



**AgEcon** SEARCH  
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

Acta oeconomica et informatica  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 1998, s. 26—28

## MATEMATICKÝ MODEL PROCESU RIADENIA ZÁVLAHOVÉHO DETAILU A MATHEMATICAL MODEL OF CONTROL PROCESS OF IRRIGATION EQUIPMENT

Imrich OKENKA<sup>1</sup>, Ján SIMONÍK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra informatiky, FEM; <sup>2</sup>Katedra strojov a výrobných systémov, MF  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

We analyze the methods of calculating exploitation indices of irrigation technologies using the theory of combined operation. This method is approved for conducting the group of irrigators, Doliaquamat 67/250, which is served by a tractor. From the calculation, it was found that during relocation of each sprinkler immediately after irrigating, the tractor had a dead-time of 73%. Therefore, it is possible to use the tractor for controlling the irrigation operation or for serving other pieces of equipment.

Key words: irrigation, mathematical modelling, theory of combined operation

Pestovanie kultúrnych plodín v podnebných pásmach, v ktorých sa nachádza aj Slovensko, nie je efektívne možné bez zavlažovania. Ročný úhm zrážok nie je postačujúci ani kvantitatívne, ani v časovom rozložení počas vegetačného obdobia. Závlaha pôsobí ako stabilizujúci prvok a faktor zvyšovania úrod. Z uvedeného dôvodu poľnohospodárske plodiny v našom klimatickom pásme je potrebné zavlažovať. V obdobiach sucha však vzniká súčasná potreba dodania závlahy väčšine pestovaných plodín. Ekonomické výsledky sú v rastlinnej výrobe výraznejšie preukázateľné pri väčších výmerách pestovaných kultúr. V súčasných podmienkach poľnohospodárstva Slovenskej republiky je potrebné budovať veľkopošňé závlahové systémy. Predbežné výsledky ukazujú, že v rámci hodnotenia ôsmich alternatív klimatických zmien v SR je potenciálna potreba závlah pri extrémne suchých variantoch kvantifikovaná na 700 000 hektárov. Pri neextrémnych variantoch sa uvažuje s možnosťou vybudovať celkom 500 000 ha závlah s hlavným dôrazom na ich produkčno-ekonomické uplatnenie (Voda...1996). Budovanie veľkopošňých závlahových systémov však vyžaduje vysoké investičné náklady. Pri ich výstavbe túto skutočnosť treba mať na zreteli a nie je zanedbateľné ani hľadisko minimalizácie prevádzkových nákladov. Medzi prevádzkové náklady sú započítané aj náklady spojené s premiestňovaním závlahového detailu, pokiaľ neide o systémy stabilné.

### Materiál a metódy

Zavlažovanie sa realizuje s cieľom uspokojenia vlhovej potreby pestovaných plodín. V procese zavlažovania vystupujú plodiny s požiadavkou na dodanie doplnkovej závlahy, závlahové zariadenie ich potrebu uspokojuje. Na zavlažovanie, ale aj na proces obsluhy závlahových zariadení sa môžeme teda pozerat zo systémového hľadiska ako na proces hromadnej obsluhy. Teória hromadnej obsluhy je založená na teórii pravdepodobnosti a analytické riešenie je rozpracované len pre niektoré presne determinované typy rozdelenia náhodnej veličiny, či pre vstupný prúd požiadaviek, či pre obsluhu. Zdroj požiadaviek tvoria jednotky, kde z času na čas vznikajú požiadavky na obsluhu. Požiadavky vstupujú do obslužných staníc, ktorých môže byť jedna alebo niekoľko.

Ak obslužné stanice nie sú okamžite schopné uspokojiť vzniknuté požiadavky, tieto vytvárajú rad. Obsluha požiadaviek môže byť v poradí, ako vstúpili do systému, alebo niektoré požiadavky môžu byť v obsluhu uprednostnené.

Jednou z vlastností využívania strojotraktorových súprav v podmienkach závlahového hospodárstva je skutočnosť, že hony nie sú predelené prírodnými prekážkami, hydrantami, tiež to, že súprava pozostáva z energetického zdroja — traktora a niekoľkých zavlažovacích strojov.

Efektívnosť použitia optimálnych skupín zavlažovačov závisí od správnej voľby počtu strojov, táto závisí od režimu zavlažovania, špecifického množstva, spoľahlivostných charakteristík a vlastnej organizácie zavlažovania. Potrebný efekt sa dosahuje iba pri optimálnom zložení základného (obsluhovaného) a pomocného (obsluhujúceho) prvku zvolenej súpravy.

Práca uvedenej súpravy je cyklická. Stabilná výkonnosť určuje čas každého cyklu, ktorý závisí od viacerých príčin a je charakterizovaný ako náhodná veličina. V hraničných prípadoch sú možné prestoje, čo vedie k zníženiu ich výkonnosti. Pre racionálne využívanie techniky v procese prúdovej výroby treba posudzovať pravdepodobnosť prestojov súprav, ich dĺžku a iné ukazovatele.

### Výsledky a diskusia

Pri zostavovaní matematického modelu optimalizácie štruktúry navrhovaných súprav možno použiť teóriu hromadnej obsluhy, ktorá umožňuje detailne analyzovať javy, ktoré sa vyskytujú v hraničných prípadoch výrobného procesu s prúdovou organizáciou práce.

Cieľom funkcie ľubovoľnej sústavy obsluhy je zabezpečovanie splnenia objednávky na obsluhu. Takáto objednávka (požiadavka) prichádza od obsluhovaných strojov a uspokojuje sa obsluhujúcimi strojmi. Analýza funkcie sústavy obsluhy začína od prúdu požiadaviek na obsluhu a možnosti obsluhujúceho prvku sústavy na uspokojenie týchto požiadaviek.

Pri analytickom opise hraničných stavov procesu prúdovej výroby považujeme prúd objednávok za náhodnú veličinu. Typickým systémom hromadnej obsluhy je jednoduchý prúd požiadava-

viek. Pre jednoduchý prúd bude počet požiadaviek pripadajúci na ľubovoľný interval času rozdelený podľa Poissonovho zákona rozdelenia:

$$P_{k(t)} = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \quad (1)$$

kde:

- $P_{k(t)}$  — pravdepodobnosť nástupu presne  $k$  požiadaviek za čas  $t$ ,  
 $t$  — okamžik času,  
 $\lambda$  — parameter vstupného prúdu požiadaviek (matematické očakávanie počtu požiadaviek  $k$ , ktoré sa vyskytli za jednotku času),  
 $\lambda t$  — parameter Poissonovho rozdelenia náhodnej veličiny (matematické očakávanie počtu požiadaviek vyskytujúcich sa počas časového intervalu  $t$ ).

Hodnotu  $\lambda$  určujeme podľa vzťahu:

$$\lambda = \frac{N}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (2)$$

kde:

- $N$  — počet požiadaviek postupujúcich od jednej súpravy za čas  $T = \sum_{i=1}^n t_i$   
 $t_i$  — interval času medzi nástupom  $i$ -tého a  $i+1$  stavu.

Funkcia opisovanej súpravy je charakterizovaná dĺžkou obsluhy jednej požiadavky, ktorá je vo väčšine prípadov opísaná funkciou:

$$F_t = 1 - e^{-\nu t} \quad (3)$$

kde:

- $F(t)$  — pravdepodobnosť toho, že požiadavka na obsluhu nevznikne pred časovým okamžikom  $t$ ,  
 $\nu$  — parameter exponenciálneho rozdelenia náhodnej veličiny (matematické očakávanie počtu obslužených požiadaviek za jednotku času),

$$\nu = \frac{n}{\sum_{j=1}^n t_j} \quad (4)$$

kde:

- $n$  — počet obslužených požiadaviek za čas  $T$ ,  
 $T = \sum_{j=1}^n t_j$  — čas obsluhy týchto požiadaviek.

Pre výpočet organizácie využívania poľnohospodárskej techniky pri prúdovej výrobe môže byť úloha sformulovaná nasledovne:

Sústava obsluhy sa skladá z  $m$  obsluhovaných strojov. Prúd ich požiadaviek na obsluhu je ohraničený, t.zn., že do sústavy nemôže vstúpiť súčasne viac ako  $m$  požiadaviek. Prúd požiadaviek je jednoduchý. Frekvencia ich požiadaviek na obsluhu od jedného stroja je  $h^{-1}$ . Obsluhovaný stroj opúšťa sústavu obsluhy iba vtedy, keď bude obslužený.

Každý z  $n$  obsluhujúcich strojov môže súčasne obslúžiť iba jednu požiadavku. Keď sú obsluhované súpravy obsadené, potom

požiadavka čaká, kým sa jedna z obsluhujúcich staníc (strojov) uvoľní a pristúpi k obsluhu požiadavky. Čas obsluhy jednej požiadavky je náhodná veličina  $t$ , ktorá je opísaná exponenciálnym rozdelením náhodnej veličiny.

Opišeme uvedenú úlohu v rámci všeobecnej schémy pracovného procesu, keď uvedená sústava má nasledovné stavy:

- $k_0$  — obsluhované stroje pracujú, obsluhujúce sú voľné,  
 $k_1$  — jeden z obsluhovaných podal požiadavku na obsluhu, jeden z obsluhujúcich pristúpil k obsluhu,  
 $k_n$  —  $n$  obsluhovaných potrebuje obsluhu, všetkých  $n$  obsluhujúcich ich obsluhuje,  
 $k_{n+1}$  —  $n+1$  obsluhovaných potrebuje obsluhu,  $n$  z nich sa obsluhuje, jeden čaká v rade na obsluhu,  
 $k_m$  — všetkých  $m$  strojov potrebuje obsluhu,  $n$  z nich je obsluhovaných,  $m-n$  čaká v rade na obsluhu.

Medzné stavy sústavy vypočítame:

$$0 \leq k \leq n$$

$$P_k = \frac{m!}{k!(m-k)!} \left(\frac{\lambda}{\nu}\right)^k \cdot P_0 \quad (5)$$

pre  $n \leq k \leq m$

$$P_k = \frac{m!}{n^{k-n} n! (m-k)!} \left(\frac{\lambda}{\nu}\right)^k \cdot P_0 \quad (6)$$

kde:

- $P_k$  — pravdepodobnosť výskytu sústavy v stave  $k$ ,  
 $m$  — počet obsluhovaných strojov,  
 $n$  — počet obsluhujúcich strojov,  
 $\lambda$  — frekvencia výskytu požiadaviek na obsluhu —  
 — parameter vstupného prúdu požiadaviek,  
 $\nu$  — frekvencia obslužených požiadaviek.

Pravdepodobnosť, že požiadavky na obsluhu sa nevyskytnú možno vypočítať podľa vzťahu:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^m \frac{P_k}{P_0}} \quad (7)$$

Priemerný počet obsluhovaných strojov, ktoré čakajú na obsluhu:

$$M_1 = \sum_{k=n+1}^m (k-n) \cdot P_k \quad (8)$$

Koeficient prestoja obsluhovaných strojov:

$$K_m = \frac{1}{m} \cdot \sum_{k=n+1}^m (k-n) \cdot P_k \quad (9)$$

Priemerný počet obsluhovaných súprav, ktoré sa nachádzajú v procese obsluhy sa vypočíta:

$$M_z = \sum_{k=1}^m k \cdot P_k \quad (10)$$

Koeficient prestoja obsluhujúceho stroja  $K_n$  vypočítame:

$$K_n = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} (n-k) \cdot P_k \quad (11)$$

Na základe chronometrážnych pozorovaní sme zistili, že čas na presun jednej súpravy zavlažovača Doliaquamant 67/250 je 0,61 h. V technologickej linke je zaradených 10 týchto zavlažovačov a jeden obsluhujúci traktor Z-7011. Priemerný čas pri zavlažovaní čistou dávkou  $M_d = 300 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  je 24,66 h.

Overíme efektívnosť využívania tejto linky pomocou teórie hromadnej obsluhy. Zavlažovač považujeme za obsluhovaný prvok ( $m$ ), od ktorého prichádzajú požiadavky na obsluhu podľa toho, ako jednotlivé stroje ukončujú závlahu. Frekvencia postupu požiadaviek na obsluhu je určená podľa vzťahu (2)

$$\lambda = \frac{1}{24,66} = 0,04 \text{ h}^{-1}$$

Traktor  $n$  zabezpečuje obsluhu skupiny zavlažovačov  $m$ . Frekvenciu očakávania požiadaviek možno vypočítať podľa vzťahu (4), a je  $\nu = 1,64$ .

Pretože v sústave sa nachádza iba  $m$  strojov, od ktorých prichádzajú požiadavky na obsluhu, potom sa táto sústava môže nachádzať v  $(m+1)$  rôznych stavoch.

Z výsledku riešenia modelu vyplynulo, že zavlažovače budú mať minimálne prestoje v tom prípade, keď sa budú premiestňovať hneď po ukončení závlahy na danom stanovišti, čo je celkom logické a koeficient prestoja traktora bude 0,73. To znamená, že 73% z pracovného času bude možno traktor využívať pre kontrolnú činnosť závlahárov, prípadne ho použiť na premiestňovanie ďalšej skupiny.

Metodický prístup, ktorý vychádza z teórie hromadnej obsluhy možno využiť pri plánovaní optimálnej organizácie práce závlahových strojov, traktorov, pri návrhu počtu opravárov opravárskej čaty pre celé závlahové hospodárstvo. Pre výpočet výkonnosti a normočasov pre konkrétne podmienky treba metodiku doplniť o údaje, ktoré zohľadňujú stupeň práce v danom poľnohospodárskom podniku.

### Súhrn

Organizácia riadenia veľkoplošných závlahových systémov je náročná z hľadiska časového ako aj z hľadiska optimálneho využívania závlahových detailov a energetických zariadení. Je potrebné

tento proces optimalizovať. Problém možno riešiť využitím teórie hromadnej obsluhy. Model riadenia závlahového detailu možno riešiť analytickými metódami len pre určité, zjednodušené priebehy vstupného prúdu požiadaviek ako aj času obsluhy. Modelovanie nasadenia skupiny zavlažovačov Doliaquamant 67/250 obsluhovaných jedným traktorom ukázalo, že pri premiestňovaní každého zavlažovača hneď po ukončení závlahy bude prestoj traktora 73%, možno ho preto použiť na kontrolnú činnosť alebo na obsluhu inej skupiny strojov.

Kľúčové slová: zavlažovanie, matematické modelovanie, teória hromadnej obsluhy

### Literatúra

- HENNYEYOVÁ, K.: Optimalizácia využívania závlahových sústav. In.: Zborník vedeckých prác z "Medzinárodných vedeckých dní '97", Nitra 1997, s. 270-274
- LÁTEČKA, M. — OKENKA, I. — SIMONÍK, J. — GOMBOŠ, J.: Rovnomernosť postreku pri závlahе pásovými zavlažovačmi. Výskumná správa č.A5/01. Nitra, VŠP 1993. 16 s.
- OKENKA, I.: Modelovanie závlahových sústav použitím THO na PC. In: Zborník z výročného seminára výskumného projektu A-5. Rekultivácia pôd a úprava ich vodného a živinového režimu melioračnými opatreniami. Nitra, VŠP 1991. 79-82 s.
- OKENKA, I. — HENNYEYOVÁ, K.: Expertívne systémy v melioráciách. Záverečná správa č. A 5/05. Nitra, VŠP 1993. 20 s.
- SIMONÍK, J.: Teória hromadnej obsluhy pri riadení závlahového detailu. In.: Agromelio 1988. Význam najnovších poznatkov vedy a výskumu pre technické riešenie a prevádzkovanie závlahových systémov. Nitra, VŠP 1988. 276-281 s.
- SPITZ, P.: Matematický model pro návrh střediska oprav a údržby závlahových zařízení. In.: Vedecké práce Ústavu závlahového hospodárstva v Bratislave. Bratislava, Príroda 1990. 78-90 s.
- Voda v poľnohospodárskej krajine. Bratislava, VÚZH, VÚPU 1996. 40 s.

Kontaktná adresa:

Doc.Dr.Ing. Imrich OKENKA, CSc.

Fakulta ekonomiky a manažmentu, Katedra informatiky, SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, tel.: 087/601 kl. 196, e-mail: okenka@sun.uniag.sk

Doc.Ing. Ján SIMONÍK, CSc.

Mechanizačná fakulta, Katedra strojov a výrobných systémov, SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, tel.: 087/601 kl. 355, e-mail: simonik@uniag.sk