

<https://doi.org/10.3176/hum.soc.sci.1973.4.01>

T. RAJASALU

## LIIDUVABARIIGI KAUBAVAHETUSE EFEKTIIVSE STRUKTUURI PROGNOOSIMISEST

Liiduvabariigi efektiivse kaubavahetuse komplekse prognoosimise põhimõtete ja mudelite kirjeldamiseks kasutatakse käesolevas artiklis dekompositsioonilise planeerimise printsiipi, mille järgi iga vabariik rahvamajanduse hierarhilises struktuuris optimeerib oma tegevust, arvestades nii kohalikke võimalusi ja vajadusi kui ka kohustusi kogu rahvamajanduse vastu. Esitatud mudeleid on võimalik kasutada ka majandusrajoonide kaubavahetuse prognoosimiseks.

Liiduvabariikide ja majandusrajoonide kaubavahetust on enamasti käsitletud mono-tsentrilise planeerimise seisukohtadelt lähtudes [<sup>1-3</sup>], kusjuures ühte ruumilise tootmise ja tarbimise bilanssi koondatakse kõikide rajoonide tootmine ja tarbimine, samuti rajoonidevahelised sidemed.

Dekompositsioonilise planeerimise printsiibi järgi on liiduvabariik (*resp.* majandusrajoon) iseseisev majandusallsüsteem, mis oma tegevust planeerib ja juhib tsentraalselt määratud piirides. Liiduvabariik kujundab ise ka oma majanduslikke sidemeid, s. t. valib sellised vahetatavate kaupade kogused, mis kõige paremini vastavad tema huvidele. Seniste kaubavahetuse struktuuri prognoosimise katsetega on püütud tagada kaubavahetuse vastavust liiduvabariigi huvidele, kuid seejuures ei ole rangelt formuleeritud optimeerimist [<sup>4,5</sup>]. On aga käsitlusi (ka dünaamilisi), kus rangelt efektiivne kaubavahetuse struktuur selgitatakse välja koos vabariigi majanduse arengu optimeerimisega [<sup>6</sup>]. Käesolevas artiklis esitatakse liiduvabariigi kaubavahetuse struktuuri optimeerimiseks kolm mudelit, milledes on kasutatud erineva detailsusega informatsiooni ning vastavalt sellele saadakse erineva kasutustarbe ning usaldatavusega prognoose.

### Ülesande püstitus

Kaubavahetus võimaldab vabariigis välja arendada efektiivsemaid tootmisharusid, ülejäänud kaupade tootmise aga asendada nende sisseveoga. Territoriaalset tööjaotust võib käsitada tootmisstruktuuri parendamise ühe abinõuna, kusjuures selle otstarbekuse kriteeriumiks on tootmise efektiivsuse tõus.

Võib eristada kaheksa kaubavahetuse mõju tootmisele. Esmase tähtsusega on tootmisstruktuuri muutusest tulenev tootmise efektiivsuse tõus. Teiseks tõstab spetsialiseerimisest tingitud tootmismahtude suurenemine (tinglikult püsivate kulude kokkuhoid), üleminek massilisele ja suureseerialisele tootmisele jne. tootmise individuaalset efektiivsust. Muutusi viimases aga on raskem arvutada. Osa tootmismahtude suurenemisest saadavast lisatulust läheb täiendavate transpordikulude katteks, kuna keskmised veokaugused suurenevad. Nagu kaubavahetust käsitlevates uurimustes tavaliselt ikka, käsitletakse käesolevaski artiklis kaubavahetust kui ainult liiduvabariigi tootmisstruktuuri parendamise abinõu. Sel puhul võib liiduvabariigi kaubavahetuse efektiivse struktuuri prognoosimist vaadelda tegevusena, mis seisneb selles, et vabariigisiseseid ja vabariigiväliseid tingimusi rahuldavate kaubavahetuse mahtude hulgast valitakse sellised, mis maksimeerivad tootmise efektiivsuse vabariigis.

Kuna tootmistahtudele, seega ka kaubavahetuse efektiivsusele, avaldavad mõju ainult kaubavahetuse saldod, mitte aga sisse- ja väljaveo mahud, siis võib prognoosimise jaotada kahte etappi. Esimesel etapil leitakse optimaalsed kaubavahetuse saldod, mis maksimeerivad tootmise efektiivsuse, teisel etapil aga arvutatakse nende saldode kohta sama kaubagrupi piires toimuva vahetuse (näit. nomenklatuuri mitmekesistamiseks) lisamise teel sisse- ja väljaveo mahud. Sellel etapil on võimalik arvestada ka mittemajanduslikke tegureid ja kriteeriume.

Prognoosimise põhiraskus langeb optimaalsete kaubavahetuse saldode leidmisele, s. o. esimesele etapile. Seda kirjeldab planeerimisülesanne

$$\max C W, \text{ tingimusel, et } W \in \Gamma \cap \Omega$$

kus  $C = (c_1, c_2 \dots c_n)$  — sihifunktsiooni kordajate vektor, mis väljendab tootmise efektiivsuse sõltuvust kaubavahetusest

$W = (\omega_1, \omega_2 \dots \omega_n)$  — kaubavahetuse saldode vektor

$\Gamma$  — vabariigisest tingimustega määratud kaubavahetuse muutumiskiirkond

$\Omega$  — vabariigivälise tingimustega määratud kaubavahetuse muutumiskiirkond

Et ülesanne oleks lahendatav olemasolevate simpleksiülesannete programmide abil, tuleb nii kaubavahetuse sihifunktsioon kui ka kitsendused väljendada lineaarsetena. Puhtehniliseks võtteks on  $W$  jaotamine kaheks vektoriks, millest üks tähistab «puhast» väljavedu ja teine «puhast» sissevedu. Kaubavahetuse saldode vektor asendatakse positiivsete väljaveo ( $V$ ) ja sisseveo ( $S$ ) vektori vahega:

$$W = V - S$$

Selliselt formuleeritud ülesande optimaalsesse lahendisse võivad tulla sisse ka negatiivsed kaubavahetuse saldod.

Vabariigisest tingimuste kirjeldamise viisist sõltuvalt võib käsitlus edaspidi haruneda kaheks.

1. Kui vabariigisest kitsendused ja sihifunktsioon väljendada kaubavahetuse struktuuri mingi funktsioonina, saadakse planeerimisülesanne, mis on analoogiline väliskaubanduse isoleeritud ülesannetega [7]. Kaubavahetus on sel juhul liiduvabariigi majanduse iseseisev allsüsteem, mis opereerib talle eraldatud vahenditega. Kaubavahetuse kohta kehivad kitsendused ja sihifunktsioon väljendatakse täielike kulude abil.

2. Kaubavahetus seostatakse liiduvabariigi tootmis- ja tarbimisbilansiga. Vabariigisest tingimused avaldatakse tootmise kitsendustena, kaubavahetuse efektiivsust väljendav sihifunktsioon aga tootmistahtude funktsioonina. Mudelis kasutatakse otsekulusid. Oma ehituselt on see mudel lähedane tootmise ja tarbimise maatriksbilanssidele. Lisaks toodangu mahtudele on temas tundmatuteks ka kaubavahetuse saldod. Väliskaubanduses nimetatakse selliseid mudeleid rahvamajanduslikeks [7], kuna neis käsitletakse kaubavahetust koos kogu majandusega. Majanduse arengu dünaamilisel käsitlemisel võetakse kaubavahetus liiduvabariigi tootmise ja tarbimise dünaamilise maatriksbilansi mudelisse täiendavate kitsendustega. Uute tootmisvõimsuste loomine seatakse sõltuvusse eelmiste aastate toodangust ja kaubavahetusest. See võimaldab adekvaatsemalt kirjeldada vabariigi majanduse arendamise tingimusi.

Kaubavahetuse käsitlemine isoleeritud ülesannetena sobib esialgsete prognooside koostamiseks, sest nende ülesannete lahendid näitavad kätte kaubavahetuse arendamise ja tootmise spetsialiseerimise efektiivsed suunad ning on abiks informatsiooni ettevalmistamisel komplekssete majanduse arendamise ülesannete jaoks. Komplekssete ülesannete lahendamine võimaldab saada usaldusväärsemaid tulemusi, kuid suurema informatsiooni vajaduse tõttu saab neid kasutada arengu prognoosimiseks vaid 10–15 aastaks. Dünaamiliste ülesannete kasutamine on seotud arvutustehniliste raskustega. Seepärast tuleb piirduda suhteliselt lühikese prognoosiperioodiga ja agregaaditud kaupade nomenklatuuriga. Dünaamilist ülesannet võib kasutada selleks, et leida optimaalne tee staatilises ülesandes fikseeritud majanduse ja kaubavahetuse struktuuri saavutamiseks.

## Kaubavahetuse optimeerimise isoleeritud ülesanne

Vaatleme kaubavahetust majanduse isoleeritud allsüsteemina, mis kaupu sisse- ja väljaveoks valib vabariigisiseste ja vabariigiväliste tingimustega määratud piirides. Selle valiku eesmärgiks on suurendada tootmisstruktuuri efektiivsust.

Vabariigisisest tingimust väljendatakse vabariigi majandust planeeriva organi poolsete kitsendustena kaubavahetusele eraldatavate ressursside kohta. Nende kitsenduste määramisel tuleks lähtuda järgmistest põhimõtetest.

1. Vabariigile prognoositud lõpptarbimine (s. o. isiklik ja ühiskondlik tarbimine, varude ja üleminevate kapitaalvahetuste juurdekasv jne.) määrab teatava tootmisstruktuuri, mille loomiseks vajalike ressursside maht on arvutatav vastava ressursi täielike kulude koefitsientide ja lõpptarbimise vektorite skalaarkorrutisena. Lõpptarbimise katmisest vabaks või puudu jäävate vahendite kogus moodustab kaubavahetuse kitsenduse (mõne vahendi, näit. tööjõu puudujäägi korral tuleb kaupu vahetada nii, et summaarne tööjõu vajadus tootmissüsteemis väheneks).

2. Lõpptarbimise poolt määratud tootmisstruktuur tagab teatava rahvatulu. Vabariigi rahvatulu ja tema elementide prognoositud suuruse ning lõpptarbimisest tingitud rahvatulu vahe peab katma kaubavahetuse. See on kaubavahetuse kui allsüsteemi kohustuseks vabariigi majanduse vastu.

Kaubavahetuse tagajärjel muutub tootmise struktuur, kusjuures ressursside vajaduse muutus avaldub nende täielike kulude maatriksi ja kaubavahetuse saldode vektori korrutisena:

$$\Delta T = T(V - S)$$

kus  $\Delta T = (\Delta t_1, \Delta t_2 \dots \Delta t_m)$  — ressursside vajaduse muutuse vektor

$T = \|t_{m, n}\|$  — ressursside täielike kulude maatriks

$V = (v_1, v_2 \dots v_n)'$  — «puhta» väljaveo vektor

$S = (s_1, s_2 \dots s_n)'$  — «puhta» sisseveo vektor

$m$  — ressursside liikide arv

$n$  — kaubagruppide arv

Enamiku kaubagruppide kohta on ette teada, millise märgiga saldo neile kujuneb. Nendes kaubagruppides  $v_j = 0$ , kui  $s_j \neq 0$ , ja vastupidi. Mõnede kaubagruppide puhul, millete kohta ei ole ette teada saldo märki, võib eraldi tundmatutena ette anda nii «puhta» sisse- kui ka väljaveo võimaluse. Kuna kitsenduste ja sihifunktsiooni kordajad on sama kaubagrupi mõlema tundmatu osas absoluutväärtuselt võrdsed ja vastasmärgiga, läheb optimaalsesse plaani vaid antud kriteeriumi järgi sobivaim alternatiiv. Seega ei saa vektorites  $V$  ja  $S$  mingi element  $j$  mõlemas üheaegselt erineda nullist.

Kui rahvatulu ja tema elementide täielike kulude normide maatriks tähistada  $H = \|h_{s, n}\|$ , siis võib kaubavahetusest tingitud rahvatulu muutuse avaldada analoogiliselt:

$$\Delta H = H(V - S)$$

kus  $\Delta H = (\Delta h_1, \Delta h_2 \dots \Delta h_s)$  on rahvatulu ja tema elementide muutuse vektor.

Teoreetiliselt peaks vabariigiväliseid kitsendusi kaubavahetusele koordineerima tsentraalne organ. Praktiliselt tuleb vabariigivälised kitsendused siiski ette anda ekspertide hinnangute alusel. Neis hinnangutes arvestatakse kaupade defitsiitsust, riigis loodavate tootmisvõimsuste paigutust, tendentse üleliidulises tööjaotuses, pikaajalisi kaubalepinguid välisriikidega jne. Samuti tuleb vabariigiväliste tingimustega koos arvestada vabariigi mõnede tootmisharude arenemisvõimalusi, sest eespool esitatud vabariigisisest kitsendustes ei arvestatud eri tootmisharude arenemisvõimalusi ja maksimaalselt võimalikke tootmismahtusid. Kogu selle kitsenduste grupi sisuks on kaubavahetuse lubatud varieerumisintervalli piiramine. Kitsendused ei pruugi hõlmata kõiki tundmatuid ning mõnede kaupade sisse- või väljaveodu võib olla tõkestamata.

Sihifunktsiooni valik. Kaubavahetuse eesmärki, s. o. tootmise efektiivsuse tõstmist, ei saa väljendada ühe näitaja abil. Mitme näitajaga sihifunktsiooni kasutamine aga on äärmiselt keerukas, sest puudub objektiivne alus erinevate näitajate jaoks nende

tähtsust väljendavate kaalude kindlaksmääramiseks. Seepärast on allpool esitatavad kaubavahetuse struktuuri optimeerimise ülesanded formuleeritud nii, et nad on lahendatavad mitme sihifunktsiooniga. Sihifunktsioonide ühe grupina kasutatakse ressursside vajaduse minimeerimist, teise grupina kohustuste täitmise maksimeerimist. Kõik sihifunktsioonides kasutatavad näitajad on ühtlasi ülesande kitsendusteks, millele järkjärgulise rangemaks muutmisega on võimalik jõuda tulemuseni, mis on vastuvõetav kõigi kasutatud kriteeriumide järgi.

Seda moodust rakendati Eesti NSV 1980. aasta kaubavahetuse struktuuri prognoosimiseks. Selleks kasutatud isoleeritud mudelis koosnes kitsenduste süsteem järgmistest põhirühkidest:

$$\begin{array}{ll}
 (1) TV - TS \leq \bar{T} & (6) v_j \geq \underline{v}_j \\
 (2) HV - HS \geq \underline{H} & (7) v_j \leq \bar{v}_j \\
 (3) MV - MS - N = M^y & (8) s_j \leq \bar{s}_j \\
 (4) \sum_j v_j - \sum_j s_j - \sum_j n_h \geq \underline{W} & (9) s_j \geq \underline{s}_j \\
 (5) n_h \leq n_h &
 \end{array}$$

Sihifunktsioonideks on

$$\begin{array}{l}
 (1) \sum_j v_j - \sum_j s_j - \sum_j n_h \rightarrow \max \\
 (2) TV - TS \rightarrow \min \\
 (3) HV - HS \rightarrow \max
 \end{array}$$

kus  $T = \|t_{i, j}\|$

— ressursside täielike kulude maatriks

$i$  — ressursside liigindeks

$j$  — kaubagrupi indeks

$V = (v_1, v_2 \dots v_n)'$  — väljaveo mahtude vektor

$S = (s_1, s_2 \dots s_n)$  — sisseveo mahtude vektor

$v_j = 0$  kui  $s_j \neq 0$ ; ( $j = 1 \dots n$ ) ja vastupidi

$H = \|h_{s, j}\|$  — puhastoodangu ja tema elementide täielike kulude maatriks

$s$  — puhastulu elemendi indeks

$M = \|m_{h, j}\|$  — mittekongureeriva sisseveo täielike kulude maatriks

$h$  — mittekongureeriva kauba indeks

$N = (n_1, n_2 \dots n_h)'$  — mittekongureeriva sisseveo mahtude vektor

$M^y = (m^y_1, m^y_2 \dots m^y_h)'$  — mittekongureerivate kaupade vajadus vabariigi lõpptarbijates

$\tilde{T} = (\tilde{t}_1 \dots \tilde{t}_i)'$  — kaubavahetusele eraldatud ressursside mahtude vektor

$\underline{H} = (\underline{h}_1 \dots \underline{h}_s)'$  — kaubavahetuse kohustused puhastoodangu ja tema elementide suurendamise osas

$\tilde{n}_h$  —  $h$ -ndat liiki mittekongureeriva kauba sisseveo ülemine tõke

$\underline{v}_j$  ja  $\bar{v}_j$  —  $j$ -ndat liiki kauba «puhta» väljaveo alumine ja ülemine tõke

$\underline{s}_j$  ja  $\bar{s}_j$  —  $j$ -ndat liiki kauba «puhta» sisseveo alumine ja ülemine tõke

$\underline{W}$  — kaubavahetuse minimaalne lubatud saldo

Lahendatud ülesande tundmatuteks olid kaubavahetuse saldod 28 konkureeriva ja 5 mittekongureeriva kaubagrupi osas. Kuna kolmes kaubagrupis võis kujuneda kas positiivne või negatiivne saldo (järelikult tuli iga niisuguse kaubagrupi kohta kaks tundmatut), siis oli ülesandes kokku 36 tundmatut.

Vabariigisiseseid tingimusi kirjeldavad kitsenduste põhirühkid (1)–(3). Ressurssidena eraldati kaubavahetuse jaoks tööjõud ja tootmispõhifondid (1). Kaubavahetuse kohustused (2) olid ette antud rahvatulu, puhastulu ja kasumi nõutava juurdekasvuna.

Ressurssidena käsitatakse käesolevas mudelis ka vabariigis mittetoodetavaid kaupu; kitsendusest mittekonkureerivate kaupade tarbimise kohta (3) tuleneb mittekonkureeriva sisseveo suurus. Kuna selle suuruse piirajaiks aga on vabariigivälised tingimused (5) ja üldsald (4), siis võib kitsendust (3) lugeda ka vabariigiväliseks.

Kitsendus (4) fikseerib nõutava kaubavahetuse saldo. Järgnevad kitsendused piiravad kaubavahetust üksikutes kaubagruppides (vektorite  $V$  ja  $S$  osa elemente on tõkestamata, osa tõkestatud ainult ühelt poolt). Vabariigi kohustused üleliidulises tööjaotuses on määratud peamiselt sisseveo ülemiste (8) ja väljaveo alumiste tōketega (6). Mõnedes kaubagruppides tuleb tõkestada ka sisseveo minimaalne (9) ja väljaveo maksimaalne (7) maht. Sellega tagatakse kaubavahetuse vastavus nende kaupade tootmise võimalustele vabariigis. Kokku sisaldas kõnesolev ülesanne 55 kitsendust.

Ülesande sihfunktsioonidena kasutati kaubavahetuse saldo, rahvatulu, puhastulu ja kasumi maksimeerimist ning tööjõu ja ressursside vajaduse minimeerimist. Kõigi kasutatud kriteeriume rahuldavate kaubavahetuse struktuurideni jõuti 10–15 iteratsiooniga.

### Majanduse arendamise kompleksne staatiline ülesanne

Kompleksne ülesanne kirjeldab kaubavahetuse ja vabariigi majanduse seoseid märksa sügavamalt kui isoleeritud ülesanne. Otsitavateks suurusteks on nii kaubavahetuse kui ka toodangu mahud. Kuna kaubavahetuse saldo on seotud tootmismahutudega, siis on võimalik vabariigisisest tingimused avaldada otse tootmismahutude kitsendustena ning neid seega täpsemalt arvestada.

Ülesande põhiosaks on tootmise, tarbimise ja kaubavahetuse bilansi võrrandid. Vabariigisisest tingimused avaldatakse tootmismahutude kitsendustena, vabariigivälised kaubavahetuse mahutude kitsendustena. Ülesande kitsenduste süsteem on järgmine:

$$(1) (E - A)X - (V - S) = Y$$

$$(2) MX - N = M^v$$

$$(3) TX \leq \tilde{T}$$

$$(4) HX \geq \underline{H}$$

$$(5) PX \geq \underline{P}$$

$$(6) x_n \leq \tilde{x}_n$$

$$(7) v_n \geq \underline{v}_n$$

$$(8) s_n \leq \tilde{s}_n$$

$$(9) n_h \leq \tilde{n}_h$$

$$(10) \sum_n v_n - \sum_n s_n - \sum_n n_h \geq \underline{W}$$

$A = \ a_{m, n}\ $	kus $E$ — ühikmaatriks — konkureerivate kaupade tehnoloogiliste kulunormide maatriks
$X = (x_1, x_2 \dots x_n)'$	— toodangu mahutude vektor
$V = (v_1, v_2 \dots v_n)'$	— väljaveo mahutude vektor
$S = (s_1, s_2 \dots s_n)'$	— sisseveo mahutude vektor
$Y = (y_1, y_2 \dots y_n)'$	— konkureerivate kaupade lõpptarbimine vabariigis
$M = \ m_{h, n}\ $	— mittekonkureerivate kaupade tehnoloogiliste kulunormide maatriks
$M^v = (m^v_1, m^v_2 \dots m^v_n)'$	— mittekonkureerivate kaupade lõpptarbimine vabariigis
$h$	— mittekonkureeriva kauba indeks
$T = \ t_i, n\ $	— ressursside otsekulude maatriks
$i$	— ressursside liigiindeks
$\tilde{T} = (\tilde{t}_1 \dots \tilde{t}_i)'$	— ressursside limiitide vektor
$H = \ h_s, n\ $	— puhastoodangu ja tema elementide normide maatriks
$\underline{H} = (\underline{h}_1 \dots \underline{h}_s)'$	— puhastoodangu elementide kohustuslik tase
$s$	— puhastoodangu elemendi indeks
$P = \ p_t, n\ $	— tootmist iseloomustavate parameetrite maatriks

$\vec{P} = (\vec{p}_1 \dots \vec{p}_t)'$	— tootmist iseloomustavate parameetrite etteantud tase
$t$	— tootmist iseloomustava parameetri indeks
$\bar{x}_n, \bar{s}_n, \bar{v}_n$	— eri kaupade kohta etteantud toodangu ja sisseveo ülemised ning väljaveo alumised tõkked
$\underline{W}$	— etteantud kaubavahetuse saldo minimaalne suurus

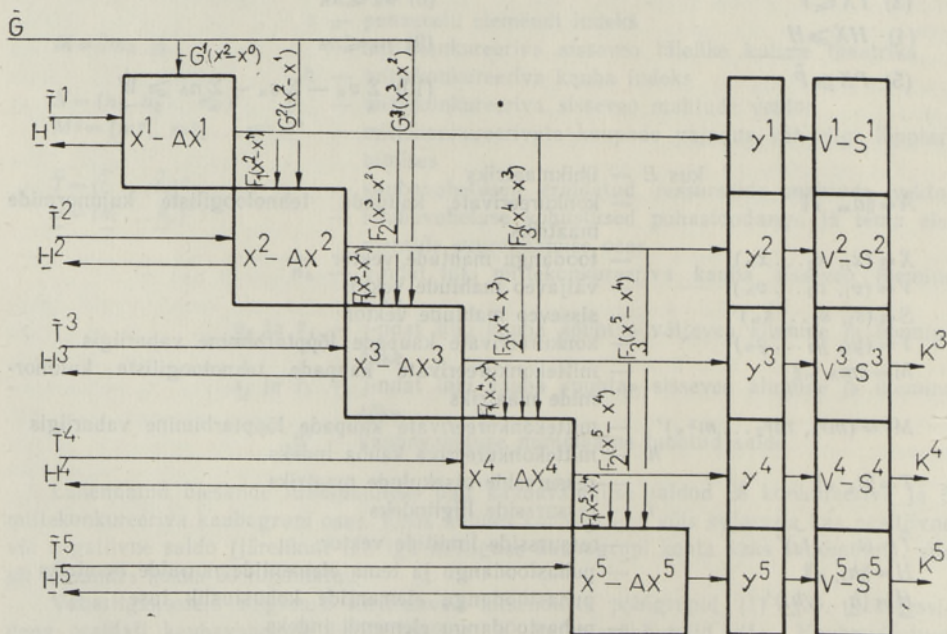
Kitsendused (1) ja (2) käivad konkureerivate ja mittekonkureerivate kaupade bilansside kohta. Kitsendused (3) ja (4) seovad toodangu mahud tootmissüsteemile eraldatud ressursside ja etteantud kohustustega. Tinglikult võiks neid nimetada *süsteemi sisendiks* ja *väljundiks*. Tootmine peab aga rahuldama veel tervet rida tingimusi, mis ei ole määratud selle sisendi ja väljundiga. Need tingimused on võetud kokku tootmist täiendavalt iseloomustavate parameetrite gruppi (5). Etteantud parameetriteks võivad olla näiteks töötasufond, materiaalsete kulude suurus jne. Samasse gruppi kuuluvate kitsendustega võib piirata toodangu metalli-, kütuse- ja energiamahukust, samuti harukompleksidesse (energeetika, kerge- ja rasketööstus, põllumajandus, ringlussfäär jne.) suunatava tööjõu või tootmis põhifondide hulka.

Eri kaupade maksimaalseid võimalikke tootmismahutusi piirab kitsenduste grupp (6). Maksimaalsete tootmismahutuste kaudu võib ette anda ka looduslikest tingimustest ja kaadri kvalifikatsioonist tulenevaid proportsioone tootmisharude vahel.

Kitsendused (7) ... (10) on fikseeritud puhtvabariigivälised tingimused. Erinevalt eelmises mudelis kasutatud kaubavahetuse lubatud varieerumisintervallidest ei sisalda käesoleva ülesande see kitsenduste grupp vabariigisiseseid tingimusi, kuna need avaldati tootmise kaudu.

Ülesande sihifunktsioonidena võib kasutada kitsenduste gruppides (3) ... (5) ja (10) esinevaid näitajaid. Üleminekul ühelt sihifunktsioonilt teisele tuleb rangemaks muuta ka vastavat kitsendust, lähtudes näitaja vajalikust tasemest ja minimaalsest või maksimaalsest võimalikust suurusest antud ülesande järgi.

Praktilistes arvutustes kasutatud kaupade klassifikatsioon sisaldas 30 konkureerivat ja 5 mittekonkureerivat kaup. Limiteeritud esmasteks vahenditeks olid tööjõud ja tootmis põhifondid. Vabariigi tootmissüsteemi kohustusi väljendasid kasumi, käibemaksu ja



Majanduse arendamise optimeerimise dünaamilise ülesande põhimõtteline skeem.

puhastoodangu minimaalne lubatav tase. Täiendavalt arvestati töötasufondi ja materiaalsete kulude suurust, samuti üksikute harukomplekside arenemisvõimalusi. Ülesanne koosnes 69 tundmatust ja 95 kitsendusest ning lahendus arvutil «Minsk-22» L. Kuusiku simpleksprogrammi abil [8] koos duaalülesande lahendamise ja Aega kulus selleks ca 20 minutit. Tulemusteni, mis olid vastuvõetavad kõigi sihifunktsioonide järgi, jõuti 15...20 iteratsiooniga.

### Majanduse arendamise optimeerimise dünaamiline ülesanne

Liiduvabariigi kaubavahetuse kompleksse käsitluse täiuslikumaks variandiks on tema majanduse arendamise optimeerimise dünaamiline ülesanne. Staatilistes käsitlustes eeldatakse teatavate tootmisvõimsuste olemasolu. Tegelikult sõltub nii tootmisvõimsuste kui ka tootmis põhifondide hulk eelmiste aastate toodangu mahust ja kaubavahetusest. Kaubavahetuse sidumiseks tootmisvõimsuste suurenemisega kasutatakse tootmise ja tarbimise dünaamilise maatriksbilansi mudelit. Dünaamilise ülesande põhimõtteline skeem on esitatud joonisena.

Investeeringud tootmise laiendamiseks on sõltuvad tootmismahude juurdekasvust järgnevatel aastatel. Toodangu jaotust mingil aastal kirjeldab vörrand

$$X^{\tau} - AX^{\tau} - F_1(X^{\tau+1} - X^{\tau}) - F_2(X^{\tau+2} - X^{\tau+1}) - \dots - F_k(X^{\tau+k} - X^{\tau+k-1}) - (V^{\tau} - S^{\tau}) = Y^{\tau}$$

kus  $X^{\tau}, X^{\tau+1}$  — toodangu mahude vektorid aastal  $\tau, \tau+1$  jne.

$A$  — tehnoloogiliste kulunormide maatriks

$F_1, F_2 \dots F_k$  — investeerimistegevuse maatriksid, mis võimaldavad toodangu juurdekasvu varustada tootmis põhifondidega

$V^{\tau}$  — väljaveo vektor aastal  $\tau$

$S^{\tau}$  — sisseveo vektor aastal  $\tau$

$\tau$  — prognoosiaasta indeks

Tehnoloogiliste kulunormide maatriks  $A$  sisaldab ka tootmis põhifondide korrashoiu kulu. Seega ei nõua tootmis põhifondide remont ja jooksev asendamine täiendavaid investeeringuid.

Prognoosiperioodi esimestel aastatel saavutatakse toodangu suurenemine eelmistel aastatel investeeritud vahendite arvel. Arvestades neid vaid kogusummas, võib ületulevate investeeringute ( $G$ ) kitsenduse avaldada kujul

$$G \geq G_1(X^1 - X^0) + G_2(X^2 - X^1) + \dots + G_t(X^t - X^{t-1})$$

kus  $G_1, G_2 \dots G_t$  on vastavate aastate toodangu juurdekasvueelsete investeeringute vajaduse vektorid,  $X^0$  aga baasiaasta toodangu vektor. Ületulevate investeeringute põhiosa kasutatakse ära perioodi esimestel aastatel. Mingist aastast alates koosneb vektor  $G$  ainult nullidest.<sup>1</sup>

Prognoosiperioodi viimaste aastate toodangust tuleb osa investeerida tootmise laiendamiseks järgnevatel aastail. Need investeeringud määratakse kindlaks normaalsest üleminevate kapitaalvahetuste varust lähtudes ja lisatakse nende aastate lõpptarbimisele.

Esitatud vörranditele tuleb lisada kitsendused igal aastal rakendatava tööjõu ja loodava puhastoodangu kohta.

Diskonteerimisel esinevatest põhimõttelistest raskustest on võimalik üle saada sel teel, et perioodi iga aasta kohta antakse ette puhastoodangu tasemed. Pika perioodi puhul tuleks muuta ka tehnoloogiliste kulunormide maatriksit ( $A$ ) ja töömahukuse vektorit ( $T$ ).

Pärast eeltoodud vörrandite teisendamist avaldub kaubavahetuse optimeerimise dünaamiline ülesanne järgmisel kujul:

<sup>1</sup> Toodangu juurdekasvude fondimahukus vördub perioodi kestel tehtavate ja perioodielsete investeeringute summaga.

$$\max_{\tau=1}^t C^{\tau} X^{\tau} \quad \tau = 1 \dots t$$

tingimused, kui

$$(1) (E - A + F_1)X^{\tau} + \sum_h (F_{h+1} - F_h)X_{\tau+h} - (V^{\tau} - S^{\tau}) = Y^{\tau} + K^{\tau},$$

$$k = 1 \dots t - \tau,$$

$$F_1 = \Theta, \text{ kui } \tau = t$$

$$(2) \sum_{\tau=1}^t (G_{\tau} - G_{\tau+1})X^{\tau} \leq \bar{G} + G_1 X^0$$

$$(6) s_n^{\tau} \leq \bar{s}_n^{\tau}$$

$$(3) TX^{\tau} \leq \bar{T}^{\tau}$$

$$(7) v_n^{\tau} \geq \bar{v}_n^{\tau}$$

$$(4) HX^{\tau} \geq \bar{H}^{\tau}$$

$$(8) \sum_n v_n^{\tau} - \sum_n s_n^{\tau} \geq M^{\tau}$$

$$(5) x_n^{\tau} \leq \bar{x}_n^{\tau}$$

kus $X^{\tau}$	— toodangu mahtude vektor aastal $\tau$
$\tau$	— prognoosiaasta indeks
$t$	— prognoosiperioodi pikkus aastates
$n$	— konkureerivate kaubagruppide ja tootmisharude indeks,
$C^{\tau}$	— sihifunktsiooni kordajate vektor aastal $\tau$
$E$	— ühikmaatriks
$A = \ a_{m, n}\ $	— tehnoloogiliste kulunormide maatriks
$F_1 \dots F_{k+1}$	— 1...k+1 aasta pärast käikuminevate tootmisvõimsuste 1 rbl. kohta tehtud investeeringute suurus ja struktuur
$k$	— indeks, mis näitab, mitme aasta pärast hakkab investeeritu arvel toodangut saama
$V^{\tau} = (v_1^{\tau}, v_2^{\tau} \dots v_n^{\tau})'$	— väljaveo mahtude vektor aastal $\tau$
$S^{\tau} = (s_1^{\tau}, s_2^{\tau} \dots s_n^{\tau})'$	— sisseveo mahtude vektor aastal $\tau$
$\Theta = \ 0\ $	— nullmaatriks
$K^{\tau} = (k_1^{\tau}, k_2^{\tau} \dots k_n^{\tau})'$	— aastal $\tau$ tehtavad investeeringud, mille arvel hakatakse saada toodangut pärast perioodi lõppu
$Y^{\tau} = (y_1^{\tau}, y_2^{\tau} \dots y_n^{\tau})'$	— vabariigi lõpptarbimine (isiklik ja ühiskondlik) aastal $\tau$
$G^{\tau} = (g_1^{\tau}, g_2^{\tau} \dots g_n^{\tau})'$	— perioodielsete investeeringute kulu toodangu juurdekasvu 1 rbl. kohta aastal $\tau$
$\bar{G}$	— perioodielsete ületulevate investeeringute suurus
$T = \ t_{s, n}\ $	— ressursside kulunormide maatriks
$\bar{T}^{\tau} = (t_1^{\tau}, t_2^{\tau} \dots t_s^{\tau})'$	— ressursside limiit aastaks $\tau$
$H = \ h_{t, n}\ $	— rahvatulu ja tema elementide kulunormide maatriks
$\bar{H}^{\tau} = (\bar{h}_1^{\tau}, \bar{h}_2^{\tau} \dots \bar{h}_i^{\tau})'$	— rahvatulu ja tema elementide minimaalne lubatud tase aastal $\tau$
$\bar{x}_n^{\tau}$	— maksimaalne tootmismahut must n aastal $\tau$
$\bar{v}_n^{\tau}$	— minimaalne väljavedu kaubagrupis n aastal $\tau$
$\bar{s}_n^{\tau}$	— maksimaalne sissevedu kaubagrupis n aastal $\tau$
$M^{\tau}$	— maksimaalne mittekonkureeriv sissevedu aastal $\tau$

Ulesanne sellisel kujul on arvutamiseks tülikas. Tootmise ja kaubavahetuse mahtude kohta tehtud kitsendusi arvestamata kujuneb kitsenduste minimaalseks hulgakaks  $t(n+2)$ , kus  $t$  on prognoosiperioodi pikkus ja  $n$  kaupade arv. Tõenäoline tundmatute arv on  $2tn$  (kui kaupade arv kaubavahetuses on sama suur kui tootmises ja kaubavahetuses ei ole



sisse- ning väljaveo alternatiive). 5-aastase prognoosiperioodi korral ammendab tavaliste simpleksprogrammide võimalused juba 10 kaupa sisaldav ülesanne. Tootmise ja kaubavahetuse mahtude kohta fikseeritud kitsendusi tuleb seejuures anda ette valikuliselt, tüketatades ühel aastal üht, teisel aastal teist tundmatut nii, et väikese kitsenduste hulga saavutada tundmatute ühtlane kasv.

Sellisekujulises ülesandes sisaldub veel oht, et defitsiitseid ressursse hakatakse investeerimiseks looma tootmismahtude vähendamise teel (vabanevatest tootmisvõimsustest hakatakse «tootma» telliseid ja metalli investeerimiseks efektiivsematesse harudesse). Selle vältimiseks tuleb lisakitsendustega nõuda toodangu suurenemist. Ka on mõeldav ülesande ümberformuleerimine eesmärgil saada ainult juurdekasvu. See tagab automaatselt juurdekasvude positiivsuse.

Täpsustamist vajaks ka mittekonkureeriva sisseveo arvestamine mudelis. Esitatud kujul on tagatud küll saldo positiivsus, kuid ei selgu tema suurus ja mittekonkureeriva sisseveo maht. Tundmatute ja mõningal määral ka kitsenduste hulka on võimalik vähendada, muutes kitsendustes võrrandi (1) võrratuseks nii, et kaubavahetuse suurus igas kaubagrupid oleks etteantud kohustuse ja selle ületamist näitava vastava kitsenduse jäägi summa. Sel juhul tuleb ka vabariigivälised tingimused viia selle võrratuste grupiga etteantud kaubavahetuse kohustustesse; ära jäävad viimased kitsenduste grupid (6)—(8). Sel puhul on raskusi kaubavahetuse kitsenduste, näiteks minimaalse lõppsaldo etteandmisega, kuna kaubavahetus avaldub abitundmatute kaudu.

## Järeldused

Artiklis soovitatakse liiduvabariigi kaubavahetuse saldode prognoosimiseks kolme mudelit. Nende valik sõltub prognoosi eesmärgist (perioodi pikkus, vajalik detailsus) ja vajaliku informatsiooni olemasolust. Arvestada tuleb ka kasutatava arvutustehnika võimsust.

Analüüs näitas, et tulemused, mida saadi kaubavahetuse isoleeritud mudelit ja majanduse arendamise kompleksset mudelit kasutades, ei erinenud teineteisest suuresti. Erinevuste põhjuseks oli täiendavate, efektiivsete struktuurinihete võimalusi kaubavahetuses piiravate kitsenduste võtmine kompleksesse ülesandesse. Samal ajal suurendas nende kitsenduste arvestamine lahendi usaldusväärsust.

Kaubavahetuse kompleksse prognoosimise mudel on lähedane tavaliselt liiduvabariikide majanduse arengu prognoosimiseks kasutatavatele tootmise-tarbimise bilansi mudelitele. Erinevus seisneb vaid selles, et esimene neist sisaldab kaubavahetust kirjeldavad täiendavad tundmatud ja kitsendused, samal ajal aga käsitleb vabariigi majanduse arengut lihtsustatult. Ta ei arvesta näiteks vabariigi lõpptarbimise mahu ja struktuuri sõltuvust majanduse arengust ning elanikkonna tulude suurusel, tootmise tehnoloogiliste alternatiivide olemasolu, tööjõu kutsesalast struktuuri, võimalusi selle muutmiseks jne. Kui on olemas nõuetekohane arvutustehnika, on tõenäoliselt otstarbekas ühendada kaubavahetuse prognoosimine kogu vabariigi majanduse arengu prognoosimisega.

Kirjeldatud mudelite abil leitavate kaubavahetuse optimaalsete saldode alusel on lihtne prognoosida efektiivset sisse- ja väljavedu. Selleks tuleb kaubavahetuse saldole mingis kaubagrupid lisada selles kaubagrupid sortimendi laiendamiseks toimuva vahetuse maht. Vahetuse mahu prognoosimiseks võib kasutada mitmeid hüpoteese. Kuna aga vahetuse suurusel ei sõltu liiduvabariigi tootmisharulise spetsialiseerumise suunad, siis võib artikli alguses seatud ülesande lugeda lahendatuks, kui on prognoositud efektiivse kaubavahetuse saldod.

## KIRJANDUS

1. В. Изард, Методы регионального анализа. М., 1964.
2. Межотраслевой баланс производства и распределения продукции экономического района. М., 1964.
3. А. Г. Гранберг, Экономико-математическое исследование межреспубликанских межотраслевых связей. Экономика и математические методы, VIII, 1972, вып. 6, лк. 845—857.

4. Л. Тульп, Т. Раясалу, Комбинированный метод расчета показателей ввоза и вывоза. Плановый межотраслевой баланс союзной республики. М. 1968, 45—55.
5. L. Tulp, Eesti NSV majanduslike sidemete arenguprobleeme. Rmt.: Eesti NSV rahva-majanduse aktuaalseid probleeme. Tallinn, 1970, lk. 147—168.
6. Ю. Эннусте, Оптимальное развитие региональной экономики исходя из внешнего товарообмена. Изв. АН Эст. ССР, Общественные науки, XVIII, 1969, № 2, 143—152.
7. Г. Л. Шагалов, Г. З. Давидович, Линейные модели оптимизации внешнеторгового оборота (обзор). Экономика и математические методы, IV, 1968, № 3, lk. 356—369.
8. Л. Лаане-Куусик, Симплекс-программа. В сб.: Программы для ЭЦВМ «Минск-22». Таллин, 1969, вып. 8, lk. 4—55.

*Eesti NSV Teaduste Akadeemia  
Majanduse Instituut*

Toimetusse saabunud  
16. II 1973

Т. РАЯСАЛУ

### О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЭФФЕКТИВНОЙ СТРУКТУРЫ ТОВАРООБМЕНА СОЮЗНОЙ РЕСПУБЛИКИ

#### *Резюме*

В статье рассматриваются вопросы прогнозирования товарообмена союзной республики на основе принципов декомпозиционного планирования. Представлены три модели линейного программирования, которые могут быть использованы в зависимости от поставленной цели и наличия исходной информации. В принципе модели применимы и для прогнозирования товарообмена экономических районов.

*Институт экономики  
Академии наук Эстонской ССР*

Поступила в редакцию  
16/II 1973

T. RAJASALU

### ON FORECASTING THE EFFECTIVE STRUCTURE OF A SOVIET REPUBLIC'S EXTERNAL TRADE

#### *Summary*

The author discusses the forecasting of inter-republic trade, proceeding from principles of multi-level planning, which gives an opportunity to associate local and state interests. Three models which can be applied depending on the envisaged purposes and on the information available are described.

*Academy of Sciences of the Estonian SSR,  
Institute of Economics*

Received  
Feb. 16, 1973