamise meetodika edaspidist täiustamist, eriti nende väljatöötamiseks dünaamilise skeemi järgi.

Ainult sel juhul, kui majanduslik mudel väljendatakse rangelt matemaatilises vormis, on meil tegemist majandusmatemaatilise mudeliga. Mudeli või mudelite süsteemi konstrueerimisel ja analüüsimisel kindlaksmääratud seaduspärasused ning nende vastavus tegelikkusele kontrollitakse kogemuslikul teel.

Lähtudes majandusmatemaatilise mudeli sellisest määratlusest, algas majandusteaduse doktor A. L. Vainsteini andmeil majandusmatemaatiliste meetodite rakendamine majandusteaduslikes uurimustes möödunud sajandi lõpul.¹

1897. aastal näitas tuntud itaalia kodanlik majandusteadlane ja sotsioloog V. P a r e t o, kes kuulus majandusteaduse matemaatilisse (nn. Lausanne'i) koolkonda, statistiliste materjalide alusel kindlaksmääratud elanikkonna tulude jaotamise seaduspärasust kapitalistlikes riikides hüperbooli vormis, mis on tuntud «Pareto kõvera» nime all.

Mõned aastad hiljem, juba käesoleva sajandi künnisel,

¹ Альб. Л. Вайнштейн, Возникновение и развитие применения линейного программирования в СССР, Экономико-математические методы, Вып. III, Экономико-математические модели народного хозяйства, Издательство «Наука», Москва, 1966.

tegi inglise statistik R. H o o k e r rea majanduslikke uurimusi korrelatsioonianalüüsi meetodiga (määras näiteks kindlaks pankrottide mõju teraviljahindadele Berliini kaubabörsil).

A. L. Vainsteini järgi võib eeltoodud töid lugeda esimesteks näideteks majandusmatemaatiliste mudelite konstrueerimise alal, kusjuures nad kavandasid statistiliste andmete majandusmatemaatilise analüüsi kaks suunda: esiteks, matemaatiliste meetodite rakendamine majanduslike nähtuste kirjeldamiseks ja, teiseks, matemaatiliste meetodite kasutamine majanduslike nähtuste seoste kindlaksmääramiseks. Neid kaht matemaatilise statistika suunda hakatigi arendama majandusteaduslikes uurimistöödes käesoleva sajandi kahel esimesel aastakümnel.

Revolutsiooniajast Venemaal ei leidnud statistiliste andmete analüüsi matemaatilised meetodid kaugeltki sõbralikku vastuvõttu. Toimusid ägedad diskussioonid, kas matemaatika printsiipe ja meetodeid on võimalik rakendada majandusteaduslikes uurimustes.

XX sajandi teise aastakümne lõpul tekkis kolmas suund — aegridade (kujutavad endast dünaamilisi ehk kronoloogilisi ridu) analüüsi meetodite väljatöötamise suund, seejärel rahvamajanduse ja selle üksikelementide dünaamika kohta prognooside tegemise meetodite arendamise suund.

Matemaatiliste meetodite rakendamine majandusalases uurimistöös nõudis vastava instrumentaariumi väljaarendamist nii sügavuti kui laiuti. Majanduslike nähtuste kirjeldamiseks loodi uut tüüpi analüütilisi kõveraid — eksponentkõverad, logaritmkõverad ja mitmed teised. Intensiivselt hakkas arenema korrelatsiooniteooria.

Kolmekümnendail aastail koondasid välismaised ökonomistid oma tähelepanu kaubaturu mudeli konstrueerimise probleemile, hakkasid uurima selle seaduspärasusi nõudmise, pakkumise ja üksikute kaupade loodetava hinna võrrandite väljatöötamise abil. Koos sellega muutus märksa keerulisemaks majandusmatemaatiliste mudelite matemaatiline ja statistiline aparatuur.

Majandusmatemaatiliste uurimistööde valdkond Nõukogude Liidus erines neil aastail välismaisest eelkõige tootmisalase iseloomuga temaatika poolest. Nõukogude teadlased uurisid toodangut ja selle kvaliteeti statistiliste meetoditega, tootmise tulemuste seost erinevate tootmis-

teguritega, tööviljakuse seost tööliste töötingimustega ja teisi taolisi probleeme.

Uus ajajärk

Majandusmatemaatiliste meetodite arengus tuleb lugeda uue ajajärgu alguseks 1939. aastat, mil Leningradi Riikliku Ülikooli väljaandel ilmus sama ülikooli matemaatikaprofessor L. V. Kantorovitši mahult tagasihoidlik, kuid kvaliteedilt pöördelise tähtsusega raamat: «Tootmise organiseerimise ja planeerimise matemaatilised meetodid».¹ See teos rajas alguse rakendusmatemaatika uuele harule — lineaarsele planeerimisele, mis hiljem hakkas etendama tohutut osa matemaatiliste meetodite rakendamisel majandusteaduslikes uurimustes ja optimaalses planeerimises.

Raamatu sissejuhatuses kirjutab L. V. Kantorovitš, et on kaks teed tsehhi, ettevõtte ja terve tööstusharu töö efektiivsuse tõstmiseks. Üks tee — see on mitmesugused täiustused tehnikas, s. t. uued rakised üksikul tööpingil, tehnoloogilise protsessi muutmine, uute, paremate toorainekiikide leidmine. Teine tee, esialgu hoopis vähem kasutatav — see on täiustused tootmise ja planeerimise organiseerimises. Siia kuuluvad näiteks sellised küsimused, nagu tööde jaotamine ettevõtte üksikute tööpinkide või mehhanismide vahel, mitmesuguste toorainekiikide, kütuse ja muu õige jaotamine.²

Kuidas sattus matemaatikaprofessor L. V. Kantorovitš sellele teisele teele ja hakkas välja töötama matemaatilisi meetodeid majanduslike probleemide ja ülesannete lahendamiseks? Omamoodi on siin tegemist juhusega, sest see toimus seoses Üleliidulise Vineeritrusti Kesklaboratooriumi poolt Leningradi Riikliku Ülikooli Matemaatika ja Mehaanika Instituudile lahendamiseks antud ülesandega. Probleem seisnes selles, kuidas jaotada viis erinevat materjaliliiki kaheksa eri tootlikkusega tööpingi vahel, et

¹ Л. В. Канторович, Математические методы организации и планирования производства. Ленинград, ЛГУ, 1939.

² Применение математики в экономических исследованиях, под редакцией академика В. С. Немчинова, Издательство социально-экономической литературы. Москва, 1959, lk. 251. (Selles kogumikus ilmus L. V. Kantorovitši eespool nimetatud uurimistöö teistkordselt.)

saada maksimaalset toodangut antud sortimendis, kui on teada iga tööpingi tootlikkus materjaliliikide lõikes.

Selle ülesande lahendamisel tuli L. V. Kantorovitš ülitähtsaks järeldusele, et suur hulk tootmis- ja planeerimisprobleeme allub täpsele matemaatilisele formaliseerimisele, mis võimaldab neile läheneda kvantitatiivsest küljest ja lahendada neid arvuliste meetoditega.

Esimese majandusmatemaatilise mudeli konstrueeris L. V. Kantorovitš detailide töötlemise jaotamiseks tööpinkide vahel, nii et see kindlustaks maksimaalse tootlikkuse kompleksuse tingimusel.

Alljärgnevalt käsitleme selle mudeli koostamise käiku, mille järgi lahendati ka eespool mainitud ülesanne.

Olgu meil n tööpinki, millel valmistatakse tooteid, kusjuures viimased koosnevad m erinevast detailist. Oletame, et i -ndal tööpingil võime töödelda k -ndat detaili tööpäeva jooksul a_{ik} tükki. Need ongi kõik lähteandmed. Märgime, et juhul, kui i -ndal tööpingil ei saa töödelda k -ndat detaili, siis tuleb lugeda vastav $a_{ik} = 0$.

Nüüd tuleb jaotada detailide töötlemine tööpinkide vahel nii, et oleks võimalik toota suurim arv detailide komplekte. Tähistame h_{ik} abil seda aega (tööpäeva osa), mis kulutatakse i -ndal tööpingil k -nda detaili tootmiseks. See aeg ei ole teada, ta tuleb kindlaks määrata, lähtudes maksimaalse toodangu väljastamise tingimusest. Sel juhul on h_{ik} kindlaksmääramiseks järgmised tingimused.

Esiteks, $h_{ik} \geq 0$, s. t. ei ole negatiivne. Praktiliselt on see tingimus silmanähtav, kuid seda tuleb märkida, sest matemaatiliselt etendab see suurt osa.

Seejärel on iga kindlaksmääratud i kohta summa $\sum_{k=1}^m h_{ik} = 1$, kui summeerida alates $k=1$ kuni m . See tingimus tähendab, et tervikuna — kõigi detailide järgi — on i -ndas tööpink koormatud kogu tööpäeva.

Edasi, toodetud k -ndate detailide kogus $z_k = \sum_{i=1}^n a_{ik} h_{ik}$, sest iga korrutis $a_{ik} h_{ik}$ annab k -nda detaili koguse tükkides, mis on toodetud i -ndal tööpingil. Soovides saada komplektsed tooted, peame nõudma, et kõik need suurused oleksid omavahel võrdsed: $z_2 = z_1 = \dots = z_m$. Nende arvude koguväärtus — z — määrabki toodete arvu, mis peab olema maksimaalne.

Niisiis viib meie küsimuse lahendamise järgmise matemaatilise ülesande juurde.

Määrata kindlaks arvud h_{ik} ($i=1,2,\dots, n$; $k=1,2,\dots, m$) järgmiste tingimuste alusel:

1) $h_{ik} \geq 0$;

2) $\sum_{k=1}^m h_{ik} = 1$ ($i=1,2,\dots, n$);

3) kui rakendada tähistust

$$\sum_{i=1}^n a_{ik} h_{ik} = z_k,$$

siis iga h_{ik} peab olema valitud nii, et suurused z_1, z_2, \dots, z_m oleksid omavahel võrdsed ja nende koguväärtus $z = z_1 = z_2 = z_m$ oleks maksimaalselt võimalik suurus.¹

Antud matemaatilise formaliseerimise või selle variantide alusel on võimalik koostada paljude samalaadsete majanduslike küsimuste majandusmatemaatilised mudelid.

Üldised matemaatilised meetodid ei paku taoliste ülesannete lahendamiseks praktiliselt vastuvõetavat teed. L. V. Kantorovitš leidis esialgu mõned spetsiaalsed võtted, mis olid küll efektiivsemad, kuid ikkagi veel liiga keerulised. Ent seejärel õnnestus tal leida küllaltki universaalne meetod — lahenduskordajate meetod, mis on seda liiki ülesannete lahendamiseks praktiliselt rakendatav.

L. V. Kantorovitši põhiline saavutus seisneb selles, et ta avastas erakordselt tähtsate kordajate (millised ta nimetas lahenduskordajateks) olemasolu igasuguses ülesandes, milles otsitakse lineaarse funktsiooni ekstreemalist väärtust tingimusel, et muutujate väärtuste süsteem rahuldab kõiki piiravaid tingimusi. Nende kordajate abil saab taolisi ülesandeid lahendada küllalt kiiresti. Kui võtame näiteks eeltoodud ülesande, kus tuleb leida iga detaili k selline töötlemisaeg (tööpäeva osades) h_{ik} iga tööpingi i kohta, mis kindlustab detailide maksimaalse toodangu, siis n tööpingi ja m detaili korral tuleks meil kindlaks määrata mn tundmatut. Kuid eelmärgitud avastuse järgi selgub, et leiduvad sellised kordajad (tähistame nad kreeka tähega lambda) $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ vastavalt igale detailile, mille kindlaksmääramine annab võimaluse eraldada igale konkreetsele tööpingile i need detailid k , mida optimaalse plaani korral tuleb just sellel tööpingil töödelda.

¹ Op. cit., lk. 255—256.

Vastavate h_{ik} arvulised väärtused võib aga hõlpsasti kindlaks määrata ülesande tingimuste alusel. Vastavalt lahenduskordajate meetodile tuleb meil järelikult leida nm tundmatu asemel ainult m kordajat $\lambda_1, \dots, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ järkjärgulise lähenemise teel.

Selles meetodis avaldusid juba selgesti lineaarse planeerimise ideed, mis kahjuks langesid aga unustusehõlma ja avastati uuesti teises vormis alles 8 aastat hiljem silmapaistva ameerika matemaatiku George Dantzigi poolt, kes oma ideed formuleeris nn. simpleksmeetodis.

Oma kuulsas raamatus «Lineaarne programmeerimine, tema rakendused ja üldistused», mis ilmus 1963. aastal New Jersey's, avaldas G. Dantzig suurt tunnustust L. V. Kantorovitši uurimustele ja kirjutas: «Kui Kantorovitši esimesi töid oleks vajalikul määral hinnatud nende esimese avaldamise momendil, siis võib-olla oleks praegu lineaarne planeerimine märksa kaugemale jõudnud. Kuid tema esimene töö selles valdkonnas jäi peaaegu kahe aastakümne vältel tundmatuks nii Nõukogude Liidus kui ka teistes maades, selle aja jooksul aga muutus lineaarne programmeerimine tõeliseks kunstiks».¹

Suurte teaduslike saavutuste peamiseks ajendiks kapitalistlikes maades on alati olnud ja jäävad ka tulevikus sõjad ja nendeks valmistumine. Pärast Teist maailmasõda saadi Ameerika Ühendriikide Lennuväestaabis selgesti aru, et kogu maa jõupingutuste efektiivne koordineerimine nõuab totaalse sõja tingimustes teaduslikke planeerimismeetodeid. Nende järele tekkis vajadus ka varematel aegadel, kuid siis arendati USA-s teaduslikke uurimistöid kahes suunas: 1) kiiresti töötavate elektronarvutite loomise ja 2) majandusharudevahelise bilansi mudeli koostamise suunas. Uusi teaduslikke planeerimismeetodeid asus alates 1947. aasta juunikuust intensiivselt välja töötama grupp teadlasi G. Dantzigi ja M. Woodi juhtimisel. Juba 1947. aasta juulikuus oli välja töötatud lineaarse planeerimise mudel ja sama aasta suve lõpuks arvutusmeetod — simpleksmeetod — optimaalse plaani leidmiseks. Märgime, et termini «lineaarne planeerimine» (lineaarne programmeerimine) võttis G. Dantzig kasutusele alles 1951. aastal tuntud ameerika majandusmatemaatiku T. Koopmansi ette-

¹ Дж. Данциг, Линейное программирование, его применения и обобщения, Издательство «Прогресс». Москва, 1966, lk. 30.

panekul. Varem kasutati kohmakamat formuleeringut «programmeerimine lineaarses struktuuris».

Ameerika Ühendriikides hakkas huvi lineaarse planeerimise vastu kiiresti suurenema. Tuntud matemaatikute ja majandusteadlaste tihedad kontaktid viisid lõpuks välja klassikalise majandusteooria revideerimisele lineaarse planeerimise ideede ja tulemuste alusel.

Lineaarsele planeerimisele vajalike matemaatiliste aluste rajamisel on väga suured teened J. von Neumannil, kes juba oma eluajal omandas matemaatikuna ülemaailmse kuulsuse. Neumann etendas juhtivat osa veel paljudes teisteski teaduse valdkondades, eriti aatomienergia ja elektronarvutite alal. Väga suure panuse andis ta ka mängude teooria väljaarendamisse ja duaalsuse teoriasse.

Aasta-aastalt kasvas peaaegu kogu maailmas huvi lineaarse planeerimise teooria ja arvutusmeetodite vastu. Paljude maade teadlased loovad uusi arvutusmeetodeid ja olemasolevate uusi variante. Samuti areneb kiiresti programmide väljatöötamine elektronarvuteile.

Esimene simpleksmeetodi masinaprogramm töötati 1950. aastal välja Ameerika Ühendriikides transpordiülesande kohta. Masinaprogramm simpleksmeetodile üldse koostati aga 1951. aastal A. Ordeni (USA Lennuväest) ja A. Hoffmanni (USA Standardite Büroost) juhtimisel. Neile esimestele järgnes arvukalt mitmesuguseid uusi, hiljem ka vanemaid korrigeerivaid masinaprogramme. Et tehniline progress võimaldab luua järjest keerulisemaid, võimsamaid ja täiuslikumaid elektronarvuteid, siis käib sellega kaasas ka masinaprogrammide täiustamine. 1953. aastal kulus ameerika elektronarvutil IBM 27 võrrandist koosneva võrrandisüsteemi lahendamiseks 8 tundi. Ainult neli aastat hiljem lahendas uuemat tüüpi masin — IBM-704 — 195 võrrandist koosneva süsteemi vaid mõne tunniga. 1961. aastaks asendati need masinad veelgi võimsamatega. Mõni aeg hiljem avanes võimalus hakata lahendada võrrandisüsteeme, mis koosnevad rohkem kui 10 000 üksikust võrrandist. Loomulikult ei sõltu edu suuremõõtmeliste mudelite lahendamisel üksnes elektronarvutite konstruktsiooni parandamisest, vaid ka rakendatavate matemaatiliste meetodite täiustamisest.

Lineaarse planeerimise teooria arenemisega kaasneb ka tema rakendamise sfääri laienemine.

Ameerika Ühendriikide tööstuses oli esimeseks line-

aarse planeerimise rakendusalaiks naftatöötlemistööstus, kus seda kasutatakse geoloogilise luure, tootmise, jaotamise ja puhastamise probleemide kõige otstarbekamaks lahendamiseks.

Lineaarse planeerimise teooria juurutamise alal on teisel kohal toiduainete tööstus, kus seda tavaliselt kasutatakse tehaste ja ladude vaheliste vedude plaani koostamiseks ning loomade söödaratsioonide kindlaksmääramiseks.

Metallurgiatööstuses rakendatakse lineaarset planeerimist rauamaakide kvaliteedi hindamisel, madalakvaliteediliste maakide rikastamise probleemide ja mitmete teiste küsimuste lahendamisel.

Metallitööstuses kasutatakse lineaarset planeerimist tsehhide koormuse arvutamiseks, samuti mistahes detailide tootmise ja kokkuostu vahekorra kindlaksmääramiseks.

Paberivabrikuis aitab lineaarne planeerimine vähendada kadusid lõikamisel.

Inglise metallurgiatööstuses kasutatakse lineaarset planeerimist valtsimismasinatööstuse toodangu sortimendi kindlaksmääramisel kasumi maksimiseerimise kriteeriumi järgi.

Prantsusmaal uuritakse lineaarse planeerimise meetodite abil kapitalimahutuste optimaalseid programme energiatööstuses.

Lineaarse planeerimise teoorial on eriline koht Ameerika Ühendriikide sõjamajanduses. Sõjaväe spetsialistid tunnevad pidevalt huvi teadlaste uute tööde vastu, mida on võimalik kasutada sõjalisteks avantüürideks valmistamisel.

Erilist tähelepanu väärrib G. Dantzigi alljärgnev skemaatiline tabel (vt. lk. 48—49), kus ta näitab kronoloogilises järjekorras lineaarse planeerimise meetodite tekkimise lähtealuseid ja arenemise seoseid sõjanduses, majanduses, tööstuses ja matemaatikas. Kuigi G. Dantzigi tabelis märgitakse kahes kohas ära professor L. V. Kantorovitši 1939. aasta töö ja lineaarse planeerimise teooria arenemine Nõukogude Liidus, on sellest välja jäänud nõukogude majandusteadlaste ja matemaatikute mitmed tähtsad tööd, mainimata on jäänud isegi NSV Liidu 1923./24. aasta rahvamajanduse bilanss, mis oli eelkäijaks välismaistele majandusmatemaatilistele konstruktsioonidele ja eelkõige W. Leontiefi kuulsale uurimusele Ameerika Ühendriikide majanduse struktuuri kohta (tootmise-tarbimise mudel, 1936. aastal).

Lineaarse planeerimise areng: lähtealused — seosed¹

SÕJANDUS	MAJANDUS JA TÖÖSTUS		MATEMAATIKA	
	Rakendamine	Teooria	Teooria	Arvutused
Kõrgem ülemjuhataja koostab isiklikult sõjategevuse plaanid	Majanduslik tabel (Quesnay, 1759)	Walrasi süsteem (1874)	Fourier (1823)	Sõrmedel
↓	Riiklikud uurimused suurtes mas- taapides (1932)	↓	Gauss (1826)	Abakus (600 aastat e. m. a.)
Peastaabi loomine (1860)	↓	↓	Jordan (1873)	Pascali summeerimis- masin (1642)
↓	Leontiefi «tootmi- se-tarbimise» mu- del (1936)	Von Neumanni ta- sakaalumudel (1937)	Minkowski (1896)	Babbage'i analüü- tiline masin (1822)
Planeerimisprotsesside hajutamine staabiteenistuste vahel (1917)	↓	↓	Farkas (1903)	Hollerithi perfo- raator (1890)
↓	↓	↓	Stiemke (1915)	Releearvutusma- sinad (Aiken, Sti- bitz, Willams)
Planeerimisprotsessi tsentraliseeritud juhtimine (1942)	↓	↓	Statistika teooria (1900)	Hollerithi perfo- raator (1890)
↓	↓	↓	(Neyman, 1936; Wald, Dantzig, 1939)	Elektronarvutus- masin ENIAC (von Neumann, Mauchly, Eckert, Goldstein, 1945)
↓	↓	↓	Motzkin (1936)	
↓	← ← ← ↓ Sõjalise toodangu planeerimine (1940)	Koopmansi trans- pordimudel (1944)	↓ Kantorovitš (1939)	
↓	↓	↓	Hitchcocki trans- pordiülesanne (1941)	
↓	↓	↓	von Neumanni- Morgensterni män- gude teooria (1944)	
Mehhaniseerimine (1947)			↓	
Lineaarne planeerimine (1947)			↓	
Kolmnurkne mudel (1948) (Wood, Dantzig, Geisler)		Koopmansi (1948)	↓	Lahendamine
Lennuväe programmid		üldine majandus- lik mudel →	Simpleksmeetod (Dantzig, 1947)	simpleksmeeto- dil: ülesanne toi- duratsiooni kohta (Laderman, 1948), transpordiüles- anne (Dantzig, →1949)
BINAC 1949			↓	
IBM-604 1949			Duaalsus (von Neumann, 1947)	
SEAC 1950			Teooria (Tucker, Gale, Kuhn, Koop- mans, 1948)	
UNIVAC 1952			↓	

Lineaarse planeerimise rakendamine
Lepingute uurimine (1952)
Planeerimine, väljaõpe, jõudude arendamine (1952)
Isikliku koosseisu jaotamine (1952)
Lennukite startide planeerimine, Manne (1954)

Tööstus
Naftapuhastamise planeerimine (Charnes, Cooper, Mellon) (1951)
Toodete jaotamine (1953)

Metallitööstus (Markowitz, 1953)
Paberitööstus (1954)

Energeetika (Masé, Gibrat, 1955)
Rohkearvulised rakendused (pärast 1955), millest paljud on analoogilised Kantorovitši ettepanekutega (1939. a.)

Dorfman, Firmade teooria (1951)
Dorfman, Samuelson, Solow
Lineaarne planeerimine ja majanduslik analüüs (1958)

Chicago konverents (1949)
Washingtoni sümposium lineaarse programmeerimise alal (1951, 1955)

Käsitlused NSV Liidus (1957)

Täisarvuline planeerimine:

{ Kaubareisija ülesanne (Dantzig, Fulkerson, Johnson, 1954)

{ Üldteooria (Gomory, 1958)

{ Määramatus (Dantzig, 1954)

{ Võrkude teooria (Orden, 1950;

{ Kuhn, Ford, Fulkerson, 1956)

{ Mittelineaarne ruutplaneerimine (Markowitz, Wolfe, 1955)

{ Jaotamisprintsii (Dantzig, Wolfe, 1958)

{ Korporatsiooni RAND sümposium (1959)

Simpleksmeetodi programm
SEAC'ile, 1952
Orchardi-Haysi RAND programmid
{ 1953 — IBM-CRC
{ 1954 — IBM 701
{ 1956 — IBM 704

¹ Д.ж. Данциг, оп. сит., lk. 20.

Siinkohal ei saa jätta meenutamata üht huvitavat episoodi lähemast minevikust. See juhtus 1959. aastal Moskvas, kui väljapaistev ameerika majandusteadlane W. Leontief külastas Nõukogude Liitu. Ühel kohtumisel andis akadeemik V. S. Nemtšinov temale NSV Liidu rahvamajanduse 1923./24. aasta harudevahelise bilansi tabeli, mis oli koostatud täpselt sellise skeemi järgi, mille alusel W. Leontief ise koostas oma tabelid ameerika majanduse kohta. See tabel oli koostatud omal ajal NSV Liidu Statistikalitsuse poolt avaldatud rahvamajanduse 1923./24. majandusaasta bilansi alusel, kusjuures kõik andmed olid võetud vahetult sellest bilansist. Lisame veel, et W. Leontief, kes on sündinud ja pikemat aega töötanud Venemaal, oli tuttav nõukogude majandusteadlaste esimeste bilansi-alaste töödega, rakendas oma uurimistöös lineaarse algebra meetodeid ja leidis sel teel võimaluse toodangu tootmise ja jaotamise matemaatilise mudeli konstrueerimiseks paljude tootmisharude lõikes.

Kahtlemata nõuab nimetatud tabel üksikasjalikku kommenteerimist, kuid lineaarse planeerimise teooria ajaloolise külje sügavam käsitus ja matemaatiliste aluste esitamine ei kuulu käesoleva kirjutise ülesandesse. Need küsimused nõuavad eriuurimusi, mille avaldamine eesti keeles ei tohiks olla mägede taga. Küll aga tuleb veel mõnevõrra peatuda lineaarse planeerimise teooria arenemisteel Nõukogude Liidus ja selle praktilise rakendamise olukorral.

Niisiis langesid professor L. V. Kantorovitši lineaarse planeerimise teooria ideed unustusehõlma täpselt niisamuti kui maailma esimese rahvamajanduse bilansi autorite suurepärase metodoloogilised arvestused.

Nõukogude majandusteadlaste töödest matemaatiliste meetodite rakendamise valdkonnas kuulus neljakümnendatel aastatel ja viiekümnendate aastate esimesel poolel kõige silmapaistvam koht V. V. Novožilovile. Aastail 1939, 1941, 1946 ja 1947 esines V. V. Novožilov teaduslikus kirjanduses artiklitega, mis käsitlesid sotsialistliku majanduse ja optimaalse planeerimise üldisi probleeme. Et V. V. Novožilov tundis L. V. Kantorovitši lahenduskordajate meetodit, siis võib alates 1946. aastast tema töödes täheldada mõningat seost viimase ideedega, kuigi need tööd läksid teist teed. Kõik eelmärgitud V. V. Novožilovi teaduslikud artiklid on ümbertöötatud kujul koondatud tema hilise-

masse suurde uurimusse: «Kulude ja nende tulemuste mõõtmise sotsialistlikus majanduses», mis ilmus kogumikus «Matemaatika rakendamine majandusteaduslikes uurimustes» (1959).¹ Selle töö kokkuvõttes kirjutab V. V. Novozhilov, et majanduse üldine ekstremaalne ülesanne leiab erinevaid arenguetappidet oma väljenduse spetsiaalsetes ekstremaalsetes ülesannetes, mis on määratavad konkreetse formatsiooni spetsiifiliste majandusseaduste toimega. Sellest kontseptsioonist lähtudes jagab autor kulude mõõtmise ajalooliselt 4 staadiumi: 1) väärtuse järgi — lihtsa kaubatootmise tingimustes; 2) tootmishinna järgi — kapitalismi tingimustes, 3) täieliku, rahvamajandusliku omahinna alusel — sotsialismi tingimustes; 4) diferentsiaalsete kulude alusel — kommunismi tingimustes. Matemaatilisest seisukohast kujutavad diferentsiaalsed kulud endast L. V. Kantorovitši lahenduskordajate olemust või objektiivselt põhjustatud hinnanguid. Järelikult langevad selles osas mõlema teadlase kontseptsioonid ühte.

Neljakümnendail aastail jätkas ka L. V. Kantorovitš oma meetodite matemaatiliste aluste väljatöötamist. Koos oma kolleegide M. K. Gavurini, V. A. Zalgalleri, G. Š. Rubinšteiniga avaldas ta neljakümnendate aastate lõpul rea uurimusi lineaarse planeerimise matemaatilise teooria küsimustes ja selle praktilise rakenduse võimalustest mitmesugustes rahvamajandusharudes. L. V. Kantorovitš ja M. K. Gavurin töötasid välja nn. p o t e n t s i a a l i d e meetodi transpordiülesannete lahendamiseks. Nende ülesannete tingimustes kujutavad nn. potentsiaalid endast lahenduskordajate erijuhust. Selles uurimuses «Matemaatiliste meetodite rakendamine veosevoolude analüüsi küsimustes»² ja järgnevas «Tööstuslike materjalide ratsionaalse juurdelõikamise arvestus»³ läks L. V. Kantorovitšil ja tema kolleegidel korda see, mis jäi puudu 1939. aasta töös — nimelt üksikasjalikuma arvutusalgo-

¹ В. В. Новожилов, Измерение затрат и их результатов в социалистическом хозяйстве. Применение математики в экономических исследованиях, Издательство социально-экономической литературы, Москва, 1959, lk. 42—213.

² Л. В. Канторович, М. К. Гавурин, Применение математических методов в вопросах анализа грузопотоков, Сборник «Проблемы повышения эффективности работы транспорта», Издательство АН СССР, Москва, 1949.

³ Л. В. Канторович, В. А. Залгаллер, Расчет рационального раскроя промышленных материалов. Лениздат, 1951.

ritmi väljatöötamine optimaalse plaani leidmiseks plaanivariantide järkjärgulise parandamise meetodil.

Muide, L. V. Kantorovitši tööd said välismaal laialdaselt tuntuks alles pärast seda, kui ameerika väljapaistev majandusmatemaatik T. Koopmans sai juhuslikult nendest teada ja tal õnnestus autoriga 1956. aastal isiklik kontakt luua.

Viiekümnendate aastate teisel poolel valitsesid meie maal endiselt eelarvamused majandusteaduse matematiseerimise suhtes. Nende eelarvamuste kummutamiseks oli vaja üleliidulist autoriteeti. Selliseks mõjuvõimsaks teadlaseks osutus vanema põlvkonna majandusteadlane V. S. Nemtšinov. Mõistes suurepäraselt Kantorovitši ja Novožilovi ideede ja tööde ning teiste majandusmatemaatiliste uurimuste tähtsust sotsialistliku majanduse planeerimisele ja juhtimisele, asus Nemtšinov energiliselt võitlema uue suuna eest ja andis ise olulise panuse selle teooriasse. Algas aeglane, kuid järjekindel majandusmatemaatilistesse meetodeisse eitava suhtumise likvideerimise protsess. Meie maal hakkas arenema intensiivne töö majandusmatemaatiliste meetodite rakendamiseks rahvamajanduses. Kujukaks näiteks selle kohta on juba aastail 1959—1963 Nõukogude Liidus väljaantud majandusmatemaatiliste tööde nimekiri, mille maht hõlmab 170 lehekülge trükiteksti.

Aastate jooksul kujunesid lineaarse planeerimise meetodite väljatöötamisel välja järgmised suunad: 1) katsed laiendada neil meetodeil lahendatavate ülesannete ringi varem lahendatud ülesannete üldistamise teel; 2) erijuhtudel lineaarse planeerimise üldise ülesande taandamine üksikmudeleiks, mille lahendamiseks on juba välja töötatud küllaldaselt lihtne algoritm; 3) algoritmide lihtsustamise teede otsimine; 4) majanduslike ülesannete suurtest mõõtmetest tingitud raskuste ületamine; 5) arvutusprotsessi lühendamine lähteplaani parema valiku teel; 6) optimeerivate kriteeriumide väljatöötamine ja seostamine; 7) tootmise planeerimise eri tüüpi ülesannete lahendamine, arvestades igal üksikjuhul viimaste spetsiifilisi iseärasusi; 8) konkreetsete ülesannete arvuline lahendamine.¹

Viimasesse rühma kuuluvad tööd lineaarse planeerimise praktiliseks rakendamiseks rahvamajanduse mitme-

¹ Альб. Л. Вайнштейн, *op. cit.*, lk. 28.

sugustes harudes ja lülides. Loomulikult peab nende tööde arv kasvama eriti intensiivselt. Taolistes töödes on kahtlemata esikohal tootmise, transpordi ja kapitaalehituse optimaalsete plaanide koostamise probleemid.

Kuid juba aastaid ei rahuldu matemaatikud ja majandusteadlased lineaarse planeerimisega. Nad püüavad väljuda selle raamest ja luua veelgi keerulisemate majandusprobleemide lahendamiseks matemaatilise planeerimise teiste liikide teooriaid ja rakendamise meetodeid. Siia kuuluvad mittelineaarne (eriti kumerplaneerimine), täisarvuline, dünaamiline ja stohhastiline planeerimine. Edusammud neis eridistsipliinides ei ole aga veel küllaldased keeruliste majanduslike ülesannete lahendamiseks praktikas.

Lineaarsest planeerimisest

Aastate jooksul on lineaarsel planeerimisel välja kujunenud oma metodoloogia, kindel lähenemine mudeli konstrueerimisele, mis on rakendatav eri tüüpi ülesannete suhtes kõige otstarbekamate otsuste vastuvõtmiseks nii majanduse kui ka tehnika alal. Sellel meetodikal on arvatavasti kõige lihtsam matemaatiline struktuur, mida saab kasutada neis tegevussfäärides arvukate planeerimisülesannete praktiliseks lahendamiseks. Matemaatilise ettekujutuse sellest struktuurist annab lineaarsete võrratuste ja võrrandite süsteem, mida nimetatakse lineaarse planeerimise mudeliks.

Selleks, et olla lineaarse planeerimise mudeliks, peab süsteem rahuldama kindlaksmääratud lineaarsuse (proportsionaalsuse), mittenegatiivsuse ja aditiivsuse tingimusi. Ühtlasi on tähtis teada, et reaalselt olemasolev süsteem kujutab endast väga harva selgesti väljendatud lineaarse planeerimise ülesannet. Kuid sellel ei olegi põhimõttelist tähtsust, sest mudeli konstrueerimisel lihtsustatakse ja välditakse alati teadlikult mitmeid reaalseid tegureid. Milliseid neist aga on võimalik ignoreerida ja kui suures ulatuses, seda otsustatakse konkreetsete kaalutluste ja kogemuste alusel.

Lineaarsel planeerimisel käsitletakse süsteemi kui mitmete elementaarsete funktsioonide kogumit, kusjuures neid funktsioone nimetatakse tehnoloogilisteks protsessi-

deks. Seejuures mõistetakse iga tehnoloogilise protsessi all omaette «musta kasti»,¹ mille sisendiks on materiaalsed ja tööjõuressursid (tooraine, materjalid, seadmed, inimesed) ning väljundiks toodang. Iga tehnoloogilise protsessi kasutamise kvantitatiivset näitajat nimetatakse selle protsessi intensiivsuseks. Selleks et muuta tehnoloogilise protsessi intensiivsust, tuleb muuta tema kulusid ja toodangut. Erinevaid kulu- ja toodanguliike nimetatakse ingrediendideks.

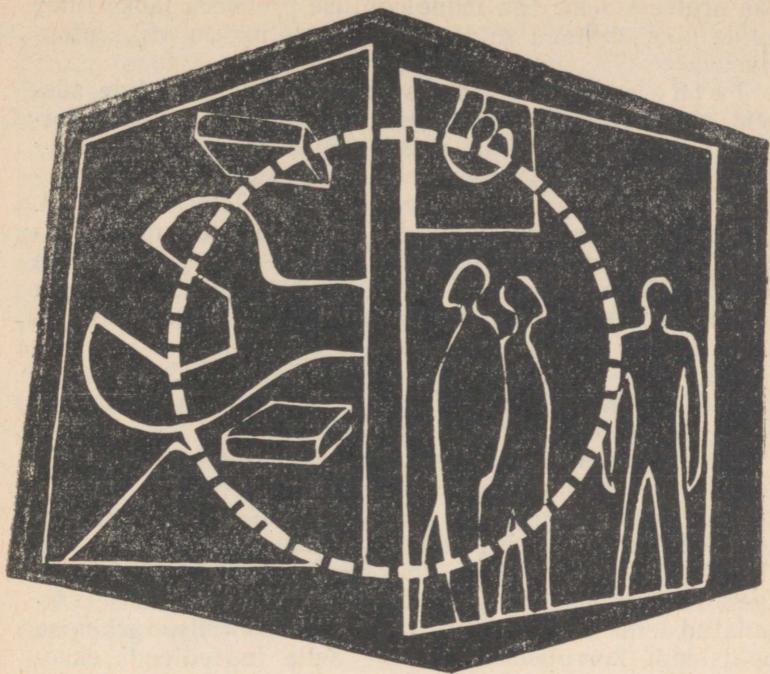
Tehnoloogilise protsessi kulude ja toodangu suurused on lineaarse planeerimise mudelis alati proportsionaalsed protsessi intensiivsusega. Protsessi kulgemiseks kahekordse intensiivsusega tuleb lihtsalt kahekordistada kõik kulud, mis vastavad intensiivsuse üksusele. Kui antud õppeperioodil suurendame näiteks kahekordseks õppijate arvu, siis tuleb kahekordistada ka õppejõudude arv. Seda lineaarse planeerimise mudeli iseloomulikku omadust nimetatakse proportsionaalsuse tingimuseks.

Uhegi tehnoloogilise protsessi intensiivsus ei saa olla negatiivne. Ei saa näiteks veovahendile laadida negatiivset arvu mingeid kaste. See lineaarse planeerimise mudeli muutujaile iseloomulik omadus on tuntud mittenegatiivsuse tingimusena.

Lineaarse planeerimise mudeli väljatöötamisel nõutakse, et iga ingrediendi üldine kogus, mis on kindlaks määratud süsteemi kui terviku poolt, oleks võrdne mitmesugustesse tehnoloogilistesse protsessidesse minevate koguste summaga miinus sealt väljuvate koguste summa. Igas süsteemis iseloomustatakse iga ingrediendi materiaalse bilansi võrrandiga, mille liikmed kujutavad endast mitmesuguste tehnoloogiliste protsesside kulusid või toodangut. Aditiivsuse tingimuse piltlikuks selgituseks on järgmine lihtne näide: kesklattu saadetud kastide arv peab olema täielikus tasakaalus üksikutest tehastest saabunud kastide üldarvuga (kaasa arvatud ülejäägid).

Lineaarse planeerimise mudelil on veel neljas iseloomulik joon, mida nimetatakse lineaarse sihifunktsiooni tingimuseks. Selle tingimuse kohaselt on mudelis ainult need tehnoloogilised protsessid, mis mõjuvad negatiivselt valitud kriteeriumile.

¹ «Mustaks kastiks» nimetatakse niisugust süsteemi, mille sise-
mise struktuuri ja tööprintsipi kohta puuduvad igasugused andmed.



Lineaarse planeerimise standardülesandeks on tehnoloogiliste protsesside seiliste mittenegatiivsete intensiivsuste kindlaksmääramine, mille puhul iga ingrediendi kogused rahuldavad materiaalse bilansi võrrandeid ja tulemuse suurus on maksimaalne. Lineaarse planeerimise mudeliks on järelilikult reaalse süsteemi abstraktsioon matemaatilise süsteemi vormis, mis vastab eespool toodud karakteristikule: proportsionaalsusele, mittenegatiivsusele ja sihifunktsiooni lineaarsusele. Mudeli koostamisega taandatakse reaalse süsteemi tehnoloogiliste protsesside planeerimise ülesanne konkreetse lineaarse planeerimise mudeli lahendamise ülesandele.

Mudeli koostamise protsessi jagab G. Dantzig teatud printsiipide alusel järjestikulisteks sammudeks.

Esimene samm. Kindlaks määrata tehnoloogiliste protsesside arv. Selleks tuleb kogu uuritav süsteem jaotada elementaarseteks funktsioonideks — tehnoloogilis-

teks protsessideks. Iga tehnoloogilise protsessi jaoks tuleb valida ühik, millega saab mõõta tema mahtu ehk intensiivsust.

Teine samm. Kindlaks määrata ingredientide süsteem, mis tarbitakse või toodetakse tehnoloogiliste protsesside poolt, ja valida neist igapäevase mõõtmiseks sobiv ühik. Valida üks ingredient nii, et tema kogus, mis on toodetud süsteemi poolt, mõõdaks kogu süsteemi kulusid.

Kolmas samm. Kindlaks määrata «tootmise-tarbimise» koefitsiendid, s. o. iga ingrediendi kogus, mis on tarbitud või toodetud igas tehnoloogilises protsessis tema üksikintensiivsuse tingimustes. Need koefitsiendid kujutavad endast proportsionaalsuse koefitsiente.

Neljäs samm. Kindlaks määrata eksogeensed vood, s. o. ingredientide puhtad kulud või väljalasked süsteemi kui terviku ja välismaailma vahel.

Vies samm. Koostada materiaalse bilansi võrrandid. Igale tehnoloogilisele protsessile kirjutada juurde intensiivsuse mittenegatiivsed tundmatud x_1, x_2, \dots ; seejärel kirjutada iga ingrediendi jaoks välja materiaalse bilansi võrrand, mis kinnitab, et selle ingrediendi kulude algebraline summa on igas tehnoloogilises protsessis (väljendatud tema intensiivsuse ja vastava tootmise-tarbimise koefitsiendi korrutisena) võrdne selle ingrediendi eksogeense vooga.

Niiviisi konstrueeritud mudel kujutab endast matemaatiliste sõltuvuste kogumit, mis kirjeldavad kõiki süsteemi lubatavaid plaane.¹

Lineaarse planeerimise olemuse ja iseärasuste paremaks mõistmiseks esitame üldise näitena küllaltki lihtsa majandusprobleemi, näitame selle mõnede tähtsamate tegurite matemaatilist formaliseerimist — lineaarsete võrratuste ja võrrandite süsteemi konstrueerimist, mis kujutabki endast selle probleemi majandusmatemaatilist mudelit.

Sõnastame probleemi üldkujul järgmiselt: kuidas jagada paljude toodete valmistamine mitme tehase vahel, et oleks kindlustatud iga toote tootmise plaani täitmine ja kõige väiksemad tootmiskulud?

Oletame, et meil tuleb jagada 4 toote tootmise plaan 3 tehase vahel. Tähistame esimese toote kogust esimeses

¹ Vt. Дж. Данциг, op. cit., lk. 39—40.

tehases x_{11} , teise, kolmanda ja neljanda toote kogust sellesamas tehases vastavalt x_{12} , x_{13} ja x_{14} . Analoogiliselt tähistame nende mahu teises ja kolmandas tehases, seega vastavalt x_{21} , x_{22} , x_{23} ja x_{24} ning x_{31} , x_{32} , x_{33} ja x_{34} .

Üldkujul võime järelikult iga j -nda toote kogust igas i -ndas tehases tähistada x_{ij} , kusjuures antud näite korral $i=1, 2, 3$ ja $j=1, 2, 3, 4$. Arusaadavalt on iga x_{ij} väärtus kas positiivne või siis võrdne nulliga, kui mingit toodet antud tehases toota ei kavatseta. Valitud x_{ij} -de väärtuste süsteemist sõltub loomulikult iga üksiku toote koondplaani täitmine ja selleks tehtavate kulude kogusumma, sest iga toote omahind on tehaste viisi erineva tasemega.

Teatavasti mõjustavad kõigi toodete tootmise plaanide täitmist maksimaalsete kuludega teatud tingimused, mis piiravad lahenduse leidmist. Seetõttu nimetataksegi neid tingimusi lihtsalt kitsendusteks ehk piiravateks tingimusteks.

Antud näite korral peavad kõigepealt kolm tehas kindlustama kokku kõigi nelja toote tootmise plaani täitmise. Kui tähistame nende toodete tootmise plaane vastavalt tähistega A_1 , A_2 , A_3 ja A_4 , siis väljendab seda tingimust järgmine võrrandisüsteem:

$$\begin{aligned} x_{11} + x_{21} + x_{31} &= A_1; \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} &= A_2; \\ x_{13} + x_{23} + x_{33} &= A_3; \\ x_{14} + x_{24} + x_{34} &= A_4. \end{aligned} \tag{1.1}$$

Tuletame meelde, et mõnede muutujate väärtus võib olla võrdne nulliga sel juhul, kui mõnda toodet mõnes tehases üldse ei ole otstarbekas toota.

Teiseks tingimuseks, millest sõltub muutujate x_{ij} ($i=1, 2, 3$ ja $j=1, 2, 3, 4$) väärtus on tehaste tootmisvõimsus, mis surub toodangu mahud omakorda kindlaisesse piiridesse. Kui tähistada j -nda toote ühiku (tonn, ruutmeeter, tükk) tootmiseks vajalikku aega i -ndas tehases t_{ij} , siis tähendaks t_{11} esimese toote ühiku tootmisaega esimeses tehases, t_{12} , t_{13} ja t_{14} vastavalt teise, kolmanda ja neljanda toote ühiku tootmisaega samas tehases. Analoogiliselt tähistame toote ühiku tootmisaega teises ja kolmandas tehases, seega vastavalt t_{21} , t_{22} , t_{23} ja t_{24} ning t_{31} , t_{32} , t_{33} ja t_{34} . Tähistades koguaega (masin- või inimtundides), mida esimene tehas võib plaaniperioodil kulutada kõigi nelja toote tootmiseks,

tähisega T_1 , koguaega teises ja kolmandas tehases vastavalt T_2 ja T_3 , siis on tootmisvõimsuste kasutamine piiratud järgmiste võrratustega:

$$\begin{aligned} t_{11}x_{11} + t_{12}x_{12} + t_{13}x_{13} + t_{14}x_{14} &\leq T_1; \\ t_{21}x_{21} + t_{22}x_{22} + t_{23}x_{23} + t_{24}x_{24} &\leq T_2; \\ t_{31}x_{31} + t_{32}x_{32} + t_{33}x_{33} + t_{34}x_{34} &\leq T_3. \end{aligned} \quad (1.2)$$

Lisame veel täiesti arusaadava kolmanda tingimuse:

$$x_{11} \geq 0; x_{12} \geq 0; \dots; x_{34} \geq 0; \quad (1.3)$$

see näitab, kas antud tehases üht või teist toodet toodetakse või üldse ei toodeta.

Jääb veel täpsustada sihifunktsiooni kuju, mis peab väljendama kõigi kulude sõltuvust iga toote kogusest igas tehases. Seejuures eeldatakse, et iga toote omahind on igas tehases proportsionaalne vastava toote kogusega, mis tähendab, et toodangu mahu suurenemisega ei käi kaasas toodanguühiku omahinna alanemine, nagu see teatud piires tegelikult aset leidis. Järelikult kujutab endast iga toote summaarne omahind ükskõik millises tehases toodanguühiku konstantse omahinna korrutist toodangu mahuga (toodetud kogusega) antud tehases.

Kui j -nda toote ühiku omahinda tähistada i -ndas tehases c_{ij} , siis väljendab korrutis $c_{ij}x_{ij}$ j -nda toote summaarset omahinda i -ndas tehases. Esimese toote summaarset omahinda esimeses tehases väljendab järelikult korrutis $c_{11}x_{11}$, teise, kolmanda ja neljanda toote summaarset omahinda samas tehases vastavalt $c_{12}x_{12}$, $c_{13}x_{13}$ ja $c_{14}x_{14}$. Analoogiliselt tähistame summaarset omahinda teises ja kolmandas tehases, seega $c_{21}x_{21}$, $c_{22}x_{22}$, $c_{23}x_{23}$ ja $c_{24}x_{24}$ ning $c_{31}x_{31}$, $c_{32}x_{32}$, $c_{33}x_{33}$ ja $c_{34}x_{34}$.

Lähtudes sellest, et kõigi toodete tootmise plaani täitmine peab toimuma minimaalsete kuludega C , formuleerime matemaatiliselt sihifunktsiooni järgmiselt:

$$\begin{aligned} C = c_{11}x_{11} + c_{12}x_{12} + c_{13}x_{13} + c_{14}x_{14} + \\ + c_{21}x_{21} + c_{22}x_{22} + c_{23}x_{23} + c_{24}x_{24} + \\ + c_{31}x_{31} + c_{32}x_{32} + c_{33}x_{33} + c_{34}x_{34} = \min. \end{aligned} \quad (1.4)$$

Planeerimisülesande, mis nõuab nelja toote tootmise plaani jaotamist kolme tehase vahel niimoodi, et nende

tootmise kulude kogusumma oleks antud tingimustes kõige väiksem, oleme seega formaliseerinud järgmiseks matemaatiliseks ülesandeks. Tuleb leida selline muutujate x_{11} , x_{12} , x_{13} , x_{14} , x_{21} , x_{22} , x_{23} , x_{24} , x_{31} , x_{32} , x_{33} , x_{34} väärtuste süsteem, mis rahuldaks piiravaid tingimusi (1.1), (1.2), (1.3) ja kindlustaks seejuures sihifunktsiooni minimaalse väärtuse (1.4).

See ülesanne ongi näiteks niisuguste ülesannete tüübi kohta, mis lahendatakse lineaarse planeerimise meetodite abil.

Juhime tähelepanu veel sellele, et üldiselt iseloomustavad majanduslikke ülesandeid, mis on lahendatavad lineaarse planeerimise meetodite abil, ühelt poolt teatud ressursid ja teiselt poolt mingid vajadused, mille rahuldamist nõutakse nende ressursside arvel. Seejuures on tuntud suurusteks kas ressursside või vajaduste ulatus, sagedasti aga koguni mõlemad. Meie ülesandes olid sellisteks ressurssideks tehaste koguajad, mida nad võisid eraldada nende toodete tootmiseks — T_1 , T_2 ja T_3 —, ning vajadusteks tootmisplaaniga määratud toodete kogused — A_1 , A_2 , A_3 ja A_4 .

Selleks, et teatud ressurssidest rahuldada mingid vajadused, on tavaliselt mitmesuguseid teguviise — tehnoloogilisi protsesse. Eespool toodud näite korral on tehnoloogilisi protsesse 12, sest kõigis kolmes tehases võib toota kõiki nelja toodet. Iga tehnoloogilise protsessi intensiivsust väljendab vastav tundmatu (x_{11}, \dots, x_{34}), mille suurus tuleb kindlaks määrata antud ingredientide — toodete tootmisplaani (A_1, A_2, A_3, A_4), tehastes eraldatud tööajafondi (T_1, T_2, T_3) ja minimaalsete kulude (C) tingimusel.

Väga oluline on märkida, et kõik esitatud võrrandid ja võrratused kujutavad endast lineaarseid avaldisi, see tähendab selliseid matemaatilisi avaldisi, kus kõik muutujad on ainult esimeses astmes. Arusaadavalt on lineaarse planeerimise rakendamise valdkond seda suurem, mida rohkem on võimalik kasutada tema meetodeid selliste ülesannete lahendamiseks, mille puhul lineaarsuse tingimus on rikutud. Lineaarse planeerimise teoorias moodustavad vastavad teaduslikud uurimistööd ühe kõige tähtsama suuna.

Milliste meetoditega lahendatakse nimetatud karakteristikutega ülesandeid? Kõigi lineaarse planeerimise meetodite ühiseks omaduseks on järkjärguline lähenemine

optimaalsele variandile. Selleks koostatakse järk-järgult uusi variante, millest igaüks rahuldab ülesande tingimusi järjest suuremal määral kui eelmine. Teatud variantide arvu järel jõutaksegi optimaalse variandini, järelikult muutujate väärtuste sellise süsteemini, mille puhul variandi kvaliteeti iseloomustav sihifunktsioon saavutab kas suurima või väikseima väärtuse ja rahuldab kõiki antud ülesande ülejäänud tingimusi. Neid variante koostatakse ja võrreldakse omavahel rangelt kindlaksmääratud korra kohaselt, mis märksa vähendab eesmärgile jõudmiseks vajalike variantide arvu.

Lineaarse planeerimise ülesannete kõige üldisemaks lahendamismeetodiks on G. Dantzigi poolt välja töötatud nn. simpleksmeetod. Juhime seejuures tähelepanu Dantzigi järgmisele teoreetilisele seisukohale: «Me eristame simpleksmeetodit, mida kasutatakse standardses vormis lineaarse ülesande lahendamiseks, ja simpleksalgoritmi, mida rakendatakse kanoonilise vormi puhul. Simpleksalgoritm koosneb põhiliste operatsioonide jadast ja on simpleksmeetodi aluseks.»¹

Püüame alljärgneva arvnäite abil selgitada nende mõistete olemust.²

Oletame, et punktides A ja B on võimalik kaevandada toorainet kahele tehasele, mis asuvad punktides a ja b. Tehas punktis a toodab mingit toodangut 400 ühikut, tehas punktis b — 500 ühikut. Punkti A tooraineühikust saab, kas tehases punktis a või tehases punktis b, toota 3 ühikut antud toodangut. Punkti B tooraine kvaliteet on mõnevõrra kõrgem: selle ühikust saab toota tehases punktis a 4 ühikut toodangut või tehases punktis b 5 ühikut. Kaevandamise organiseerimine punktis A nõuab kapitaal mahutusi 2000 rbl. iga tooraineühiku kohta, kapitaal mahutuste erikulu punktis B on 3000 rbl. Tooraineühiku omahind punktis A ja selle transpordikulud nii tehasesse punktis a kui ka tehasesse punktis b on ühesugused — 200 rbl., punkti B tooraineühiku omahind franko tehases punktis a on 300 rbl. ja franko tehases punktis b — 400 rbl. Kapital mahutused tooraine kaevandamise organiseerimiseks ei tohi ületada 600 000 rbl. Tooraine transportimiseks punk-

¹ Vt. Д. ж. Данциг, *op. cit.*, lk. 96.

² Ülesanne on võetud väljaandest: А. Л. Лурье, *Методы линейного программирования и их применение в экономике*, Издательство «Статистика». Москва, 1964, lk. 17—32.

tist A mõlemasse tehasesse ja punktist B tehasesse punktis b tuleb kasutada raudteevõrgu lõiku, mille läbilaskevõime ei ole suurem kui 150 tooraineühikut.

Tuleb kindlaks määrata, kui palju toorainet on otstarbekas kummagi tehase jaoks kaevandada punktides A ja B, selleks et rahuldada mõlema tehase vajadused ning seejuures viia miinimumini kaevandamis- ja transpordikulude summa.

Konstrueerime nüüd selle majandusprobleemi majandusmatemaatilise mudeli.

Tähistame punktis A kaevandatava tooraine koguse, mida hakatakse kasutama tehases punktis a, tava kohaselt x_1 -ga, tooraine kogus, mida hakatakse kasutama tehases punktis b, x_2 -ga, punktis B kaevandatava tooraine koguse, mida hakatakse kasutama tehases punktis a, x_3 -ga ja tooraine koguse, mida hakatakse kasutama tehases punktis b, x_4 -ga.

Eespool toodud tingimuste kohaselt peavad kõik need muutujad olema mittenegatiivsed (≥ 0). Nõue, et kaevandamis- ja transpordikulude summa oleks minimaalne, määrab kindlaks sihifunktsiooni, kus muutujate koefitsiendiks on vastavad kaevandamis- ja transpordikulud sadades rublades. Järelikult

$$2x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = \min. \quad (1.5)$$

Kitsendust, et raudteelõigu läbilaskevõime tooraine transportimiseks punktist A mõlemasse tehasesse ja punktist B tehasesse punktis b on ainult kuni 150 ühikut, väljendatakse võrratusega.

$$x_1 + x_2 + x_4 \leq 150 \quad (1.6)$$

Kitsendust, et kapitaalimahutused ei tohi ületada 600 000 rbl. nende erikulu juures punktis A 2000 rbl. ja punktis B 3 000 rbl., väljendatakse võrratusega

$$2x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 3x_4 \leq 600 \quad (1.7)$$

Nõue, et tehas punktis a peab andma toodangut 400 ühikut ja tehas punktis b 500 ühikut väljatulekunormidega tooraine ühikust vastavalt 3 ja 3 ning 4 ja 5 toodanguühikut, väljendatakse võrranditega.

$$3x_1 + 4x_3 = 400; \quad (1.8)$$

$$3x_2 + 5x_4 = 500; \quad (1.9)$$

Tuleb leida selline muutujate x_1, x_2, x_3, x_4 , väärtuste süsteem, mis rahuldaks kitsendusi (1.6), (1.7), (1.8), (1.9) ja kindlustaks seejuures sihifunktsiooni minimaalse väärtuse (1.5).

Nagu näeme, on mõned kitsendused väljendatud võrratuste abil (1.6) ja (1.7). Peaaegu kõigi lineaarse planeerimise meetodite nõudeks on kõigepealt kitsendusvõrratuste asendamine kitsendusvõrranditega. Selleks tuleb võrratustesse sisse viia täiendavad mittenegatiivsed muutujad — antud juhul x_5 ja x_6 , mis võimaldavadki nende võrratuste asendamise võrranditega.

$$x_1 + x_2 + x_4 + x_5 = 150; \quad (1.6a)$$

$$2x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 3x_4 + x_6 = 600. \quad (1.7a)$$

Ei vaja selgitamist, et iga muutujate x_1, x_2, x_3, x_4 väärtuste süsteem, mis rahuldab uusi tingimusi (1.6a) ja (1.7a), rahuldab ka esialgseid tingimusi (1.6) ja (1.7). Kuna võrrandid (1.6a) ja (1.7a) on ekvivalentsete võrratustega (1.6) ja (1.7), siis vastavad muutujate x_1, x_2, x_3, x_4 väärtused, mis on leitud ülesande lahendamisel muudetud kujul tingimustega (1.5), (1.6a), (1.7a), (1.8), (1.9), ka kõigile esialgseile nõudeile.

Täiendavad muutujad ei anna ülesandele üksnes mugavama matemaatilise vormi, vaid neil on ka oma majanduslik mõte. Nii näitab muutuja x_5 tooraine kogust, mille võrra jääb mingi plaanivariandi korral raudteelõigu niigi madal läbilaskevõime kasutamata ning muutuja x_6 kokkukõidu kapitaalvahetuste kasutamisel.

Sellisel kujul on lineaarse planeerimise ülesanne oma standardses vormis.

Simpleksmeetodi esimeseks sammuks on ülesande standardsesse vormi kunstlike muutujate sisseviimine. Selleks muudetakse ülesande standardset vormi nii, et kõik kitsendused oleksid väljendatud võrranditega, mille parempoolses osas oleks mittenegatiivne vaba liige ja vasakpoolses osas muutuja koefitsiendiga 1, mis ei esineks üheski teises võrrandis. Muide, negatiivsetest vabadest liikmetest vabanetakse lihtsalt vastavate kitsendusvõrrandite mõlema poole korrutamisel 1-ga. Simpleksmee-

todi esimese sammuna viime kitsendusvõrrandisse (1.8) ja (1.9) kunstlikud muutujad $x_7 \geq 0$ ja $x_8 \geq 0$. Võrrandid (1.6a) ja (1.7a) juba vastavad sellele nõudele. Saame uued võrrandid

$$3x_1 + 4x_3 + x_7 = 400; \quad (1.8a)$$

$$3x_2 + 5x_4 + x_8 = 500. \quad (1.9a)$$

Arusaadavalt ei tähenda kinnipidamine nõudest (1.8a) ja (1.9a) kinnipidamist tingimustest (1.8) ja (1.9) sel juhul, kui kunstlike muutujate x_7 ja x_8 väärtus ei ole võrdne nulliga. Selles ongi oluline erinevus kunstlike ja täiendavate muutujate sisseviimise vahel.

Selleks, et muudetud kujuga ülesande optimaalne lahend oleks ühtlasi esialgse ülesande optimaalseks lahendiks, viime kunstlikud muutujad x_7 ja x_8 ka sihifunktsiooni, kusjuures muutujate koefitsiendid arvestame võrdselt suvaliselt suure arvuga M , s. t. arvuga, mis ületab iga suuruse, millega teda tuleks võrrelda ülesande lahendamisel. Saame uue kujuga sihifunktsiooni.

$$2x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 + Mx_7 + Mx_8 = \min. \quad (1.5a)$$

Et muutujate x_7 ja x_8 koefitsiendid uue kujuga sihifunktsioonis (1.5a) on suvaliselt suured arvud, siis on nõue (1.5a) rahuldav ainult sel juhul, kui $x_7 = x_8 = 0$ ja esialgne ülesanne on üldse lahendatav. Kuid sel juhul taanduvad ka võrrandid (1.8a) ja (1.9a) võrranditeks (1.8) ja (1.9) ning muutujate x_1, x_2, x_3 ja x_4 väärtused, mis rahuldavad nii neid võrrandeid kui ka võrrandeid (1.6) ja (1.7a) ning minimiseerivad summat $2x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4$, kujutavadki endast otsitavaid optimaalseid tooraine koguseid, mida tuleks kaevandada punktides A ja B punktides a ja b paiknevate tehaste vajaduste täielikuks katmiseks. Järelikult tuleb meil lahendada esialgne ülesanne muudetud vormis, mis on määratud kindlaks kitsendusvõrranditega (1.6a), (1.7a), (1.8a) ja (1.9a) ning sihifunktsiooni-nõudega (1.5a).

Nagu täiendavail muutujail, nii on ka kunstlikel muutujail ja nende koefitsiendil oma majanduslik mõte. Nii võib muutuja x_7 all mõista punktis a paikneva tehase toodangu seda osa, mis ei ole kindlustatud toorainega, ja muutuja x_8 all toodangu seda osa, mis jääb samal põhjusel

andmata tehases punktis b. Koefitsiendi M all tuleb mõista kahjumit, mille oleks põhjustanud tooraine puuduse tõttu nii ühes kui teises tehases tootmata jäänud tooteühik. Seda kahjumit võib ette kujutada niivõrd suurena, et kasulikum oleks toota ja transportida toorainet ükskõik milliste kuludega.

Lineaarse planeerimise teoorias nimetatakse esialgset ülesannet muudetud vormis abiülesandeks — ülesandeks kanoonilises vormis. Alates sellest momendist rakendatakse simpleksalgoritmi.

Simpleksmeetodi rakendamisel kasutatakse simpleksalgoritmi kahes etapis. Paljud praktikas tekkivad ülesanded (meie näide kuulub nende hulka) aga võimaldavad kergesti leida kanoonilise vormi. Sel juhul langeb simpleksalgoritmi esimene etapp ära. Kuid praktikas kohtab ka teistsuguseid ülesandeid, millel ei ole silmanähtavat esialgset, lubatavat lahendit. See esineb näiteks mudelite juures, mis kujutavad endast klassikalist transpordiülesannet või nn. seguülesannet. Kanoonilise kuju leidmine tekitab suuri raskusi ka siis, kui kasutatakse vastuolulisi andmeid, või näiteks siis, kui püstitatud nõudmisi ei ole võimalik rahuldada antud minimaalsete ressurssidega.

Simpleksalgoritmi esimene etapp koosneb reast juhtivaist operatsioonidest, mille eesmärgiks on esialgse lubatava lahendi leidmine, eeldades, et see on olemas. Kui viimasel kanoonilisel vormil on lubatav lahend, siis rakendatakse simpleksalgoritmi teistkordselt. Need operatsioonid ühendatakse teise etappi, mille ülesandeks on optimaalse, lubatava lahendi leidmine, kui see on olemas.

Eeldusel, et selle iteratiivse protsessi käigus ei ole ühegi iteratsiooni juures tagasiminekut, lõpeb simpleksalgoritm lõpliku arvu iteratsioonidega.

Tuleme tagasi meie näite juurde. Esialgse lubatava lahendi leidmine ei tekita antud juhul raskusi. Loeme võrrandis (1.6a), (1.7a), (1.8a) ja (1.9a) muutujad $x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = 0$ ja saame, et $x_5 = 150$, $x_6 = 600$, $x_7 = 400$, $x_8 = 500$. Arusaadavalt ei ole see plaan optimaalne, sest ta ei rahulda nõuet (1.5a). Kuid tollel plaanil on esialgne, lubatav, kanooniline kuju ja selle võib võtta algvariandiks.

Oleminek algvariandilt järgnevatele variantidele, millest igaüks kujutab endast sellist lubatavat varianti, mis eelmisest järjest rohkem ligineb optimaalsele variandile, toimub simplekstabelite abil. Selline lubatav variant, mis

samal ajal kindlustab sihifunktsiooni minimaalse (või maksimaalse) väärtuse, kujutabki endast optimaalset varianti (plaani) — ülesande lõplikku lahendit.

Esimest simplekstabelit võib meie näite korral käsitleda kui ülesande tingimuste esitamise erikujulist vormi ja tema lahendi esimest (alg-) varianti.

Lähtetabel, nulliteratsioon

c_j		2	2	3	4	0	0	M	M	
x_j		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	
Nr.		0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	x_5	150	1	1	0	1	1	0	0	0
2	x_6	600	2	2	3	3	0	1	0	0
3	x_7	400	3	0	4	0	0	0	1	0
4	x_8	500	0	3	0	5	0	0	0	1
5	$z_j - c_j$	900M	3M-2	3M-2	4M-3	5M-4	0	0	0	0

Teises ülemises reas väljaspool tabelit on antud meie ülesande muutujad x_1, x_2, \dots, x_8 ja esimeses reas (muutujate kohal) koefitsiendid c_j ($j=1, 2, \dots, 8$), millega vastav muutuja on sihifunktsioonis. Tabeli esimene rida kujutab endast esimest kitsendusvõrrandit (1.6a), kusjuures võrrandi vaba liige on viidud nullveergu ja iga muutuja koefitsient vastava muutuja veergu esimeses reas. Analoogiliselt on tabelisse paigutatud teine (1.7a), kolmas (1.8a) ja neljas (1.9a) kitsendusvõrrand. Nullveerust (vabaliikmete veerg) vasakul on nende muutujate (täiendavate ja kunstlike) veerg, mis algvariandis on vabaliikmetega võrdsed. Lähtetabel ei näita seega üksnes ülesande tingimusi, vaid ka esimest lubatavat lahendit. Muutujad, mis simplekstabelistes selles veerus esinevad, kujutavad endast iga variandi baasi, mis on aluseks üleminekul järgmisele iteratsioonile.

Sihifunktsiooni lähteväärtuse $\sum c_j x_j$ leiame lihtsalt baasimuutujate väärtuste korrutamise abil vastava muutuja koefitsiendiga sihifunktsioonis ja saadud korrutiste liitmise teel. Antud juhul on sihifunktsiooni lähteväärtus seega

$$0 \times 150 + 0 \times 600 + M \times 400 + M \times 500 = 900 M.$$

Tähistus $z_j - c_j$ kujutab endast edaspidi kokkuhoidu, mis saadakse lahendamise käigus ühe või teise muutuja suurendamisel mõne teise vähendamise arvel.

Sellisest lähtetabelist algabki ülesande lahendamise iteratiivne protsess simpleksalgoritmi abil. Et tänapäeval sooritab selle protsessi elektronarvuti, siis ei ole majandusküberneetikule simpleksalgoritmi tundmine kohustuslik, vaid ainult soovitatav.

Algoritmi tundmise korral on aga meie ülesanne lahendatav küllaltki kiiresti ka käsitsi. Optimaalse lahendi annab juba viies iteratsioon, mille järgi $x_1 = 33\frac{1}{3}$, $x_2 = 41\frac{2}{3}$, $x_3 = 75$ ja $x_4 = 75$ ning sihifunktsiooni minimaalne väärtus $\sum c_j x_j = 675$.

Paljusid tähtsaid majanduslikke probleeme on võimalik kirjeldada nn. transpordiülesande vormis. Nõukogude Liidus tehti selles suunas esimesi katseid juba 1930. aastal, mil grupp nõukogude transpordiökonomiste eesotsas A. N. Tolstoiga koostasid vedude optimaalse plaani koostamiseks transpordiülesande ja lahendasid selle simpleksmeetodile lähedasel meetodil.

Esimesena formuleeris transpordiülesande tuntud ameerika teadlane F. Hitchcock alles 1941. aastal.

Selle tähtsa majandusprobleemide grupi näitena esitame alljärgnevalt ühe klassikalise transpordiülesande, kusjuures probleemi majandusmatemaatilise mudeli koostame Dantzigi mudelite konstrueerimise skeemi alusel.

Oletame, et meil on tegemist kahe konservitehase (tehas I ja II) ning kolme laoga (ladu A, B ja C).

Konservide kogust tehastes valmistoodanguna ja nende vajadust ladudes iseloomustavad järgmised näitajad (konservikastides):

Valmistoodang tehastes	Vajadus ladudes
I tehases — 350	Laos A — 300
II tehases — 650	Laos B — 300
	Laos C — 300
<hr/>	
Valmistoodang — 1000 (kokku)	Vajadus — 900 (kokku)

Valmistoodangu ülejääk (100 kasti konserve) jääb tehasesse. Iga konservikasti transpordikulud kummastki tehastest mistahes lattu on toodud alljärgnevas tabelis. Ülesanne seisab selles, millisest tehastest ja kui suures

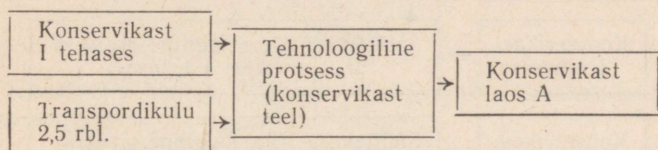
koguses tuleb transportida konservikaste igasse lattu, selleks et minimeerida transpordikulude kogusumma.

Transpordikulude tabel (rbl. kasti eest)

Tehased	L a o d		
	A	B	C
I tehas	2,5	1,7	1,8
II tehas	2,5	1,8	1,4

Tehaste valmistoodangu ja ladude vajaduste vastastikuseid seoseid kirjeldava mudeli konstrueerimist alustatakse ühe elementaarse funktsiooni, tehnoloogilise protsessi (mille moodustab transport ühest tehasesest ühte lattu) analüüsimisest. Konservikasti transporti I tehasesest lattu A on kujutatud alljärgneval diagrammil.

Transpordi tehnoloogilise protsessi «musta kasti» skeem



Nagu näeme, nõuab konservikasti vedu I tehasesest lattu A «kulude» osas kaht ingrediendi: ühe konservikasti I tehases ja 2,5 rbl. transpordikulud; «toodangu» osas ühe ingrediendi: konservikast laos A.

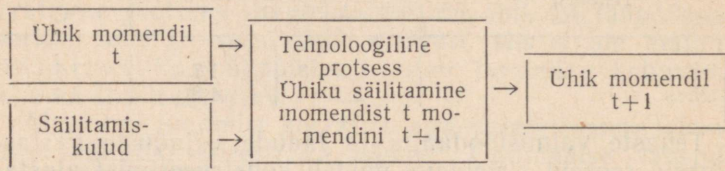
Peamine eeldus seisneb selles, et x konservikasti, mis tuleb saata I tehasesest lattu A, nõuavad «kulude» osas $1 \cdot x$ konservikasti ja $2,5 \cdot x$ rbl. transpordikulud ning annavad «toodangu» osas $1 \cdot x$ konservikasti laos A.

Missugusel viisil tehnoloogiline protsess toimub ja mis juhtub konservikastiga lähte- ja sihtpunktide vahel, see ei kuulu planeerimisülesandesse. Selles mõttes kujutabki tehnoloogiline protsess endast «musta kasti», millesse mõned ingrediendid sisenevad ja teised sealt väljuvad.

Meie näide koosneb kuuest tehnoloogilisest protsessist: I tehasesest lattu A, B või C ja II tehasesest samuti lattu A, B või C. Veel on võimalus säilitada toodangut tehastes, mis kujutab endast teist liiki võimalikku elementaarset funktsiooni, säilitamises seisnevat tehnoloogilist protsessi.

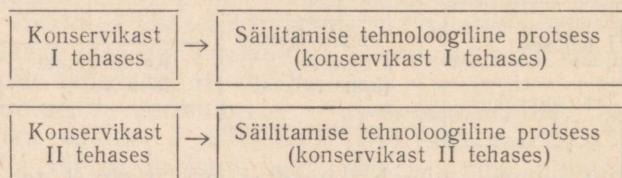
Säilitamine nõuab ingrediendi ja säilitamiskulusid teatud ajamomendil t ja annab ingrediendi mõnevõrra hilisemal ajamomendil $t+1$.

Tüüpilise säilitamisprotsessi «musta kasti» skeem



Mõlema tehnoloogilise protsessi sarnasus seisneb selles, et transport kujutab endast teisendust ruumis, säilitamine aga teisendust ajas.

Et me säilitamisprotsesse antud juhul ei käsitle, siis nad taanduvad järgmisele lihtsustatud vormile.



Esimene samm. Määrame kindlaks tehnoloogiliste protsesside arvu ja mõõtühiku.

Tehnoloogiliste protsesside loetelu on järgmine:

1. transport I tehasest lattu A,
2. „ I „ „ B,
3. „ I „ „ C,
4. „ II „ „ A,
5. „ II „ „ B,
6. „ II „ „ C,
7. jäägi säilitamine I tehases,
8. jäägi säilitamine II tehases.

Kõigi kaheksa tehnoloogilise protsessi mõõtühikuks on loomulik valida «üks konservikast», kuid võib valida ka erinevaid mõõtühikuid, näiteks «kümme transporditud konservikasti» või «transpordikulud rublades».

Teine samm. Määrame kindlaks ingredientide süsteemi ja nende mõõtühikud.

Ignoreerides ajamomenti lähtume ainult ümberpaiguta-

misest ühest kohast teise. Vastavalt sellele põhimõttele on meil kuus ingrediendi — viis, mis väljendavad kaht tehast ja kolme ladu, ning transpordikulude ingrediendi. Esimese viie ingrediendi mõõtühikuks valime «üks konservikast», kuuenda ingrediendi mõõtühikuks aga «üks rubla». Ingrediente loetelu on järgmine:

1. Konservikastid I tehases,
2. „ II „
3. „ laos A,
4. „ laos B,
5. „ laos C,
6. Transpordikulud.

Kolmas sammas «Tootmise-tarbimise» koefitsientide leidmisel hakkame kasutama koefitsiendi algebralise märgi kohta järgmist kokkulepet: kulud loetakse positiivseiks, toodang — negatiivseks. Sümbolsealt:

$$+ \rightarrow \boxed{\text{Tehnoloogiline protsess}} \rightarrow -$$

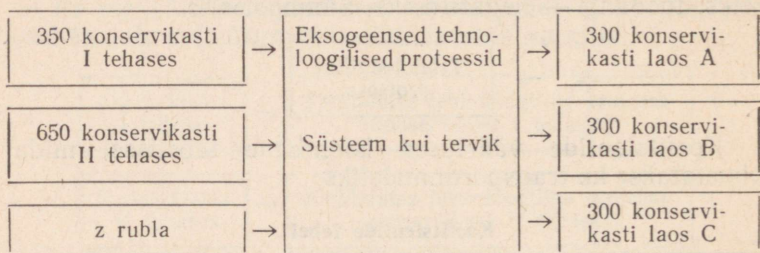
Koefitsientide väärtused koondame tabelisse, mida nimetatakse ka transpordimudeliks.

Koefitsientide tabel

Ingrediendid	Tehnoloogilised protsessid							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	I—A	I—B	I—C	II—A	II—B	II—C	säilitada I-s	säilitada II-s
1. Konservikastid I tehases	+1	+1	+1				+1	
2. Konservikastid II tehases				+1	+1	+1+		+1
3. Konservikastid laos A	-1			-1				
4. Konservikastid laos B		-1			-1			
5. Konservikastid laos C			-1			-1		
6. Transpordikulud	+2,5	+1,7	+1,8	+2,5	+1,8	+1,4		

Selles transpordimudelil vastab igale tehnoloogilisele protsessile vastav veerg ja igale ingrediendile vastav rida. Iga veeru ja rea ristumiskohale on asetatud vastav koefitsient märgiga selle ingrediendi kohta, mida nõuab tehnoloogilise protsessi üksikintensiivsus. Tehnoloogilise protsessi 4 (mida on kasutatud üksikintensiivsusega (ühe konservikasti) transpordiks II tehases lattu A) kuludeks on üks konservikast II tehases (koefitsient +1 teises reas ja neljandas veerus) ja 2,5 rbl. (koefitsient +2,5 kuuendas reas ja neljandas veerus) ning toodanguks üks konservikast laos A (koefitsient -1 kolmandas reas ja neljandas veerus).

Neljas samm. Eksogeensed (välised) vood, mis saavad süsteemi ja on nõutavad süsteemilt kui tervikult, on näidatud «musta kasti» kujul alljärgneval skeemil.



Koondame nüüd tabelisse eksogeensed kulud ja toodangu ingredientide järgi.

Ingrediendid	Eksogeensed vood
1. Konservikastid I tehases	350
2. Konservikastid II tehases	650
3. Konservikastid laos A	- 300
4. Konservikastid laos B	- 300
5. Konservikastid laos C	- 300
6. Transpordikulud	z

} süsteemi kulud
 } süsteemi toodang
 } süsteemi minimaalsed kulud

Viies samm, Tähistame iga tehnoloogilise protsessi tundmatuga, kindlaksmääramist nõudva suurusega, järelikult vastavalt meie tehnoloogilistele protsessidele $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7$ ja x_8 .

Kasutades kolmandal sammul väljatöötatud koefitsientide tabelit, koostame iga ingrediendi kohta süsteemi materiaalse bilansi võrrandid.

Ingredienti 1 tarbivad koefitsientide tabeli alusel tehnoloogilised protsessid 1, 2, 3 ja 7 (transport ladudesse ja säilitamine I tehases). Kõik selle ingrediendi «tootmise-tarbimise» koefitsiendid on +1 ja tema puhasvoog on järelikult võrdne.

$$1 \cdot x_1 + 1 \cdot x_2 + 1 \cdot x_3 + 1 \cdot x_7.$$

See peab olema võrdne ingrediendi 1 eksogeense vooga (vt. neljanda sammu tabelit). Saamegi materiaalse bilansi esimese võrrandi:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_7 = 350.$$

Analoogiliselt koostame materiaalse bilansi võrrandi ingrediendi 2 kohta:

$$x_4 + x_5 + x_6 + x_8 = 650.$$

Ingredienti 3 kohta (konservikastid laos A) omandab võrrand teise kaju. Tehnoloogilised protsessid 1 ja 4 kujutavad siin endast transporti lattu A ning nende koefitsient on -1. Puhasvoog on järelikult võrdne

$$-1 \cdot x_1 - 1 \cdot x_4.$$

Seoses sellega, et eksogeenne voog on toodang -300, on võrrand järgmine:

$$-x_2 - x_4 = -300.$$

Analoogiliselt koostame ingredientide 4 ja 5 kohta võrrandid:

$$-x_2 - x_5 = -300,$$

$$-x_3 - x_6 = -300.$$

Ingredienti 6 voogu sellesse süsteemi väljendatakse järgmise võrrandiga:

$$2,5x_1 + 1,7x_2 + 1,8x_3 + 2,5x_4 + 1,8x_5 + 1,4x_6 = z.$$

Tuletame meelde, et me veel ei tea, milline arvuline väärtus peab olema $z=1$.

Sellega on tehtud viies samm.

Eespool toodud materiaalse bilansi võrrandite süsteem kujutab endast lineaarse planeerimise majandusmatemaatilist mudelit transpordiülesande jaoks.

Esitame selle mudeli nii tabelikujuliselt (vt. tabel 1) kui ka võrrandite vormis.

Tabel 1

Lineaarse planeerimise mudel transpordiülesande jaoks (tabelivorm)

Tehnoloogilised protsessid	I-A	I-B	I-C	II-A	II-B	II-C	Säilitada I-s	Säilitada II-s	Ekso-geen-sed vood
Intensiivsused	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	
Ingrediendid									
1. Konservikastid I-s	1	1	1				1		350
2. Konservikastid II-s				1	1	1		1	650
3. Konservikastid A-s	-1			-1					-300
4. Konservikastid B-s		-1			-1				-300
5. Konservikastid C-s			-1			-1			-300
6. Transpordikulud	2,5	1,7	1,8	2,5	1,8	1,4			z (min)

Lineaarse planeerimise mudel võrrandite vormis

Mittene-gatiivsus $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0, x_6 \geq 0, x_7 \geq 0, x_8 \geq 0$.

$$\begin{array}{l}
 \text{Materiaalse bilansi võrrandid} \left\{ \begin{array}{l}
 x_1 \quad x_2 \quad x_3 \quad \quad \quad x_4 \quad x_5 \quad x_6 \quad x_7 \quad \quad = 350 \\
 -x_1 \quad \quad \quad \quad \quad \quad -x_4 \quad \quad \quad \quad \quad \quad x_8 \quad = 650 \\
 \quad \quad -x_2 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad -x_5 \quad \quad \quad \quad \quad = -300 \\
 \quad \quad \quad -x_3 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad -x_6 \quad \quad \quad \quad \quad = -300 \\
 2,5x_1 + 1,7x_2 + 1,8x_3 + 2,5x_4 + 1,8x_5 + 1,4x_6 \quad \quad \quad = z \text{ (min)}
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

Lineaarse planeerimise majandusmatemaatiline mudel koosneb seega järgmistest osadest:

- 1) Süsteemi tehnoloogiliste protsesside ja nende tundmatute intensiivsuste loetelu.
- 2) Süsteemi ingredientide loetelu.
- 3) Süsteemi eksogeensed vood.

Antud konkreetse näite puhul on ülesandeks määrata kindlaks tehnoloogiliste protsesside x_1, x_2, \dots, x_8 intensiivsused, mis peavad olema esiteks mittenegatiivsed, teiseks rahuldama materiaalse bilansi võrrandid ja kolmandaks minimiseerima transpordikulude kogusumma (z).

Eespool juba märkisime, et kõigi lineaarse planeerimise ülesannete universaalseks lahendamismeetodiks on simpleksmeetod koos simpleksalgoritmiga. Seejuures nõuavad väikesemõõtmelised lineaarse planeerimise üldised ülesanded ainult tavalisi arvutusmasinaid, suuremõõdulised aga kiiresti töötavaid elektronarvuteid. Transpordiülesannete lahendamine nõuab sageli aga ainult paberit, pliitsit ja arvelauda, sest ainsateks matemaatilisteks operatsioonideks on sel korral liitmine ja lahutamine.

Uurimistöö organiseerimisest

Nagu ühiskondlikus tootmises, nii on ka teaduses üli suur tähtsus töö kõige otstarbekamal organiseerimisel. Alljärgnevalt püütakse anda vastus küsimusele, kuidas praktiliselt organiseerida teaduslikku uurimistööd majandusküberneetika selles valdkonnas, mis on tuntud rahvamajanduse optimaalse planeerimise ja juhtimise nime all. Kuigi käsitletav meetod on eeskätt mõeldud teaduslike uurimistööde organiseerimiseks tööstusharu ulatuses, on ta üsna lihtsalt kohandatav uurimistööde organiseerimiseks kõrgemal (tööstuse kui rahvamajandusharu) või madalamal (tööstusettevõtte) tasemel.

Esimeseks ülesandeks on kindlaks määrata, milliste erialade spetsialistid-praktikud ja teadlased peaksid moodustama kompleksse uurimisgrupi antud probleemi lahendamiseks. Üldreeglina peaks selline grupp koosnema neljast alagrupidest, mille spetsialistid peaksid olema võimelised alagruppide vaheliseks efektiivseks koostööks.

Esimesse alagrupperi peaksid alati kuuluma vastava tootmisala tehnoloogid ja ökonomistid ning vajaduse korral majandusgeograafid, projekterijad ja geoloogid.

Teise alagrupperi peaksid moodustama spetsialistid-praktikud ja majandusküberneetikud majandusmatemaatilise mudeleerimise ja analüüsi alal.

Kolmanda alagrupperi moodustaksid matemaatikud, kes koostavad ja valivad vastavale matemaatilise planeerimise ülesandele lahenduskäigu.

Neljandasse alagrupperi kuuluksid masinaprogrammide koostajad (programmistid) ja elektronarvutil arvutajad.

Kõige otstarbekam näib olevat uurimistöö jaotamine kümneks küllaltki iseseisvaks staadiumiks.

Esimeses staadiumis tuleks kõigepealt püstitada uuritav majandusprobleem ja formuleerida töö eesmärk. Seejärel oleks vaja kindlaks määrata antud probleemi olulisemad tegurid ja tingimused ning analüüsida neid kvalitatiivselt, samuti välja selgitada nende kvantitatiivseid seoseid. Esimene staadium lõpeks ülesande orienteeruvate mõõtmete kindlaksmääramisega. Selle staadiumi tööst peaksid osa võtma esimene ja teine alagrupp.

Teises staadiumis tuleks laiendada probleemi majanduslikku käsitlust, seejärel detailiseerida ülesande kvalitatiivsed karakteristikud ja kvantitatiivsed sõltuvused ning lõpuks formuleerida ülesanne. Formuleerimine peab hõlmama: a) tundmatute kindlakstegemist, b) piiravate tingimuste kindlaksmääramist, c) kvantitatiivsete sõltuvuste formaliseerimist ja d) sihifunktsiooni konstrueerimist. Selle staadiumi tööst peaksid osa võtma esimene, teine ja kolmas alagrupp.

Kolmandas staadiumis tuleks koostada vajalike lähteandmete nimestikud ja vormid ning lahendada metoodilisi küsimusi. Sellest tööst peaksid osa võtma esimese ja teise alagrupperi praktikud ning majandusküberneetikud.

Neljandas staadiumis toimuks lähteandmete ettevalmistamine esimese ja teise alagrupperi poolt.

Viiendas staadiumis peaksid esimene ja teine alagrupp läbi viima lähteandmete ekspertiisi.

Kuuendas staadiumis tuleks täpsustada nii ülesande majanduslikku käsitlust kui majandusmatemaatilist mudelit ning vajaduse korral täiendada ja korrigeerida lähteandmeid. Selle staadiumi tööst peaksid osa võtma esimene, teine ja kolmas alagrupp.

Seitsmendas staadiumis toimuks lähteandmete kodeerimine ja perforeerimine ning ülesande lahendamine elektronarvutil. Sellele järgneks resultaatide dešifreerimine lahendi variantide järgi. Selle staadiumi töö langeb valdavalt kolmanda ja neljanda alagrupi õlgadele, kuid nõuab sageli ka teise alagrupi abi.

Kaheksandas staadiumis toimuks tulemuste majandusmatemaatiline analüüs, muudatuste ja paranduste sisseviimine esimese, teise ja kolmanda alagrupi praktikute ja teadlaste ühises koostöös.

Üheksandas staadiumis peaksid vajaduse korral täiendavaid arvutusi tegema teine, kolmas ja neljas alagrupp.

Kümnendas ja viimases staadiumis analüüsivad esimene ja teine alagrupp lõplikke tulemusi, valivad plaaniprojekti ja töötavad välja ettepanekud selle realiseerimisvõimaluste kohta.

Arusaadavalt sõltuvad gruppide suurused ja uurimistöö maksumus uuritava probleemi ulatusest ja raskusest. Neil alustel jaotatakse kõik optimaalse planeerimise ja juhtimise probleemid lihtsaiks, keskmisteks ja keerulisteks.

Lihtsateks ülesanneteks hinnatakse selliseid, kus on tegemist kuni 20 üldist tüüpi piirava tingimusega või kuni 100 transpordiülesande tüüpi kitsendusega ja mille lahendi variantide arv on kuni 100. Arvestatakse, et niisuguse ülesande lahendamiseks on vajalik viieliikmeline grupp. Uurimistöö maksumust sel juhul hinnatakse 5000 rublale.

Keskmisteks ülesanneteks loetakse selliseid, kus üldist tüüpi kitsendusi võib olla 20—50, transpordiülesande tüüpi kitsendusi 100—300 ja lahendi variante 100—400. Uurimistööd peaks sel korral tegema 5—15-liikmeline grupp. Uurimistöö maksumus oleks kuni 20 000 rubla.

Keeruliste ülesannete juures on üldist tüüpi kitsendusi üle 50, transpordiülesande tüüpi kitsendusi üle 300 ja lahendi variante üle 400. Uurimistöö gruppi kuulub üle 15 liikme ja selle maksumus on üle 20 000 rubla.

Esitatud meetodi põhialused on välja töötatud NSV Liidu Teaduste Akadeemia Siberi Osakonna teadlaste poolt ning väärivad tõsist tähelepanu ja katsetamist meie vabariigi tingimustes. Kõige iseloomulikumaks jooneks on seejuures praktikute laialdane kaasatõmbamine teaduslikku uurimistöösse, mis lihtsustaks ja kiirendaks märksa teadlaste tööd probleemi uurimise esimestes staadiumides.

III. MÕNI SÕNA MAJANDUSKÜBERNEETIKA- ALASEST UURIMISTÖÖST EESTI NSV-s

Majandusküberneetikaalaste uurimistööde alguseks Eesti NSV-s võib nähtavasti lugeda 1960. aastat, mil Tartu Riikliku Ülikooli Arvutuskeskuses hakati tegelema küsimustega, kuidas lineaarse planeerimise teoreetilisi meetodeid praktiliselt rakendada tööstus- ja põllumajandusettevõtetes. Uurimistööde tehniliseks baasiks oli Arvutuskeskuse ja kogu vabariigi esimene elektronarvuti «Uraal-1», mis hakkas tööle 1959. aasta viimases kvartalis. Esimesed uurimistööd tehti Tartu Põllutöömashinate Tehases «Võit» ja Tartu Aparaaditehases tootmise operatiivse juhtimise (kalendaarse planeerimise) alal. Põllumajanduse alal lahendati (mitmete majandite kohta) külvipinna optimaalse jaotamise ülesanne.

Praegu tegeleb vabariigis majandussüsteemide juhtimise ja planeerimise ning arvestusprotsesside uurimisega, majandusmatemaatiliste meetodite rakendamisega ning majandusliku informatsiooni töötlemise mehhaniseerimise ja automatiseerimise probleemidega 14 teaduslikku ja muud organisatsiooni. Selles suures teaduslikus, pedagoogilises ja praktilises töös kuulub juhtiv koht NSV Liidu Teaduste Akadeemia Majandusmatemaatika Keskinstituudi Eesti Filiaalile, Eesti NSV Teaduste Akadeemia Majanduse Instituudile ja Küberneetika Instituudile, Tartu Riiklikule Ülikoolile, Tallinna Polütehnilisele Instituudile, Eesti Põllumajanduse Akadeemiale, Eesti NSV Riikliku Ehituskomitee Ehituse Teadusliku Uurimise Instituudile, Eesti NSV Riiklikule Plaanikomiteele, Eesti NSV Statistika Kesksvalitsusele ja ETKVL-i Arvutuskeskusele.

Teadusliku uurimistöö, pedagoogilise ja praktilise töö tehniline baas on kasvanud kaheksa elektronarvutini, millest aga kaks on moraalselt täiesti vananenud. Neist asub «Uraal-1» nüüd Nõo Keskkoolis ja täidab õppemasina ülesanded ning teine — «M-3» — kuulub Eesti NSV Teaduste Akadeemia Küberneetika Instituudi Arvutuskeskuse parki. Kõige kaasaegsemad elektronarvutid «Minsk-22» on Eesti NSV Statistika Kesksvalitsuse ja ETKVL-i Arvutuskeskuses ning «Uraal-11» NSV Liidu Teaduste Akadeemia Majandusmatemaatika Keskinstituudi Arvutuskeskuses. Tartu Riikliku Ülikooli ja Eesti NSV Teaduste Akadeemia Küberneetika Instituudi arvutuskeskustes töötavad vasta-

valt elektronarvutid «Uraal-4» ja «Minsk-2». 1967. aastal sai elektronarvuti «Minsk-22» ka Tallinna Polütehniline Instituut.

NSV Liidu Teaduste Akadeemia Majandusmatemaatika Keskinstituudi Eesti Filiaalis areneb uurimistöökahes peasuunas: majandusmatemaatiliste mudelite konstrueerimise suunas tootmisettevõtete, rahvamajandusharude ja kogu rahvamajanduse kui küberneetiliste juhtimissüsteemide kohta ning tööstusettevõtete automatiseeritud juhtimis-, planeerimis- ja arvestussüsteemide elementide väljatöötamise suunas.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia Majanduse Instituudis on majandusküberneetikaalane uurimistöök suunatud peamiselt üksikute konkreetsete probleemide lahendamisele ja seoses sellega vastavate meetodiliste küsimuste läbitöötamisele. Suurematest uurimistöödest on viidud lõpule vabariigi tähtsamate tootmisharude vahelise tootmise-tarbimise maatriksbilansi staatilise mudeli koostamine. Lahendatud on samuti mitmed optimaalse perspektiivse planeerimise ülesanded, mis on leidnud tähelepanu üleliidulises ulatuses.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia Küberneetika Instituudis on seni põhiliselt lahendatud üksikuid konkreetseid optimeerimisülesandeid ja koostatud vastavaid programme. Koos Eesti NSV Riikliku Plaanikomitee spetsialistidega uurivad instituudi teadlased töömahukate plaanirvutuste mehhaniseerimise võimalusi.

Tartu Riikliku Ülikooli Arvutuskeskuse ja Eesti Põllumajanduse Akadeemia Matemaatiliste Meetodite Laboratooriumi uurimistööde temaatika on omavahel tihedalt seotud. Lahendatakse mitmesuguseid konkreetseid majandusmatemaatilisi ülesandeid nii tööstuse kui põllumajanduse alal.

Eesti NSV Riikliku Ehituskomitee Ehituse Teadusliku Uurimise Instituudi ehituse juhtimise ja planeerimise matemaatiliste meetodite teadusliku uurimise sektor töötab välja vabariikliku ehituse automatiseeritud juhtimissüsteemi elemente ja viib läbi vastavaid eksperimente.

Kaasaegse tehnilise baasi loomise kõrval on teiseks keeruliseks probleemiks kaadriprobleem. Seni valmistati vabariigis väga piiratud ulatuses ette matemaatilise kalakuga ökonomiste ja majandusliku suunaga rakendusmatemaatikuid. Nüüd püüavad nii Tallinna Polütehniline

Instituut kui ka Tartu Riiklik Ülikool seda lünka likvideerida. Kuid spetsialistide kaadri kasvatamine on aeganõudev töö, mistõttu lähemal aastail jäävad majandusküberneetika esindajaiks ja arendajaiks need ökonomistid, matemaatikud ja insenerid, kes on vastavad teadmised omandanud peamiselt iseõppimise teel.

Vabariigi majandusküberneetikute ees seisavad suured ülesanded. Neilt oodatakse ühtsete ja võimalikult automatiseeritud juhtimis-, planeerimis- ja arvestussüsteemide loomist nii tööstus-, põllumajandus-, transpordiettevõtte ja ehitusorganisatsiooni tasemel kui ka vastavate ministriumide ja teiste juhtivate organite tasemel, samuti kogu vabariigi rahvamajanduse juhtimissüsteemi uurimist. Selleks peavad majandusküberneetikud välja töötama uusi teaduslikke meetodeid ja majandusmatemaatilisi mudeleid. Niisuguste suurte ülesannete täitmine ei ole võimalik üksnes teaduslike asutuste jõududega. Rahvamajanduse optimaalse juhtimise ja arendamise ülesanded nõuavad praktikute aktiivset osavõttu uurimistöö käigust, eriti selle mõnedest staadiumidest. Samal ajal tuleks teadlastel energiliselt kaasa aidata oma uurimistööde tulemuste juurutamisele praktikasse. Näib, et neist raskustest ülesamiseks on väga efektiivne materiaalse stimuleerimise otsarbekas rakendamine.

SISUKORD

Eessõna	3
Sissejuhatus	5
I. Majandusküberneetika ülesannetest	15
Peamine ülesanne	17
Rahvamajanduse planeerimine	21
Optimaalse planeerimise probleemidest	25
II. Mudeleerimisest	34
Uus ajajärk	42
Linearsest planeerimisest	53
Uurimistöö organiseerimisest	73
III. Mõni sõna majandusküberneetikaalasest uurimistööst	
Eesti NSV-s	76

Рентер Раул
О ПРИМЕНЕНИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
КИБЕРНЕТИКИ В УПРАВЛЕНИИ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ

На эстонском языке
Оформление У. Плоомипуу
Издательство «Ээсти Раамат»
Таллин, Пярнуское шоссе, 10

Toimetaja P. Freidin
Kunstiline toimetaja L. Kruusmaa
Tehniline toimetaja A. Kребstein
Korrektor M. Kalamäe

Laduda antud 19. X 1967. Trükkida antud 7. II 1968.
Paber 54×84¹/₁₆. Trükipoognaid 5. Tingtrükipoog-
naid 4,2. Arvestuspoognaid 4,52. Trükiarv 3000.
MB-01546. Tellimise nr. 7217. Hans Heidemanni ni-
meline trükikoda, Tartu, Ülikooli 17/19. III
Trükipaber nr. 2 — Kohila Paberivabrik.

Hind 28 kop.

1—8—5

28 kop.

A

29029

96414

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00313845 2