UDK: 674.093:65.012.2 Pregledni znanstveni članek - *Preview Scientific Paper*

Planiranje zalog z metodo diskretnega determinističnega dinamičnega programiranja

Stock planning with discrete deterministic dynamic programming method

Denis JELAČIĆ*, Leon OBLAK**

Izvleček

V članku je prikazana optimizacijska metoda diskretnega determinističnega dinamičnega programiranja, ki jo lahko uporabimo tudi za reševanje zahtevnih proizvodnih problemov. Na primeru hipotetičnega žagarskega obrata je metoda predstavljena za problem upravljanja z zalogami.

Ključne besede: zaloge, planiranje, diskretno deterministično dinamično programiranje, lesna industrija, žagarski obrat

Abstract

In the article the discrete deterministic dynamic programming optimisation method is described, which may be used for solving difficult production problems also. On the case of hipotetical sawmill the method for stock managing problem is presented.

Keywords: *stock, planning, discrete deterministic dynamic programming, wood industry, sawmill*

1. UVOD

Planiranje zalog je vedno aktualen problem v industriji. Z njim se srečujejo tudi slovenska lesnoindustrijska podjetja. V zadnjem času je bilo slišati veliko 'pro et contra' argumentov, ko se je razpravljalo o prednostih in slabostih upravljanja z zalogami pri tradicionalni proizvodnji in tako imenovani 'just-in-time' proizvodnji.

Tradicionalna filozofija pravi, da zaloge varujejo proizvodni proces pred defekti in drugimi problemi. Pomanjkanje delov, zapoznele dobave in drugi problemi namreč lahko prekinejo delovni proces. Zaloge so kot mazilo, ki procesu omogoča, da kljub težavam deluje nemoteno. Po filozofiji 'just-in-time' proizvodnje pa zaloge ne le zavzemajo prostor in povzročajo stroške, ampak pogosto tudi povzročajo prikrite probleme [2].

Zelo zanimiv pogled na planiranje zalog pa je lahko tudi ta, da skušamo problem obravnavati z vidika maksimiranja dobička v nekem časovnem obdobju. Za reševanje takih problemov je potrebno uporabiti ustrezno optimizacijsko metodo. Ker je problem zalog dinamičen problem, hkrati pa mu lahko definiramo končno število faz, smo se v obravnavanem hipotetičnem primeru odločili za metodo diskretnega determinističnega dinamičnega programiranja.

2. DISKRETNO DETERMINISTIČNO DINAMIČNO PROGRAMIRANJE

Z diskretnim determinističnim dinamičnim programiranjem lahko rešujemo probleme optimalnosti pri zveznih in diskretnih procesih. Tako lahko glede na izbrani kriterij poiščemo optimalno vodenje procesa (v našem primeru je to upravljanje z zalogami), ki poteka v več fazah, etapah ali korakih. V vsaki fazi posebej se je potrebno odločiti, kako bo potekal nadaljnji proces. Odločanja v posameznih fazah niso med seboj neodvisna, pač pa odločitev v neki fazi vpliva na odločitev v poznejših fazah. Odločitve je torej potrebno sprejemati dinamično (drugo za drugo), pri tem pa iščemo tako zaporedje odločitev, ki bo dalo optimalen učinek oziroma rezultat. Izbrani proces ima končno število faz, vse množice, ki v procesu nastopajo, pa so diskretne in končne (imajo končno število elementov). Tako bo izhod iz ene faze vhod v naslednjo fazo. Vsako fazo določajo [3]:

* množica vseh možnih stanj (zaloga v količinskih enotah) na začetku faze:

$$X_{i-1} = \{x_{i-1,1}, x_{i-1,2}, \dots , x_{i-1,m}\}$$

* množica vseh možnih stanj na koncu faze:

$$X_i = \{x_{i,1}, x_{i,2}, \dots , x_{i,p}\}$$

* v vsakem stanju $x_{i-1,j}$, j=1, ... , m ... in množica vseh možnih odločitev:

$$D(x_{i-1,j}) = \{d_{i-1,j,1}, d_{i-1,j,2}, \dots , d_{i-1,j,n}\}.$$

Iz te množice je potrebno izbrati odločitev in na podlagi te odločitve proces pripeljati iz nekega začetnega stanja $x_{i-1,j}$ faze i v neko končno stanje $x_{i,s}$ faze i oziroma začetno stanje faze i + 1.

Korist oziroma izguba, strošek, dobiček ali kaj podobnega, pri diskretnem determinističnem dinamičnem pro-

* doc. dr., Šumarski fakultet, Zavod za organizaciju proizvodnje u drvnoj industriji, Svetošimunska 25, Zagreb

** dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Rožna dolina, C. VIII/34, Ljubljana

gramiranju imenujemo donesek in ga označimo z:

$$r_{i-1}\ (j,k).$$

Tako definirani donesek je odvisen samo od začetnega stanja $x_{i-1,j}$ iz množice X_{i-1} in izbrane odločitve $d_k(x_{i-1,j}) = d_{i-1,j,k}$ iz množice $D(x_{i-1,j})$.

Tako nam odločitev $d_{i-1,j,k} \in D(x_{i-1,j})$ v stanju $x_{i-1,j} \in X_{i-1}$ da donesek $r_{i-1}\ (j,k)$.

Transformacija T_{i-1}, prevede stanje $x_{i-1,j}$ iz množice X_{i-1} v stanje $x_{i,s}$ iz množice X_i pri odločitvi $d_{i-1,j,k}$ iz množice $D(x_{i-1,j})$.

Velja torej: $X_i = T_{i-1}\ (X_{i-1}, D_{i-1})$ za vsak element iz množic X_{i-1}, X_i in D_{i-1}. Ta enačba se imenuje enačba prehoda.

Prehod iz ene faze v naslednjo fazo je korak. Število vseh korakov se imenuje horizont, ki ga označujemo s črko N. I-ti rep procesa je del procesa, ki mu manjka do konca še N-i korakov. V začetku procesa, ko je i = 0, manjka do konca procesa še N korakov ter rep obsega še celoten proces. če pa je i = N-1, obsega rep procesa samo še en korak. Ko pa je i = N, je proces končan.

3. PROBLEM ZALOG KOT PRIMER DISKRETNEGA DETERMINISTIČNEGA DINAMIČNEGA PROGRAMIRANJA

Za ponazoritev metodologije reševanja takih problemov bomo prikazali enostaven hipotetični primer. Podjetje (manjši žagarski obrat) skuša optimirati nabavo hlodovine v smislu maksimalnega dobička v naslednjih treh tednih, pozna pa nabavne in prodajne cene ter povpraševanje po žaganem lesu za to obdobje. Ključno vprašanje, ki se zastavlja, je: kdaj in koliko m³ hlodovine naj žagarski obrat nabavi, da bo lahko zadovoljil povpraševanje po žaganem lesu in ob znanih nabavnih in prodajnih cenah dosegel največji dobiček? Podatki o povpraševanju po žaganem lesu (v m³) v naslednjih treh tednih, o prodajni ceni za m³ žaganega lesa, nabavni ceni za m³ hlodovine in ceni transporta na 100 m³ hlodovine v posameznih tednih so podani v preglednici 1.

Pri kalkulaciji moramo upoštevati izkoristek žaganega lesa za izbrano drevesno vrsto in način razžagovanja. Normalni izkoristek se giblje od 50 do 80 %, lahko pa je tudi večji ali manjši, odvisno od različnih dejavnikov kot npr. dimenzije hlodovine, načina žaganja, obdelave žaganega lesa in drugih dejavnikov [1]. Zaradi lažje ponazoritve bo izkoristek hlodovine v našem primeru kar 50 %. Na začetku tritedenskega ciklusa je na skladišču 300 m³ hlodovine, vrednost m³ hlodovine na koncu tretjega tedna pa bo 12.000 SIT.

Obrat se zaradi organizacijskih in transportnih stroškov lahko vsak teden odloča le med štirimi alternativami nabave:
1. ne nabavi nič hlodovine,
2. nabavi 100 m³ hlodovine,
3. nabavi 200 m³ hlodovine,
4. nabavi 300 m³ hlodovine.

Pri tem je potrebno upoštevati povpraševanje v posameznih tednih. Žagarski obrat namreč lahko izbira samo med tistimi alternativami, ki zadovoljijo povpraševanje po žaganem lesu (preglednica 1).

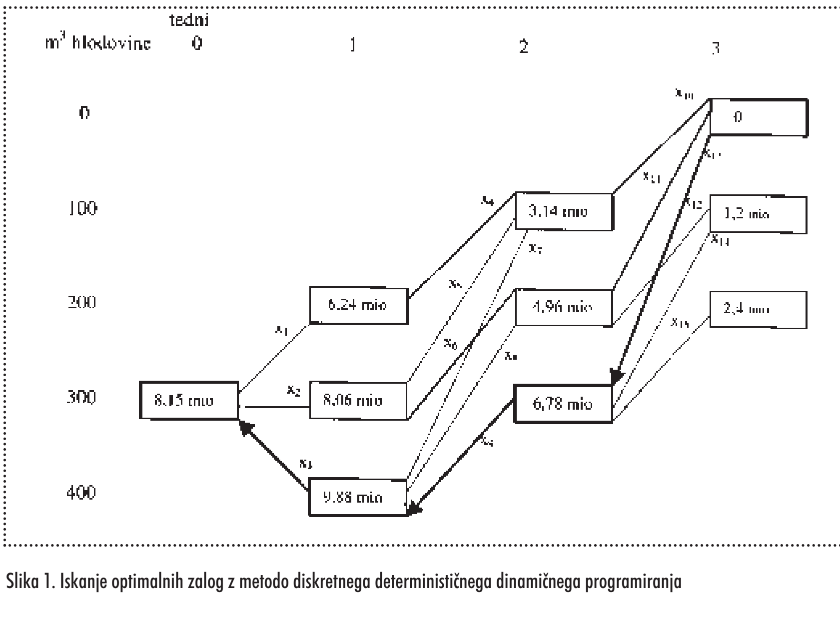
Problem rešimo z uporabo metode diskretnega determinističnega dinamičnega programiranja, kot je prikazano na sliki 1.

S pravokotniki so predstavljena stanja. Na začetku prvega tedna je na skladišču 300 m³ hlodovine, kar glede na predvideni 50 % izkoristek zadostuje za izdelavo 150 m³ žaganega lesa. Zato je začetno stanje v točki $X_{i,j}$, kar pomeni i=1, j=300. $d_i(j,k)=d_{i,j,k}$ pomeni odločitev, ko se v stanju $X_{i,j}$ odločamo za eno od štirih možnih alternativ (naročil): k=0, 100, 200 ali 300 in je odvisna od obstoječe zaloge in povpraševanja. Ker je povpraševanje po žaganem lesu v prvem tednu 100 m³, bi teoretično lahko izbirali med vsemi štirimi alternativami, vendar pa bi nas prva odločitev (k=0) pripeljala v položaj, ko v tretjem tednu na bi bili v stanju zadovoljiti povpraševanja. Zato jo izločimo, v grafu pa izpustimo.

Preglednica 1. Podatki, potrebni za reševanje problema zalog

Podatki	Enote	Teden 1. (i=1)	2. (i=2)	3. (i=3)
Povpraševanje po žaganem lesu	m³	100	200	200
Prodajna cena žaganega lesa	SIT/m³	40.000	41.000	43.000
Nabavna cena hlodovine	SIT/m³	14.000	15.000	16.000
Transportni stroški	SIT/100 m³	200.000	200.000	220.000

Novo stanje zalog hlodovine $X_{i-1,s}$ je torej določeno s številom obstoječih m³ hlodovine (j), številom naročenih m³ hlodovine (k) in povpraševanjem po žaganem lesu x 2 (p) v tekočem tednu: s = j + k - p.



Slika 1. Iskanje optimalnih zalog z metodo diskretnega determinističnega dinamičnega programiranja

Pri nabavni količini hlodovine moramo upoštevati 50 % izkoristek, zato povpraševanje po žaganem lesu množimo z 2.

V prvem tednu ima žagarski obrat tako na voljo tri alternative:

1. nabavi 100 m³ hlodovine $\Rightarrow$ s = j + k - p $\Rightarrow$ s = 300 + 100 - 200 = 200,
2. nabavi 200 m³ hlodovine $\Rightarrow$ s = j + k - p $\Rightarrow$ s = 300 + 200 - 200 = 300,
3. nabavi 300 m³ hlodovine $\Rightarrow$ s = j + k - p $\Rightarrow$ s = 300 + 300 - 200 = 400.

Možna (nova) stanja zaloge hlodovine v prvem tednu so torej 200 m³, 300 m³ in 400 m³. Na enak način računamo tudi stanja v drugem in tretjem tednu. Vedno upoštevamo samo alternative, ki zadovoljijo povpraševanje po žaganem lesu v naslednjem tednu.

Donesek (dobiček) $r_i(_{j,k})$ je določen s prodajno ceno za m³ žaganega lesa, nabavno ceno za m³ hlodovine in ceno transporta na 100 m³ hlodovine v posameznem tednu. Izračunamo ga po enačbi:

x = (povpraševanje po žaganem lesu x prodajna cena žaganega lesa) - (nabavna količina hlodovine x nabavna cena hlodovine) - transportni stroški

x_1 = (100 m³ x 40.000 SIT/m³) - (100 m³ x 14.000 SIT/m³) - 200.000 SIT = + 2.400.000 SIT,

x_2 = (100 m³ x 40.000 SIT/m³) - (200m³ x 14.000 SIT/m³) - 400.000 SIT = + 800.000 SIT,

x_3 = (100 m³ x 40.000 SIT/m³) - (300 m³ x 14.000 SIT/m³) - 600.000 SIT = - 800.000 SIT,

x_4 = (200 m³ x 41.000 SIT/m³) - (300 m³ x 15.000 SIT/m³) - 600.000 SIT = + 3.100.000 SIT,

x_5 = (200 m³ x 41.000 SIT/m³) - (200m³ x 15.000 SIT/m³) - 400.000 SIT = + 4.800.000 SIT,

x_6 = (200 m³ x 41.000 SIT/m³) - (300 m³ x 15.000 SIT/m³) - 600.000 SIT = + 3.100.000 SIT,

x_7 = (200 m³ x 41.000 SIT/m³) - (100 m³ x 15.000 SIT/m³) - 200.000 SIT = + 6.500.000 SIT,

x_8 = (200 m³ x 41.000 SIT/m³) - (200 m³ x 15.000 SIT/m³) - 400.000 SIT = + 4.800.000 SIT,

x_9 = (200 m³ x 41.000 SIT/m³) - (300 m³ x 15.000 SIT/m³) - 600.000 SIT = + 3.100.000 SIT,

x_{10} = (200 m³ x 43.000 SIT/m³) - (300 m³ x 16.000 SIT/m³) - 660.000 SIT = + 3.140.000 SIT,

x_{11} = (200 m³ x 43.000 SIT/m³) - (200 m³ x 16.000 SIT/m³) - 440.000 SIT = + 4.960.000 SIT,

x_{12} = (200 m³ x 43.000 SIT/m³) - (300 m³ x 16.000 SIT/m³) - 660.000 SIT = + 3.140.000 SIT,

x_{13} = (200 m³ x 43.000 SIT/m³) - (100 m³ x 16.000 SIT/m³) - 220.000 SIT = + 6.780.000 SIT,

x_{14} = (200 m³ x 43.000 SIT/m³) - (200 m³ x 16.000 SIT/m³) - 440.000 SIT = + 4.960.000 SIT,

x_{15} = (200 m³ x 43.000 SIT/m³) - (300 m³ x 16.000 SIT/m³) - 660.000 SIT = + 3.140.000 SIT.

Kot je razvidno iz slike 1, ima žagarski obrat tri možna stanja ob koncu tretjega tedna - končna stanja (0, 1.200.000 SIT in 2.400.000 SIT). Vrednost stanj je določena s številom m³ hlodovine, ki ostanejo na zalogi (skladišču), vsak m³ hlodovine pa je vreden 12.000 SIT.

V procesu diskretnega determinističnega dinamičnega programiranja idealno strategijo (pot) iščemo tako, da doneske (v našem primeru dobičke) računamo iz končnega proti začetnemu stanju. Izračunamo doneske za vse možne strategije, v pravokotnike pa vpišemo tistega z največjo vrednostjo. Na primer: v stanje $X_{i,j}$ (i=2, j=300), kar pomeni 300 m³ hlodovine na skladišču v drugem tednu, lahko pridemo po treh poteh, in sicer s strategijami x_{13}, x_{14} in x_{15}. Strategija x_{13} da vrednost 6,78 mio SIT (0 + 6,78), strategija x_{14} vrednost 6,16 mio SIT (1,2 + 4,96), strategija x_{15} pa vrednost 5,54 mio SIT (2,4 + 3,14). Največjo vrednost (dobiček) da strategija x_{13}, zato to vrednost vpišemo v pravokotnik, optimalno pot do njega pa poudarimo z odebeljeno črto. Na enak način računamo optimalne poti do vseh narisanih pravokotnikov (stanj) in tako dobimo optimalno pot procesa (na sliki 1 je označena z odebeljenimi puščicami), ki hkrati pomeni optimalno strategijo upravljanja z zalogami, z vidika stroškov in prihodkov, za ta žagarski obrat.

Maksimalni dobiček torej dosežemo, če prvi teden nabavimo 300 m³, drugi teden 300 m³ in tretji teden 100 m³ hlodovine. Pri tem bo dobiček znašal 8.150.000 SIT.

4. POVZETEK

Z diskretnim determinističnim dinamičnim programiranjem lahko rešujemo probleme optimalnosti pri procesih, kjer je odločitve potrebno sprejemati dinamično (drugo za drugo), pri tem pa iščemo tako zaporedje odločitev, ki bo dalo optimalen učinek oziroma rezultat. Tako lahko glede na izbrani kriterij poiščemo optimalno vodenje procesa, ki poteka v več fazah. V vsaki fazi posebej se je potrebno odločiti, kako bo potekal nadaljnji proces.

Veliko problemov, ki se pojavljajo v proizvodnji, je prav takih. V članku je predstavljen primer planiranja zalog z metodo diskretnega determinističnega dinamičnega programiranja.

Hipotetičen primer je enostaven in vsebuje majhno število podatkov, saj je namen članka prikazati predvsem metodologijo reševanja podobnih problemov.

5. LITERATURA

1. Gornik Bučar, D. / Merzelj, F. 1998. Žagarski praktikum. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, 151 s.
2. Papež, M. 1997. Just in time proizvodnja. Lesarski utrip, 3, 9, Ljubljana, Revizor consulting, s. 7-8.
3. Zadnik Stirn, L. 1983. Operacijska raziskovanja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo, 175 s.