Somogyi Sándor — Kisimre István

KÉTFOKOZATÚ SZÁLLÍTÁSI MODELL ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGE A CUKORRÉPA-SZÁLLÍTÁS MEGSZERVEZÉSÉBEN*

Bevezető

A gazdasági életben kiemelkedő helyet tölt be a szállítás (1). Erre felfigyeltek a közgazdaságtudományok klasszikusai már akkor, amikor még a munkamegosztás fejlettségi szintje viszonylag alacsony volt. A munkamegosztás fejlődésével a szállítás fontossága állandóan növekedett, épp ezért megszervezése mind több problémát vetett fel. A termelés és munkamegosztás mai szintje mellett a szállítás képezi a gazdasági élet vérkeringését.

Ez a megállapítás nagymértékben vonatkozik a mezőgazdaságra is, tekintettel arra, hogy az e téren befektetett munka 50—60%-a szállítási tevékenység (1). A mezőgazdasági szállítással nagyon sok kutató foglalkozott és foglalkozik, de mégsem tekinthető lezárt kutatási területnek. Az utóbbi évtizedekben a szállítási problémák elemzéséhez hozzájárult az operációkutatás is, de ugyanakkor bizonyítékot szolgáltatott ahhoz is, hogy a problémák egyszerűsítése alapján kapott eredmények csak „olyan válaszok a feltett kérdésekre, amelyektől ismerünk még gyengébbeket is" (4). Éppen ezért szükséges, hogy a matematikai módszereket tovább fejlesszük, amennyiben a gyakorlati problémák bonyolult összefüggéseinek vizsgálatára alkalmazva azokat, „jobb válaszokat" akarunk kapni.

E munka célja a cukorrépa-szállítás (és más hasonló jellegű szállítások) megszervezéséhez az általunk ismert matematikai módszereknél jobb megoldási módszer meghatározása.

* Az itt közölt tanulmány a szerzők előadásában hangzott el Budapesten, 1976 júliusában A matematikai módszerek és az elektronikus számítógépek alkalmazása a mezőgazdasági tervezésben címmel megtartott II. nemzetközi szemináriumon.

Szakirodalmi áttekintés

Hazánkban sok szakember foglalkozott a szállítási problémákkal és a matematikai módszerek alkalmazási lehetőségeivel, többek között: Martić (4, 5, 6, 7, 8), Dobrenić (2), Dunđerov (1), Mulić (9, 10, 11), Sorad (13, 14), Šomođi, Kišimre (12).

Az említett kutatók azonban nem foglalkoztak a kétfokozatú szállítási problémával. Dunđerov ugyan említést tesz a probléma létezéséről, de részletesebben nem dolgozza fel. Šomođi és Kišimre a háromfokozatú szállítási problémát ismerteti.

A hozzáférhető külföldi szakirodalomból megemlítjük Vargát (16), aki tankönyvében foglalkozik a kétfokozatú szállítási probléma modelljével, azzal, hogy az összes terméket a termelőktől a raktárakba szállítja, majd onnan a fogyasztókhoz, kizárva a termelőktől a fogyasztókig történő közvetlen szállítás lehetőségét.

A probléma megfogalmazása

A mérsékelt égövi belterjes mezőgazdaság egyik legfontosabb ipari növénye, a cukorrépa, még mindig rengeteg termelési problémát vet fel. Ezek közül is kiemelkedik a betakarítási munkálatok, különösen a szállítás megszervezése. Hogy mennyire fontos probléma ez, illusztrálja azt a következő adat: Vajdaság körülményei között a cukorrépa-termelésben a traktorok felhasznált munkaidejének 41,7—51,8%-át szállításra használják. (1).

A probléma azonban nem korlátozódik a répa szállításának jobb megszervezésére. Lényegében összhangba kell hozni a répaszedés optimális idejét (amit nagyban befolyásol a májusi, júniusi, júliusi, időjárástól és a szeptemberi csapadékmennyiségtől függő répahozam és cukortartalom /15/), a cukoripar répafeldolgozási idejét, valamint a hatalmas tömegű répa szállítását és tárolását a feldolgozásig.

Általában az optimális répaszedési időpont nem tartható be (optimális időpont alatt értjük azt a periódust, amikor legkedvezőbb a répahozam és cukortartalom közötti viszony, azaz legjobb a hektáronkénti cukorhozam). A répaszedést teljes egészében a cukorgyárak igényeitől függően ütemezik. Ami a szállítást illeti, Vajdaságban elhanyagolható szintre csökkent a répa szállítása átrakodással. A cukorrépát teherautókkal vagy vontatós pótkocsikkal szállítják a termőföldekről a gyárakba. Mivel a szállítóeszközök beérkezésének ütemezésére nem alkalmaznak hatékony módszert, minden beérkezett rakomány hosszú ideig várakozik.

Az átrakodásos szállítás, vontatókkal, teherautókkal a vasútállomásokig, kikötőkig, és onnan tovább tehervonatokkal, hajókkal a gyárakig (ami tehermentesítené a vontatókat, teherautókat, utakat), teljesen háttérbe szorult, annak ellenére, hogy Vajdaság vasút- és csatornahálózata viszonylag sűrű.

Felvetődik a kérdés, nem ésszerűbb-e úgy szervezni meg a répaszállítást, hogy a répának csak bizonyos hányada jusson el közvetlenül a gyárakba, a többi pedig vasútállomásokra, kikötőkbe, ahol esetleg tárolódhat is átmenetileg. Ez a gondolat azért is helyénvalónak látszik, mert, megfigyelésünk szerint, a répabetakarítás első időszakában a gyárak még nem kapnak elég nyersanyagot (a feldolgozás később is indul be, mint a szedés), azután egy időszakban a kiszedett répe több lesz, mint a gyárak befogadóképessége, és átmenetileg tárolásra szorul, míg az idény végén a tárolt répa is feldolgozásra kerül.

A szedés első időszakában a répának közvetlenül a gyárakba való szállítása látszik legésszerűbbnek (átrakodásos szállítás csak akkor jöhet számításba, ha olcsóbb mint a közvetlen).

A második szakaszban ezenkívül az átrakodóhelyekre szállítják, és ott tárolják is (különösen, ha a gyárak tárolókapacitása korlátozott). A szedés utolsó időszakában azután a közvetlen szállítás már nem elégíti ki a gyárak igényeit, és megkezdődik az átrakodóhelyeken tárolt répa elszállítása is.

Az ily módon történő szállítás megszervezéséhez mutatunk be a továbbiakban egy általános matematikai modellt és annak, az egyes szakaszoknak megfelelő, speciális változatait.

A probléma általános modellje

A cukorrépát a nagygazdaságokban nagy, sokszor többszáz hektáros táblákon termelik. Minden ilyen répatáblát egy-egy termelőhelynek vehetünk. Ha körzetekre osztjuk a magángazdaságok cukorrépa-parcelláit, az egyes körzeteket is mind termelőhelyeknek tekinthetjük. A termelőhelyekről a répát vagy közvetlenül a gyárakba szállítjuk, vagy az átrakodóhelyekre (vasútállomás, kikötő), ahonnan átrakva továbbszállítjuk, vagy ideiglenesen tároljuk.

Az említett fogalmak jelölésére a következő jeleket használjuk:

$A_1, A_2, \dots A_m$ a termelőhelyek
$B_1, B_2, \dots B_n$ az átrakodóhelyek
$C_1, C_2, \dots C_p$ a cukorgyárak
$a_1, a_2, \dots a_m$ a termelőhelyek kapacitása (súlyegység/időegység)
$b_1, b_2, \dots b_n$ az átrakodóhelyek áteresztő és tárolóképessége (se/ie)
$c_1, c_2, \dots c_p$ a gyárak szükséglete (súlyegység/időegység)

e_{ij} a szállítási költség i termelőhelyről j átrakodóhelyre
f_{ik} a szállítási költség i termelőhelyről k gyárba (közvetlenül)
g_{jk} a szállítási költség j átrakodóhelyről k gyárba
h_j az átrakodási költség j átrakodóhelyen
x_{ij} az i termelőhelyről a j átrakodóhelyre szállított mennyiség
I_{ik} az i termelőhelyről a k gyárba közvetlenül szállított mennyiség
Z_{jk} a j átrakodóhelyről k gyárba szállított mennyiség
s_j a j átrakodóhely kihasználatlanul maradt kapacitása,
ahol i = 1,2,. . .m, j = 1,2,. . .n, k = 1,2,. . .p.

A szállítási költséget pénzegység/súlyegységben fejezzük ki, a szállított mennyiséget pedig súlyegységben.

Célunk az, hogy a szállítási költségeket minimalizáljuk, adott feltételek mellett. Ezt a következő kétfokozatú szállítási modellel írhatjuk fel:

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} e_{ij}x_{ij}+\sum_{i=1}^{m}\sum_{k=1}^{p} f_{ik}y_{ik}+\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{p}(g_{jk}+h_j)Z_{jk}\rightarrow min \tag{1}$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij}+\sum_{k=1}^{p} y_{ik}=a_i \qquad i=1,2,\ldots,m \tag{2}$$

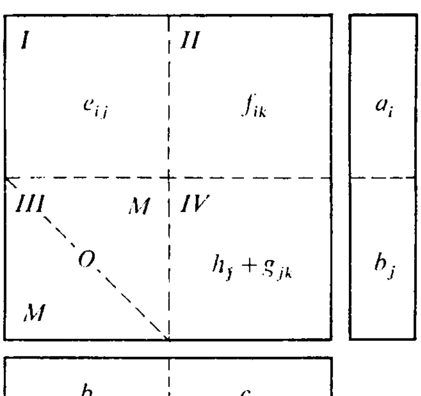
$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij}+s_j=b_j \qquad j=1,2,\ldots,n \tag{3}$$

$$\sum_{k=1}^{p} Z_{jk}+s_j=b_j \qquad j=1,2,\ldots,n \tag{4}$$

$$\sum_{i=1}^{m} y_{ik}+\sum_{j=1}^{n} Z_{jk}=C_k \qquad k=1,2,\ldots,p \tag{5}$$

$$x_{ij},\ y_{ik},\ Z_{jk},\ s_j \geqslant O. \tag{6}$$

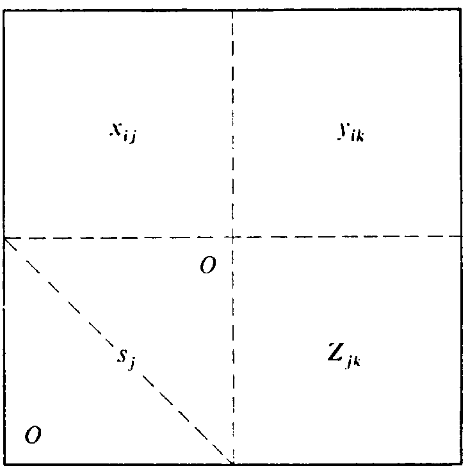
Megoldásához a következő költségmátrixot és feltételvektorokat használjuk:



Mint látható, az egyes almátrixok tartalma a következő:

I — szállítási költségek a termelőhelyektől az átrakodóhelyekig
II — szállítási költségek a termelőhelyektől a gyárakig
III — az átlón nullák, másutt végtelen nagy számok (M), az átrakodóhelyek közötti szállítás kizárására
IV — átrakodási költségek az átrakodóhelyeken és a szállítási költségek a gyárakig.

A problémát a szállítási feladatokat megoldó módszerek valamelyikével oldjuk meg (igen alkalmas rá a módosított magyar módszer (3)). Megoldásként egy mártixot kapunk, amelyről leolvasható a szállítás optimális megszervezése:



A cukorrépa-betakarítás speciális modelljei

A cukorrépa betakarítását, mint már említettük, időben három fő szakaszra bonthatjuk fel. Ezeket az időszakokat most külön-külön vizsgáljuk, a matematikai modell szemszögéből nézve.

1. szakasz: a répaszedés kezdete.

Erre a szakaszra jellemző, hogy a kiszedett répa mennyisége még nem elégíti ki a gyárak szükségleteit. A szállítás már elkezdődik, de a gyárakban még nem indul meg a feldolgozás.

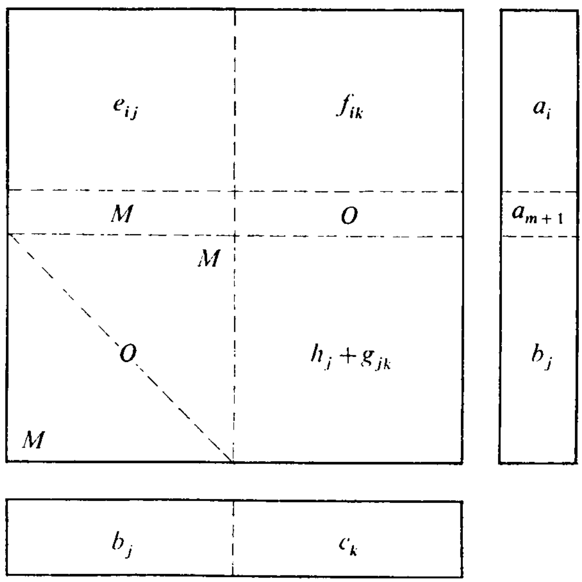
Matematikailag ez azt jelenti, hogy az általános modellben

$$\sum_{i=1}^{m} a_i < \sum_{k=1}^{p} c_k$$

a költség mátrixhoz hozzáírunk egy új sort (az M+1-et), amelynek segítségével a megoldás-mátrix M+1-edik sorából megtudjuk, hogy melyik gyár mennyivel kevesebb répát kap az igényeltnél. Ebből kiszámítható, hogy az egyes gyárak mikor kezdhetik el a termelést.

Ez a szakasz el is hanyagolható, mert alig pár napig tart.

Az első szakasz költségmátrixa és feltétel-vektorai a következők:



ahol

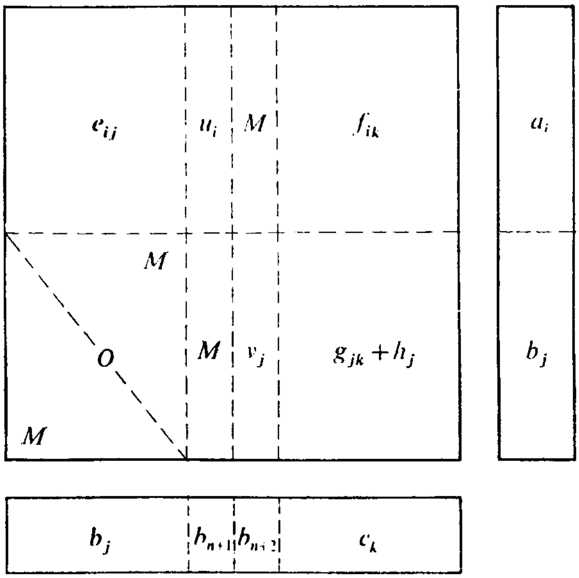
$$a_{m+1} = \sum_{k=1}^{p} c_k - \sum_{i=1}^{m} a_i$$

2. szakasz: a répaszedés főidénye.

Jellemző, hogy több répa kerül kiszedésre, mint amennyit a gyárak feldolgoznak. A répa egy része a termelőhelyeken maradhat (összesen b_{n+1}), a többi pedig az átrakodóhelyeken tárolódik (összesen b_{n+2};

$b_{n+2} = \sum_{i=1}^{m} a_i - \sum_{k=1}^{p} c_k - b_{n+1}$).

A megoldáshoz használt indulótáblázat



Itt u_i a tárolási költség az I-edik termelőhelyen, v_j pedig a j-edik átrakodóhelyen. A feladat célfüggvénye (1) bővül a

$\sum_{i=1}^{m} u_i t_i + \sum_{j=1}^{n} v_j w_j$ összeggel, a feltételek pedig a

$$\sum_{i=1}^{m} t_i = b_{n+1}$$

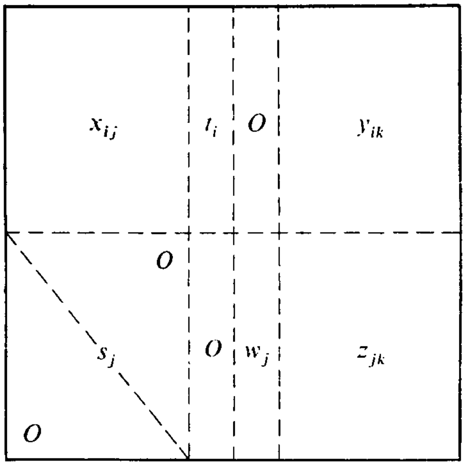
$$\sum_{j=1}^{n} w_j = b_{n+2}$$

kifejezésekkel. Az általános modellben lévő (2) és (4) egyenletek új alakja:

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} + t_i + \sum_{k=1}^{p} y_{ik} = a_i \qquad i=1,2,\ldots,m \tag{2'}$$

$$\sum_{k=1}^{p} z_{jk} + w_j + s_j = b_k \qquad j=1,2,\ldots,n \tag{4'}$$

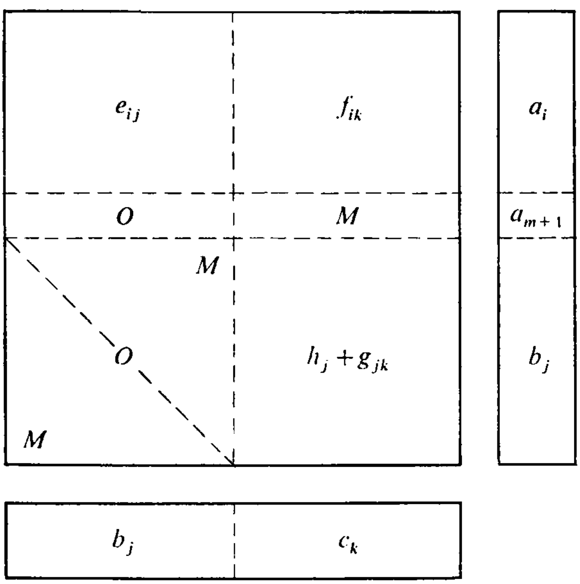
ahol t_i az i-edik termelőhelyen maradt répamennyiség, w_j pedig a j-edik tárolóhelyen tárolté. A feladat megoldás-mátrixa:



3. szakasz: a szedés vége.

Jellemzi, hogy a termelőhelyeken már kevesebb répa van, mint amenynyit a gyárak igényelnek, de a hiányt az átrakodóhelyeken tárolt mennyiségekből pótoljuk.

Az indulótáblázat a következő:



ahol

$$a_{m+1} = \sum_{k=1}^{p} c_k - \sum_{i=1}^{m} a_i$$

A megoldás-mártixban az M+1-edik sor elemei mutatják, hogy melyik átrakodóhelyről mennyit szállítunk a gyárakba az ott tárolt répából.

Záradék

1. Az olyan kétfokozatú szállítási probléma is megoldható matematikailag, ahol nincs kizárva az $A_i - C$ relációkon történő szállítás.

2. Az általános modell sor- és oszlop-vektorokkal bővíthető, különleges követelmények beépítésével. Ezek segítségével megközelíthetők a répaszedés egyes időszakai által igényelt különleges feltételek.

3. A speciális esetek felvetéséből következik, hogy a répaszedés időtartama alatt a modellek többszöri időszerűsítést kívánnak, a szállítás optimális átszervezésének megközelítése érdekében.

4. A modell viszonylag egyszerűen meghatározható adatokat alkalmaz, amelyek nem kívánják a külön információrendszer kiépítését.

5. Munkánk következő fázisának tekintjük a modell gyakorlati ellenőrzését és továbbfejlesztését.

Szakirodalom

1. Dunđerov Milan: Primjena linearnog programiranja kod organizacije transporta u poljoprivrednom preduzeću (disertacija), Zagreb, 1975.
2. Dobrenić S.: Linearno programiranje u privrednoj organizaciji, Informator, Zagreb, 1966.
3. Kišimre Ištvan: Mađarska metoda u programiranju, magistarski rad, Beograd, 1974.
4. Dr Ljubomir Martić: Matematičke metode za ekonomske analize, II, Narodne novine, Zagreb, 1972.
5. Dr Ljubomir Martić: Problem trgovačkog putnika i neke industrijske primene, Ekonomist, 1967. 3. szám.
6. Dr Ljubomir Martić: Programiranje sa razlomljeno-linearnim funkcionalima, Ekonomska analiza, 1968. 3—4 szám.
7. Dr Ljubomir Martić: Optimalizacija koeficijenta ekonomičnosti kao problem razlomljeno linearnog programiranja, III posvetovanje o uporabi metod operacijskega raziskovanja v delovnih organizacijah v Jugoslaviji, Bled, 1970.
8. Dr Ljubomir Martić: Problem asignacije u razloaljeno linearnom programiranju, IV posvetovanje o uporabi metod operacijskega raziskovanja v delovnih organizacijah v Jugoslaviji, Bled, 1971.
9. Dr Mulić J: Primjena simpleks metode pri rešavanju transportnog problema, Informator, XIX évf. (1971.) 1835. szám.

10. Dr Mulić J: Neke mogućnosti primjene simpleks metoda i transportnog modela u ratarskoj proizvodnji, Glasnik poljoprivredne proizvodnje, prerade i plasmana, XXIII évf. (1974.) 12. szám.
11. Dr Mulić J: Korišćenje transportnog modela za iznalaženje optimalnih planova OOUR agroindustrijskih kombinata sa dislociranim kapacitetima u sferi primerne proizvodnje i potrošnje sirovina, SYM — OP-IS, 1975. Herceg Novi.
12. Mr Šomođi Šandor, Mr Kišimre Ištvan: Prilog proučavanja problema transporta, Anali Ekonomskog fakulteta, Subotica, 1976.
13. Sorad mr Đorđe: Matematski metodi za planere i analitičare, Zavod za ekonomske ekspertize, Beograd.
14. Sorad mr Đorđe: Optimalno odlučivanje (Zbirka slučajeva), Ekonomski fakultet, Subotica, 1973.
15. Dr Vukov Konstantin: Az időjárás hatása a répatermésre és cukortartalmára, Cukoripar, XXIII. évf. (1970.) 6. szám.
16. Dr. Varga József: Gyakorlati programozás, Tankönyvkiadó, Budapest, 1969.

Rezime

Mogućnosti primene dvostepenog transportnog modela u organizaciji prevoza šećerne repe

Ovaj rad je prezentiran pod naslovom: „Vozmožnost primenenija modeli dvustupenčatoi transportirovki pri organizacii perevozki saharnoi svekli" na „Drugom međunarodnom seminaru o primeni matematičkih metoda i elektronskog računara u poljoprivrednom planiranju", koji je održan u Budimpešti u julu 1976. godine.

U radu se uvodi novi matematički model za optimiranje transporta i prikazuje se mogućnost primene na organizaciju prevoza šećerne repe.

Transportna aktivnost igra značajnu ulogu u privrednom životu, a posebno u poljoprivredi s obzirom da je učešće transporta u poljoprivrednim radovima 50—60%. U proizvodnji šećerne repe kampanja ubiranja šećerne repe ide zajedno sa posebno velikom transportnom aktivnošću. Organizacija transporta šećerne repe se uglavnom karakteriše direktnim prevozom sa njiva u fabrike a zanemaren je transport repe sa pretovarom na železničkim stanicama ili lukama i prevoz železnicom ili šlepovima. Postavlja se pitanje da li je najracionalnija takva organizacija transporta šećerne repe ili bi trebalo kombinovati direktni transport do fabrike i transport sa pretovarom?

Rad daje metodu za optimalizaciju takvog načina transporta repe kada se delom vrši direktan prenos sa njiva u fabrike, a delom prevoz sa pretovarom (sa njiva na stanice ili u luke, a dalje pretovarom odmah ili kasnije u fabrike).

Dat je matematički model opšteg problema i triju specijalnih problema pojedinih faza ubiranja šećerne repe. Te tri faze su: početak ubiranja kada su potrebe fabrika veće od raspoloživih količina povađene repe; glavna sezona, kada se više repe vadi dnevno nego što fabrike mogu prihvatiti i kraj sezone vađenja šećerne repe, kada se dnevno vadi manje repe od potrebe šećerana, ali se razlika može obezbediti sa pretovarnih mesta. Kod svih tih faza dat je matematički model, opisan je način rešavanja problema i način tumačenja rezultata.

Zusammenfassung

Möglichkeiten der Verwendung eines zweistufigen Transportmodells bei der Organisation der Beförderung von Zuckerrüben

Diese Arbeit wurde unter dem Titel „Vozmožnost primenenija modeli dvustupenčatoi transportirovki pri organizacii perevozki saharnoi svekli" auf dem „Zweiten internationalen Seminar über die Verwendung von mathematischen Methoden und elektronischen Rechnern in Landwirtschaftsplanung" präsentiert, das im Juli 1976 in Budapest stattfand.

In der Arbeit wird ein neues mathematisches Modell für die Optimierung des Transports eingeführt und dessen Verwendungsmöglichkeit bei der Organisation der Beförderung von Zuckerrüben gezeigt.

Die Transporttätagkeit spielt eine bedeutende Rolle im Wirtschaftsleben und besonders in der Landwirtschaft in Anbetracht dessen, dass der Anteil des Transports an landwirtschaftlichen Arbeiten 50—60% beträgt. Bei der Produktion von Zuckerrüben hängt das Kampagne von Zuckerrüben insbesonders mit grosser Transporttätigkeit zusammen. Die Organisation des Transports von Zuckerrüben ist hauptsächlich durch direkte Beförderung von den Äckern in die Fabriken gekennzeichnet, während der Transport der Rüben von der Umladungsstation zu Bahnhöfen oder Häfen vernachlässigt ist, sowie die Beförderung mit Eisenbahn oder Schleppkahn. So wird die Frage gestellt, ob solche Organisation des Transports von Zuckerrüben die vernünftigste sei oder ob direkter Transport bis zur Fabrik und der Transport von der Umladungsstation kombiniert werden sollten.

Die Arbeit gibt eine Methode für die Optimalisation solcher Art Transport der Rüben, wenn direkte Übertragung von den Äckern in die Fabriken teilweise verwendet wird, und teilweise die Beförderung von der Umladungsstation (von Äckern zu Bahnhöfen oder Häfen, und weiter mit der Umladung sofort oder später in die Fabriken).

Ein mathematisches Modell des allgemeine Problems und dreier speziellen Probleme einzelner Phasen der Ernte von Zuckerruben wird angegeben. Diese drei Phasen sind folgende: der Anfang der Ernte, wenn Fabriken grösser als die verfügbare Menge der herausgezogenen Rüben notwendig sind; die Hauptsaison, wenn mehr Rüben täglich geerntet werden als die Fabriken annehmen können, und die am Ende der Saison herausgenommenen Zuckerrüben, wenn weniger Rüben täglich geerntet werden als der Bedarf der Zuckerfabriken, aber der Unterschied kann von Umladungsstationen besorgt werden. Bei allen diesen Phasen ist das mathematische Modell angegeben, die Art der Lösung des Problems ist beschrieben, sowie die Art der Deutung der Resultate.