

## A hálós programozási módszer egy mezőgazdasági alkalmazása

Tanulmányunk célja — a legkedvezőbb vállalati géppark és géphasználat hálós programmal történő meghatározásának a bemutatása. A hálós tervezés módszereinek gyakorlati alkalmazásában mind a tőkés, mind a szocialista országokhoz képest viszonylag kevés eredményt értünk el. A hazai gyakorlatban elsősorban az építőiparban és az ipar egyes területein számolhatunk be jelentősebb előrehaladásról. A szakirodalom is jórészt ezeket a területeket öleli fel. A mezőgazdasági alkalmazásnál még nagyobb a lemaradás. Eddig csak a kezdeti lépéseket tették meg, kevés gyakorlati eredménnyel.

### A géppark és géphasználat tervezésének problémái

A mezőgazdasági termelés műszaki és technológiai fejlődése eredményeképp a gépesítés döntési problémái a vállalati gazdálkodásban igen bonyolultakká váltak. Egymás után alakulnak ki az ágazati géprendszerek, az állattenyésztés néhány ágában az iparszerű tartási módok általánossá válnak. Az ágazati géprendszerek kialakulásával együtt fóképp a szántóföldi növénytermesztésben az ágazati géprendszerek egymással is bonyolult kölcsönhatásban állnak. A traktorpark, a szállító kapacitás, sőt számos esetben a betakarítás géprendszere is több ágazatban felhasználható. Ennek megfelelően módosult a vállalati gépparkkal szembeni igény is.

Az olyan géppark kialakítására kell törekedni, amely egyrészt biztosítja az összes munkák — tehát nem az egyes műveletek — minimális költséggel való elvégzését, másrészt lehetővé teszi valamennyi munka biológiailag és agrotechnikailag optimális időben való elvégzését is. Ez a kettős követelmény számos problémát vet fel.

*Az elvégzendő munka* a termelési szerkezet és az alkalmazott technológiáknak a függvénye. Az igen szoros kapcsolat a termelési szerkezet, a géppark és a technológiák együttes optimalizálását követeli meg.

A mezőgazdaságban a munkák *időben való elvégzésének* a fontossága közismert. A probléma inkább az időintervallumok meghatározásánál jelentkezik. Tudományos kísérletek során sikerült számos művelet elvégzésének optimális időszakát nagy pontossággal meghatározni, (pl. vetési időszakok) míg más műveleteknél a gazdaság korábbi tapasztalataira lehet támaszkodni. A gép-szükséglet időszakos nagysága ugyanis adott műveletek és technológia mellett jórészt az egyes műveletek elvégzésére alkalmas időszakok hosszának a függvénye.

A *költségek* értelmezése is számos problémát vet fel. Vállalati alkalmazásoknál az állami támogatástól eltekintve a költségeket két csoportra oszthatók: a változó és az állandó költségekre. A változó költségek elvileg pontosan meghatározhatók, míg az állandó költségek az amortizáció nagyságán keresztül egy összegben jelennek meg, függetlenül az igénybevétel intenzitásától. Ennek megfelelően az a géppark, illetve technológia tekinthető optimálisnak, amely az előbbi feltételek mellett összességében a legkisebb költségfelhasználást igényli. Ennek meghatározása azonban bonyolult feladatot jelent.

## A géppark nagyságának és az igénybevétel meghatározásának módszerei

Ha a termelési szerkezet és, ebből adódóan, az elvégzendő munkák adottak, továbbá előzetesen döntésre jutottunk ezen munkafolyamatok elvégzési módjában is, akkor a géppark nagysága hagyományos módszerekkel is meghatározható. Az egyes időszakok igényei és a gépek teljesítménye alapján egyszerű osztással kapjuk a szükséges gépigényt. Ezt a számítást a mezőgazdasági vállalatok néhány időszakra a kampánytervek során el is végzik. Bár a korábbi termelési tapasztalatok alapján a csúcsidezőszakok ideje a fontosabb erőforrásokra vonatkozóan megállapítható, de mértékének a megállapításához a munkák elvégzési módjában előzetesen döntésre kell jutnunk. Ugyanakkor közismert, hogy egy műveletet nagyon sok erőforrástípussal végezhetünk. A vállalati tartalékok — a gépesítés vonatkozásában — éppen ebben rejlenek, minden műveletet úgy végezzünk, hogy az összköltségek minimálisak legyenek, és ez nem feltétlenül a legkisebb műveleti költséget jelenti. A drágább gépek műveleti költségei általában alacsonyabbak, ugyanakkor magasabbak az amortizációs költségek. Ezek egybevetése hagyományos módszerekkel a sokoldalú összefüggések miatt szinte megoldhatatlan.

A bonyolult kapcsolatrendszer és az előbbieken felvetett problémák a hagyományostól eltérő módszerek alkalmazását igénylik. A gyakorlati problémák megoldására napjainkig leginkább a lineáris programozás különféle változatait alkalmazták. Az immár klasszikusnak számító lineáris modellek továbbfejlesztéséről szinte napról-napra olvashatunk a különféle szaklapokban. A vállalati géppark és a géphasználat tervezése szintén megoldható lineáris programozással, ami lényegében a termelési szerkezet, a géppark és a technológiák együttes optimalizálását jelenti. [2] Az e tanulmányban kifejtett módszer széleskörű alkalmazásának az igen nagyszámú változó és korlátozó feltétel okozta számítástechnikai és modellszerkesztési problémák miatt napjainkban nincsenek meg a feltételei. A technológia és géppark optimalizálására konstruált modell is 1238 változót és 972 korlátozó feltételt tartalmaz. [1] Ezért azon vállalatokban, amelyekben a termelési szerkezet kialakultnak mondható, elégséges csak a technológia és az erőforrások együttes optimalizálását elvégezni. A magas műszaki színvonalon gazdálkodó mezőgazdasági vállalatok nagyrésze — főképp az állami gazdaságok — a természeti és üzemi adottságok, a sokévi tapasztalat és termelési hagyományok alapján már kialakította legkedvezőbb termelési struktúráját. E gazdaságokban a tartalékok inkább a technológia és az erőforrások optimalizálásában kereshetők. Ez a későbbiekben részletesen ismertetett *hálós modellel is megoldható*. A feladat jellegének megfelelően a fő súlyt a hálós költségtervezési és erőforrásallokáló eljárások vizsgálatára helyeztük. A meglévő számítógépi algoritmusokat is figyelembe véve arra a megállá-

pítésra jutottunk, hogy a meglévő algoritmusok közül eredeti formájában egyik sem alkalmazható. Ennek magyarázatát a mezőgazdasági termelés sajátosságaiban kell keresnünk, mert:

- a) a munkák végzésére alkalmas időszakok erősen kötöttek,
- b) egy-egy munkaműveletet az előírt technológiai és biológiai követelményeknek eleget téve is több erőforrás típussal végezhetünk, amelyek teljesítményei eltérőek.

Ezen sajátosságokból következően a tevékenységekhez sem CPM, sem PERT módszerrel nem tudunk időértékeket rendelni, — ehhez a technológiában előzetes döntésre kellene jutni —, csupán időszakokat lehet megadni, amelyekben a kijelölt munkákat feltétlenül el kell végezni.

Az erőforrások allokálására képes, nemzetközileg is ismert egyik magyar módszer az ERALL eljárás. Az ERALL módszer az erőforrások átcsoportosítási lehetőségeit figyelembevéve a tevékenységek olyan időbeli ütemezését biztosítja — az egyes tevékenységekre előírt különleges kikötések betartásával —, amely mellett az egész feladat megvalósításának ideje minimális lesz. Ilyen értelmű ütemezésre — az operatív tervek kivételével — a mezőgazdaságban csak igen korlátozottan van lehetőség.

A *kérdésfeltevés tehát fordított*. Nem az egyes tevékenységek — műveletek — legkedvezőbb kezdési és befejezési idejét keressük, mert a mezőgazdaságban ez adott, hanem a munkák adott időintervallumban történő elvégzéséhez a számításba jöhető erőforrások közül a legkedvezőbb típus kiválasztása és nagyságának a meghatározása a feladat, eleget téve a korábbiakban elmondott feltételeknek.

A feladat megoldására kialakított módszer matematikai leírása előtt röviden összefoglaljuk a számítások során nyerhető fontosabb eredményeket.

### A módszer gyakorlati alkalmazásának feltételei és lehetőségei

A számítások elvégzéséhez, mint a módszer matematikai leírásánál majd kitűnik, viszonylag kevés adat szükséges. Ezen adatok a vállalati gazdálkodás feltételeiből adódóan rendelkezésre állnak, az adatok tartalmi problémáiról a korábbiakban már szóltunk. A módszer alkalmazásával *egy adott termelési szerkezethez* kapcsolódó munkafolyamatoknak és műveleteknek elvégzéséhez időszakonként szükséges gépparkot és géphasználatot határozhatunk meg. A *módszer alkalmazásának feltétele, hogy a termelési szerkezetet már előzetesen el kell dönten*i.

A konkrét számítások során több változatot is készíthetünk. A *változatok első csoportját* azok a számítások képezhetik, ahol a vállalat meglévő gépparkját figyelembe vesszük és azt keressük, hogy az adott gépparkot mely gépekkel kell kiegészíteni, hogy minden munkát időben el tudjunk végezni. Egyúttal választ kaphatunk arra a kérdésre is, hogy a meglévő, illetve vásárolandó gépparkot hogyan osszuk el az egyes tevékenységekre (műveletekre), hogy a költségfelhasználás minimális legyen.

A *változatok második csoportjában* a számítások során eltekinthetünk a meglévő gépparktól. A magas gépárak és a viszonylag alacsony amortizációs kulcsok miatt ezt csak akkor tehetjük, ha a meglévő géppark elhasználódásának megfelelő időhorizontot választunk.

A *számításokkal* így lényegében a géppark alakítására *irányvonalat adhatunk a vállalati vezetés számára*. Új géptípusok megjelenése esetén természetesen ezeket is be kell építeni a modellbe és így esetleg az előző számításoktól eltérő eredményeket kaphatunk. Ezt annál is inkább célszerű elvégezni, mert a számítási költségek nagyon alacsonyak.

Az egyes időszakok gépszükségletét a feladatok elvégzéséhez szükséges kapacitások összegezéséből kapjuk. Az operatív szervezés és főképp a költségfelhasználás szemszögéből nem kevésbé fontos a gépnagyságok mellett az egyes műveletek gépigényének meghatározása. A számítási eredményekből pontosan leolvashatjuk, hogy az egyes *tevékenységek* (munkafeladatok) *időben való elvégzéséhez milyen géptípusok milyen összetételben és nagyságban szükségesek* (géphasználatuk programja).

A módszert egy állami gazdaság legkedvezőbb gépparkjának és optimális géphasználatának a meghatározására a gyakorlatban is kipróbáltuk. Mivel a módszer heurisztikus, hatékonyságának és a használhatóságának a kritériuma csak a gyakorlat lehet. Az állami gazdaságra vonatkozó számítási eredmények lényegében egybeesnek az általános tendenciákkal. Ezek az irányzatok ismeretek. [4] A változás pontos mértékét azonban konkrét számításokkal kell meghatározni, ami a vállalati adottságok, az elvégzendő műveletek volumene és a számításba jöhető technológiai variánsok függvénye. A fontosabb géptípusokra vonatkozó számítási eredményeket a melléklet tartalmazza.

A géppark vezérgépét a közép *univerzál traktorok* adják, amelyekből jelentős többletigény jelentkezik. Kihasználtságuk jó, évi átlagban 55–60%-ra tehető. A *könnyű traktorok* száma a meglévő szinthez viszonyítva nem változott, de igénybevétele csak két időszakban célszerű, amikor az előbbi típusnak csúcs-időszakai vannak. A vállalat jelenlegi 6 db *línctalpas traktorja* nem került be a géphasználat programjába. Ez azt jelenti, hogy a számítások mutatta géppark kialakulása után gazdaságosan semmilyen műveletre sem használhatók fel. Helyettük célszerűbb és gazdaságosabb a *középnéhez és a nehéz gumikerekű traktorok* használata. A *szállítópark* összetételét a meglévő helyzet határozza meg. Ha a meglévő gépparktól eltekintünk, akkor csak az IFA tehergépkocsik kerülnek a programba. Az így számított program egyébként a többi típusnál is jelentősen szelektált.

A számítások során *csak az erőgépeket vettük figyelembe*. Feltételeztük, hogy mindig annyi munkagépnek kell rendelkezésre állnia, hogy az erőgépek felhasználását ne akadályozzák. Kétségtelen, hogy ez a valóságos helyzet leegyszerűsítése. A további számításokban legalább a speciális és nagy értékű munkagépeket feltétlenül figyelembe kell venni.

### A feladat matematikai megfogalmazása és leírása

A számítógépi algoritmus elkészítése során az ún. költségtervezési algoritmusból indultunk ki, amelyet a megoldandó feladat sajátosságainak megfelelően több lépésben módosítottunk. A legtöbb problémát az amortizációs költségek programba vonása okozta, amitől a feladat jellegéből adódóan semmiképpen sem tekinthettünk el. Az amortizációs költségek számításbavételével, valamint az erőforrásallokáló eljárások számos elemét is felhasználva jutottunk el az alábbiakban leírt erőforráselosztó és költségminimalizáló programhoz, amely alkalmasnak bizonyult a kitűzött feladat megoldására.

A feladat leírása és a számításhoz szükséges adatok jelölése a következő:  
 Jelöljük a tevékenységek halmazát  $I$ -vel, az egyes tevékenységeit  $i$ -vel:  
 $I = \{i\}$  A tevékenységek elvégzéséhez számba jöhető erőforrások halmazát  
 jelöljük  $J$ -vel:  $J = \{j\}$  (A halmaz a meglévő és a vásárolandó erőforrásokat,  
 illetve géptípusokat tartalmazza).

Minden egyes  $j \in J$  erőforráshoz két számot rendelünk:

$e_j$  = az egységnyi  $j$  erőforrás évi értékcsökkenési leírása

$d_j$  = a  $j$  erőforrásból már meglévő mennyiség.

Minden egyes  $i \in I$  tevékenységhez hozzárendeljük a következő számokat:  
 $m_i$  = az elvégzendő munkamennyiség (ha, q, stb.)

$(k_i, b_i]$  intervallum ( $k_i$  a tevékenység kezdő időpontja,  $b_i$  a befejezési időpontja,  
 és  $k_i < b_i$ ) Előfordulnak csatlakozó intervallumok is. Ez indokolja, hogy  
 az intervallumokat félig nyílt intervallumokként kezeljük.

$J_i$  jelölje az  $i$  tevékenységhez rendelt erőforrások halmazát ( $J_i \subset J$ )

$c_{i,j}$  (minden  $j \in J_i$  erőforrásra) az  $i$  tevékenységhez rendelt  $j$  erőforrás felső  
 korlátja

$h_{i,j}$  (minden  $j \in J_i$  erőforrásra) az  $i$  tevékenységhez rendelt  $j$  erőforrás fel-  
 használásának időtartama (azt mutatja, hogy a szóbanforgó erőforrás  
 egy egysége, egy gép, hány órát dolgozhat a  $(k_i, b_i]$  intervallumban)

$q_{i,j}$  (minden  $j \in J_i$  erőforrásra) az  $i$  tevékenységhez rendelt  $j$  erőforrás telje-  
 sítménységének reciproka (azt jelenti, hogy a  $j$  erőforrás egy egységével  
 egységnyi munkamennyiséget mennyi idő alatt lehet elvégezni)

$f_{i,j}$  (minden  $j \in J_i$  erőforrásra) az  $i$  tevékenységhez rendelt  $j$  erőforrás fel-  
 használásának változó költsége (azt jelenti, hogy mennyibe kerül a  $j$   
 erőforrással egy egységnyi munkamennyiséget elvégezni).

A feladat az, hogy minden  $i \in I$  tevékenységhez meghatározzuk az  $x_{i,j}$   
 ( $j \in J_i$ ) gépszámokat úgy, hogy az  $m_i$  munkamennyiséget el lehessen végezni  
 és az összes költség minimális legyen, azaz:

1. feltétel

$$m_i \leq \sum_{j \in J_i} x_{i,j} \cdot \frac{h_{i,j}}{q_{i,j}}$$

2. feltétel

$$0 \leq x_{i,j} \leq c_{i,j} \text{ minden } j \in J_i\text{-re,}$$

Kikötjük, hogy az  $x_{i,j}$  csak egész szám lehet.

A minimalizálandó összköltség:

$$K = \sum_{i \in I} \left( \sum_{j \in J_i} x_{i,j} \cdot \frac{h_{i,j}}{q_{i,j}} \cdot f_{i,j} \right) + \sum_{j \in J} y_j \cdot e_j.$$

Az összefüggésben szereplő ismeretlen  $y_j$ -t a következőképpen határozhat-  
 juk meg:

Jelölje  $t_1$  és  $t_2$  a terv kezdő- és befejezőidőpontját

$$t_1 = \min_{i \in I} k_i, \quad t_2 = \max_{i \in I} b_i.$$

Jelölje  $I_t$  azoknak a tevékenységeknek a halmazát, amelyeken a  $t$  időpontban  
 „dolgoznak”:

$$I_t = \{i \mid i \in I \text{ és } k_i < t \leq b_i\}.$$

Az  $I_i$  segítségével felírható a  $j$  erőforrás  $T_j(t)$  terhelési diagramja:<sup>1</sup>

$$T(t) = \sum_{i \in I_i} x_{i,j}, \quad t_1 < t \leq t_2.$$

A  $j$  erőforrásból szükséges maximális gépszámot jelöljük  $y'_j$ -vel:

$$y'_j = \max \{T_j(t) \mid t \in [t_1, t_2]\}.$$

A keresett  $y_j$ -t a következő összefüggés adja:

$$y_j = \max \{0, y'_j - d_j\}.$$

Tehát  $y_j$  értéke 0, ha  $y'_j \leq d_j$  azaz a munkafeladat elvégzéséhez nem kell új  $j$ -típusú gépet beszerezni; ha  $y'_j > d_j$  akkor csak az új gépek értékcsökkenési leírását vesszük figyelembe. Ugyanis a már meglévő  $d_j$  számú gép amortizációs költsége az igénybevételtől függetlenül felmerül.

### Az algoritmus leírása

Az ismeretlen  $x_{i,j}$ -ket heurisztikus eljárással lépésről lépésre határozzuk meg. Az algoritmus lényegében abból áll, hogy egymásután sorra vesszük a tevékenységeket, és az adott szituációnak megfelelően a felhasználható erőforrások közül mindig azt rendeljük hozzá, amelyik a legkisebb költség-növekedést eredményezi.

Tegyük fel, hogy az  $i$  jelű tevékenységnél kétféle erőforrás ( $j$  és  $v$ ;  $j, v \in J_i$ ) közül kell egyet kiválasztanunk. Ha a  $j$  típusból egy gépet rendelünk a tevékenységhez a terv költsége  $\Delta K_{i,j}$  értékkel növekedik:

$$\Delta K_{i,j} = \frac{h_{i,j}}{q_{i,j}} \cdot f_{i,j} + \lambda_j \cdot e_j \cdot \Delta y_j.$$

Ezt a költség-növekedést két részre osztottuk: az egy gép által elvégzett munkamennyiség közvetlen költsége (műveleti költség) és a gép értékcsökkenési leírásának a tevékenységre eső része. A költség első része egyszerűen számolható, hiszen minden adat ismert. A második tagban a  $\lambda_j$  és  $y_j$  az ismeretlen. A  $y_j$  egyszerűen megadható. Ugyanis egy tevékenység ütemezésekor két eset lehetséges:

a) Abban az intervallumban, ahol a szóbanforgó  $i$  tevékenységet el kell végezni, rendelkezésre áll egy  $j$  típusú gép. Ekkor  $\Delta y_j = 0$ , nincs szükség új gép beszerzésére.

b) Ahhoz, hogy a tevékenységet a  $j$  erőforrással el lehessen végezni, egy új gépet kell beállítani, mert a tervhez már eddig hozzárendelt  $j$  típusú gépek mind dolgoznak a szóbanforgó intervallumban. Így  $\Delta y_j = 1$  ebben az esetben.

Nyilvánvaló, hogy a b) esetben az új gép értékcsökkenési leírása növeli a költségeket: Viszont ez az értékcsökkenési leírás nem terhelhető egyedül csak

<sup>1</sup> Ebből látható, hogy miért volt szükség a félig nyílt intervallumok használatára. Ugyanis előfordulhat, hogy két különböző tevékenységhez tartozó intervallum csatlakozik, azaz  $b_i = k_l$ , ahol  $i$  és  $l$  két különböző tevékenység. Tegyük fel, hogy  $x_{i,j} > 0$  és  $x_{l,j} > 0$ , akkor a  $t = b_i$  időpontban az  $x_{i,j}$  és  $x_{l,j}$  összegeződne, ami nyilvánvalóan nem engedhető meg.

erre a tevékenységre, mivel előfordulhat, hogy a most bevont új géppel a terv más intervallumaiban folyó tevékenységek is végezhetőek. Ezt a tényt veszi figyelembe a  $\lambda_j$  tényező ( $0 < \lambda_j \leq 1$ ).

A  $\Delta K_{i,j}$  költséget át kell még számítani egységnyi munkamennyiségre, hogy a különböző erőforrástípusokhoz tartozó többletköltségeket össze lehessen hasonlítani:

$$\Delta k_{i,j} = \Delta K_{i,j} \cdot \frac{q_{i,j}}{h_{i,j}} = f_{i,j} + \lambda_j \cdot e_j \cdot \Delta y_j \cdot \frac{q_{i,j}}{h_{i,j}}.$$

Hasonló módon kiszámítjuk a  $v$  erőforráshoz tartozó  $\Delta k_{i,v}$  egységköltséget, és ha pl.  $\Delta k_{i,j} < \Delta k_{i,v}$ , akkor  $x_{i,j}$  értékét növeljük egy egységgel, az  $x_{i,v}$  pedig változatlan marad.

Tegyük fel, hogy valamilyen módon meg tudjuk határozni a  $\lambda_j$  értékét (erről később még szó lesz), tehát a  $\Delta k_{i,j}$  kiszámítható. Ekkor a számítási eljárás vázolata a következő:

1. Kiválasztunk egy olyan  $i$  tevékenységet, amelyik nincsen ütemezve (tehát az eljárás még nem kezdte ütemezni vagy csak részben ütemezte).

2. Mindegyik olyan  $j \in J_i$  erőforrás típushoz, ahol  $c_{i,j} > x_{i,j}$ , kiszámítjuk a  $\Delta k_{i,j}$  értékét.

3. Kiválasztjuk a minimális  $\Delta k_{i,j}$ -hez tartozó  $j$ -t, ezt jelöljük  $j^*$ -vel.

4. Az  $x_{i,j^*}$ -t egy egységgel megnöveljük.

5. Ha van még olyan tevékenység, amelyik nincsen ütemezve, az 1. pontnál folytatódik az eljárás, egyébként vége a számításnak.

A  $\lambda_j$  tényezőt a következő módon számítjuk ki:

A tevékenységek  $I$  halmazát három diszjunkt részhalmazra osztjuk:

$$I = I^1 \cup I^2 \cup I^3, \text{ ahol}$$

$$I^1 = \{i \in I \mid x_{i,j} = 0 \text{ minden } j \in J_i\text{-re}\},$$

(ezeket a tevékenységeket még nem kezdte ütemezni az eljárás).

$$I^2 = \left\{ i \in I \mid 0 < \sum_{j \in J_i} x_{i,j} \cdot \frac{h_{i,j}}{q_{i,j}} < m_i \right\},$$

(az  $I^2$ -ben vannak tehát azok a tevékenységek, amelyeket már elkezdett ütemezni az eljárás — van olyan  $x_{i,j}$ , hogy  $x_{i,j} \neq 0$  valamelyik  $j \in J_i$ -re — de még nincs teljesen ütemezve a tevékenység).

$$I^3 = I - (I^1 \cup I^2),$$

(az  $I^3$ -ba az ütemezett tevékenységek tartoznak — azaz amelyekhez tartozó  $x_{i,j}$ -k kielégítik az 1. feltételt).

Legyen  $t \in [t_1, t_2]$ . A  $t$  minden rögzített értékéhez tartozik egy  $I_t^1$  és  $I_t^2$  tevékenység-halmaz:

$$I_t^1 = \{i \in I^1 \cup I^2 \mid k_i < t \leq b_i\},$$

(azaz a még nem ütemezett tevékenységek közül azok tartoznak az  $I_t^1$  halmazba, amelyeken a  $t$  időpontban „dolgoznak”), és hasonlóan

$$I = \{i \in I^2 \cup I^3 \mid k_i < t \leq b_i\}$$

A fenti két halmaz segítségével felírható két függvény (a  $j$  erőforrás kétféle terhelési diagramja).

$$T_j^1(t) = \sum_{i \in I_1} x'_{i,j}, \text{ ahol } t \in [t_1, t_2]$$

$$x'_{i,j} = \left[ m_i - \sum_{n \in J_i} \left( x_{i,n} \cdot \frac{h_{i,n}}{q_{i,n}} \right) \cdot \frac{q_{i,j}}{h_{i,j}} \right]$$

ahol  $[x]$  az  $x$ -nél nem kisebb, hozzá legközelebb álló egész számot jelöli, és

$$T_j^2(t) = \sum_{i \in I_2} x_{i,j}.$$

A  $T_j^2(t)$  a részben vagy egészen ütemezett tevékenységek szokásos terhelési diagramja, amely megmutatja, hogy egy adott  $t$  időpontban hány darab  $j$  típusú gépre van szükség, ha a szóbanforgó tevékenységeket el akarjuk végezni.

A  $T_j^1(t)$  a még nem ütemezett „munkák”-ra elkészített terhelési diagram. Kiválasztjuk azokat a tevékenységeket, amelyeket még nem ütemeztünk teljesen, majd ezek közül azokat, amelyek a  $j$  erőforrással végezhetőek. Minden ilyen tevékenységhez hozzárendelünk annyi  $j$  típusú gépet ( $x'_{i,j}$ ) amennyi szükséges a hátralevő munkamennyiség elvégzéséhez.

Legyen

$$y_j^* = \max \{ T_j^2(t) \mid t \in [t_1, t_2] \}$$

és

$$U_j = \{ (t^1, t^2) \mid \text{minden } t \in (t^1, t^2)\text{-re } y_j^* < T_j^1(t) + T_j^2(t), (t^1, t^2) \subset [t_1, t_2] \}.$$

$U_j$  azoknak a  $[t_1, t_2]$ -ből való intervallumoknak a halmaza, ahol a  $T_j^2(t)$  függvény maximális értéke,  $y_j^*$ , kisebb mint  $T_j^1(t) + T_j^2(t)$ .

Így kapunk egy  $\Sigma \Delta t_j$ -vel jelölt számot

$$\Sigma \Delta t_j = \sum_{(t^1, t^2) \in U_j} (t^2 - t^1).$$

Tulajdonképpen  $\Sigma \Delta t_j$  azt az időtartamot jelenti, amely megmutatja, hogy optimális esetben a most bevont új  $j$  típusú gépet mennyi ideig tudnánk a terv végrehajtásához felhasználni. Ha a szóbanforgó  $i$  tevékenységnél  $\Delta t_i = b_i - k_i$ , akkor a képletben szereplő  $\lambda_j$  tényező értéke:

$$\lambda_j = \frac{\Delta t_i}{\Sigma \Delta t_j}.$$

A  $\Delta k_{i,j}$ -t szolgáltató összefüggésben a  $\Delta y_j$  értékét az előbbieken bevezetett  $T_j^2(t)$  függvény segítségével is felírhatjuk:

$$\Delta y_j = \begin{cases} 0, & \text{ha } \max \{ T_j^2(t) \mid t \in (k_i, b_i] \} < \max \{ y_j^*, d_j \} \\ 1, & \text{minden más esetben.} \end{cases}$$



A meglévő géppark figyelembevételével végzett számítás eredményeit az alábbi táblázat tartalmazza:

A géptípusok kód-száma	A géptípusok megnevezése	A hálós program eredménye (db)	A gazdaság jelenlegi gépparkja (db)
1	Könnyű traktorok	8	8
2	Közép univerzál traktorok	34	24
3	Középhez univerzál traktorok	7	2
4	Láncfalpas traktorok	—	6
5	Nehéz gumikerekű traktorok	3	1
6	Csepel tehergépköcsi	5	5
7	ZIL platós tehergépk.	4	4
8	Billenőplatós tehergépk.	4	3
9	IFA pótköcsi nélküli tehergépköcsi	1	0
10	IFA pótkocsival együtt	4	1
11	SzK-4-es kombájn	4	4
12	E-512-es kombájn	4	3

(Béérkezett: 1973. aug. 6.)

#### IRODALOM

1. ACSAY—CSÁKI—VARGA: A vállalati gépszükséglet és gépfelhasználás komplex matematikai tervezése a mezőgazdaságban. Gazdálkodás. 1973. 4. sz.
2. DR. CSÁKI Cs.: Az erőforrások kezelésének problémái a mezőgazdasági vállalati tervek lineáris programozási modelljeiben. Sigma. 1971. 1—2. sz.
3. DANYI D.—FÜGEDI T.: Hálótervezési módszerek (PERT, CPM) Budapest, 1965. Országos Ügyvitelgépítési Felügyelet és a KSH Könyvtár Kiadványa.
4. DIMÉNY I.: A gépésítés ökonomiája a mezőgazdaságban. Budapest, 1971. Akadémiai Kiadó
5. Hálótervezési módszerek I—II. Budapest, 1968. Országos Ügyvitelgépítési Felügyelet.
6. KAUFMANN—DESBAZEILLE: A kritikus út módszerének matematikai alapjai. Budapest, 1972. Műszaki Könyvkiadó.
7. KOVÁCS A.: A hálótervezési módszerek alapjai. Gazdálkodás. 1969. 10. sz.
8. KOVÁCS A.—NAGY J.—TIMON B.: Hálódiaagram eljárás alkalmazása a mezőgazdasági üzemszervezésben. Gazdálkodás. 1967. 7. sz.
9. KUBAS, P. és munkatársai: Matematikai módszerek a mezőgazdasági vállalatok tervezésében és vezetésében. Budapest, 1971. Mezőgazdasági Kiadó.
10. KUZMIÁK M.: A hálótervezés az állami gazdaságokban. Agrárgazdasági Kutató Intézet Füzetei. 1971. 2. sz.
11. PAPP O.: A hálós programozási módszerek gyakorlati alkalmazása. Budapest, 1969. Közgazdasági és Jogi Kiadó.
12. ARCHIBALD, R. D.—VILLORIA, R. L.: Hálós irányítási rendszerek. Budapest, 1971. Közgazdasági és Jogi Kiadó.
13. SCHREITER, D.—STEMPEL, D.: A kritikus út módszere (CPM és PERT módszer) Budapest, 1966. Műszaki Könyvkiadó.

## AN AGRICULTURAL APPLICATION OF THE NETWORK PLANNING METHOD

The object of the study is to develop a method of network designing and algorithm which — considering the characteristics of cultivation — are apt to define the most favourable equipment park and utilization of machines of a firm. Within the frame of an enterprise that very equipment park and technology can be regarded as the optimal ones which, on the one hand, ensure the carrying out works at minimal cost, on the other hand, make it possible to accomplish all the works in a biologically and agrotechnically optimal period. In order to define them the adoption of methods, different from the traditional ones, is needed. According to the authors' opinion, in their original form none of the existing Hungarian computer algorithms of network designing are applicable for the solving of the above task. One can find the explanation of this in the peculiarities of cultivation. Namely, the problem is just the other way round. One does not look for the most favourable starting and ending moments of certain activities (works) since in agriculture they are given. The main task is to choose the most favourable type and to define the volume of those resources which can be taken into consideration to the carrying out of works within a given time-span, while satisfying the above-mentioned requirements.

In the course of the preparation of the computer algorithm the authors started from the so-called algorithm of cost-planning and then modified it in a few steps. To involve the amortization costs into the program was the most problematic but because of the nature of the task it was impossible to disregard them.

The present method can be classified as a heuristic procedure, so practice alone can be the criterium of the efficiency and applicability of the adoption. The authors have tested this method in practice too for the determining of the most favourable equipment park and optimal utilization of machines of a state farm. It can exactly be read from the results what sort of types of machines are necessary in what sort of a combination and volume for the perfection in time of certain activities (works). At the same time their summing up shows the volume of needs in machines of given periods. Relatively few data are necessary to the completion of the computations. These data are available, deriving from the conditions of enterprise management and the expenses of calculation can be regarded low.

## ОДНО ИЗ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВНЕДРЕНИЙ СЕТЕВОГО ПРОГРАММИРОВАННОГО МЕТОДА

Целью этого труда является создание такого метода и алгоритма сетевого планирования, которые, учитывая свойства сельскохозяйственного производства, способны к определению самого выгодного машинного парка и употребления машин предприятия. В рамках предприятия могут считаться оптимальными тот машинный парк и технология, которые с одной стороны обеспечивают выполнение каждой работы с наименьшими затратами, а с другой стороны способствуют и выполнению каждой работы в биологически и агротехнически оптимальное время. Определение этого требует применения методов, отклоняющихся от традиционных. По мнению авторов ни один из существующих венгерских алгоритмов сетевого планирования на ЭВМ не применяемый в своей оригинальной форме к решению вышеуказанной задачи. Объяснение этого нужно искать в свойствах сельскохозяйственного производства, так как постановка вопроса обратная. Мы ищем не самого выгодного момента начала и конца некоторых деятельностей — операций — так как они даны в сельском хозяйстве. Вместо этого задачами являются выбор наиболее выгодного типа тех ресурсов, которые могут засчитываться к выполнению работ в данном периоде и определение величины этого типа, удовлетворяя вышеупомянутые требования.

Во время приготовления алгоритма на ЭВМ авторы исходили из так называемого алгоритма планирования затрат и преобразовали его в нескольких шагах. Наибольшие проблемы появились при вовлечении в программу амортизационных затрат, на которые нельзя было не обращать внимания из-за характера задачи.

Представленный метод может быть причислен к геуристичным методам, поэтому только практика может быть критерием эффективности и применимости внедрения. Авторы испробовали метод и в практике для определения наиболее выгодного машинного парка и оптимального употребления машин одного совхоза. Результаты расчетов точно показывают, какие типы машин, сколько из них и в каком составе нужны для того, чтобы было возможно выполнять отдельные деятельности (задачи) во время. Итог этих результатов одновременно показывает нужды в машинах в отдельных периодах. К расчетам нужно относительно мало данных, они имеются в результате работы хозяйства, расходы расчетов тоже небольшие.