

Prof. dr JOVAN PETRIĆ

pukovnik

dr NEDELJKO JOKIĆ

Primena modela i metoda operacionih istraživanja u planiranju i programiranju ishrane u JNA

U Jugoslovenskoj narodnoj armiji više od četiri godine istražuje se primena metoda operacionih istraživanja u planiranju i programiranju ishrane i izradi mesečnih jelovnika. Na tim istraživanjima radilo je više stručnjaka iz Armije i sa Fakulteta organizacionih nauka u Beogradu. Cilj istraživanja orijentisan je na povećanje efikasnosti rada, uz minimalne utroške snaga i sredstava, radi obezbeđenja zdrave, pravilne, kvalitetne i optimalno jeftine ishrane, što znači da za fiksirane troškove ishrane (dnevne, nedeljne, mesečne i godišnje) treba izabrati jela koja će po svom kvalitetu (biološkom, nutritivnom i energetsom) najbolje odgovarati potrebama određene strukture abonenata, vodeći računa o godinama starosti, zadacima i problemima kojima se bave i mnogim drugim faktorima koji opredeljuju kvalitet ishrane. Da bi se postigao taj cilj značajno je racionalno korišćenje vremena i stalno optimiziranje svih elemenata ishrane sa fiziološkog i specifičnog vojnog i ekonomskog gledišta. Zadatak istraživanja je bio: formulisati probleme ishrane i definisati potrebne baze podataka; oceniti dobijene rezultate i njihovu implementaciju; razviti odgovarajuće matematičke modele i metode operacionih istraživanja; pakete programa za primenu računara H-66 i PDP-11 i izvesti potrebne proračune za realne zadatke (obrok broj 1, obrok broj 2 i učenički obrok, sa planovima, programima

i mesečnim jelovnicima za svaki od navedenih obroka). Iz tih istraživanja proisteklo je nekoliko radova i elaborata koji su publikovani. U njima su detaljno obrađeni rezultati istraživanja teorijskog i praktičnog karaktera.

U ovom prilogu prikazan je klasičan model ishrane, zatim problem planiranja i programiranja ishrane zasnovan na ciljnom celobrojnom programiranju i problem izrade mesečnih jelovnika za pojedine obroke ishrane.¹

1. Formulisanje problema

Pod pojmom planiranje ishrane u vojsci podrazumeva se utvrđivanje mesečnih planova primenjivanja jelovnika, što znači određivanje koliko puta u određenom mesecu, za doručak, ručak i večeru, treba primeniti pojedina jela iz repertoara svih jela koja dolaze u obzir za primenu u tom mesecu, dok se pod pojmom programiranja ishrane u vojsci podrazumeva analiza uticaja troškova života, porasta cena i drugih činilaca na troškove organizovane ishrane ljudi (učenika, studenata, vojnika, radnika, službenika, bolesnika koji koriste posebne dijetete, itd.).

Problem planiranja i programiranja ishrane može se verbalno iskazati na sledeći način: polazeći od društvenog standarda, u svim organizovanim procesima masovne društvene ishrane, fiksiraju se novčana sredstva koja se izdvajaju za ishranu za svakog čoveka za mesec dana ili neki drugi vremenski period. Nije cilj, kao kod klasičnih problema, ishrane da se minimiziraju troškovi ishrane, nego da se sva ta sredstva, koja se izdvajaju za ishranu, utroše na najbolje mogući način, obezbeđujući da se u mesečnom planu ishrane nađu ona jela koja najbolje zadovoljavaju procenite učešća pojedinih namirnica u ishrani, nutritivne, energetske, biološko-zaštitne, organoleptičke i druge važne karakteristike u odnosu na koje se meri kvalitet ishrane i njen pozitivan uticaj na radne, zdravstvene, psihofizičke i druge vitalne osobine čoveka.

U vezi sa takvom formulacijom problema planiranja i programiranja ishrane mogu se izučavati različiti uticaji na kvalitet ishrane kao što su: promene cena namirnica, jela i jelovnika, promene troškova mesečne ishrane, zatim, izmene procenta učešća pojedinih vrsta namirnica u ishrani, kao i izmene repertoara jela i jelovnika, itd. Najvažniji rezultati, koji se iz rešavanja odgovarajućeg matematičkog modela ovako formulisanog zadatka mogu dobiti, jesu: (1) preciziranje mesečnih planova ishrane, tj. određivanje u okviru raspoloživih troškova za mesečnu ishranu optimalnog ili njemu bliskog rešenja kojim se precizira koliko će se puta koje jelo pojaviti u

¹ Obroci ishrane karakterišu vrstu abonenata i njihova psihofizička i druga naprežanja, koja zahtevaju određene energetske i biološke vrednosti ishrane u jedinici vremena.

ishrani u određenom mesecu; (2) mogućnost analize različitih uticaja ekonomskih i drugih parametara na kvalitet ishrane; (3) preciziranje količina pojedinih namirnica i prehrambenih proizvoda koje treba nabavljati za potrebe organizovanja ishrane u određenim planskim periodima i mnogi drugi korisni podaci potrebni za funkcionisanje informacionog sistema ishrane u velikim kolektivima kakvi su Armija, univerzitetski centri, bolnice, složene organizacije itd.

Pod pojmom izrade mesečnih jelovnika podrazumeva se izrada sastava jela za pojedine obroke, za svaki dan u mesecu. To se radi u skladu sa brojem primenjivanja pojedinih jela u mesecu što je proisteklo kao rezultat planiranja i programiranja ishrane. Stoga je, prilikom izrade mesečnih jelovnika potrebno izvršiti raspoređivanje jela po danima. Mesečni plan dnevnih jelovnika treba da kombinacijom različitih vrsta jela po danima omogući raznovrsnost ishrane i eliminiše monotoniju koja je česta u svim vidovima društvene ishrane, primenom istih sedmičnih jelovnika. Tako formirani mesečni jelovnici, po danima, treba da obezbede približno podjednaku energetsku i nutritivnu vrednost po danima.

Izrada mesečnih jelovnika po danima predstavlja završnu fazu planiranja i programiranja ishrane vojnika. Računarski programi za rešavanje problema planiranja dnevnih jelovnika i novoformirane datoteke dopuna su postojećem paketu programa i bazi podataka i omogućuju kompletno rešavanje problema planiranja i programiranja ishrane u JNA i šire, u svim fazama društvene ishrane. Kada su u pitanju mesečni jelovnici za obroke 1 i 2 u JNA, onda se za doručak planira izbor jedne vrste jela, dok se za ručak i večeru planira izbor više vrsta jela.

Dosadašnja iskustva u sastavljanju mesečnih jelovnika po danima ukazuju na nekoliko pravila koja treba uvažavati. Ilustracije radi, navešćemo neka od tih pravila koja predstavljaju osnovu za formiranje odgovarajućeg matematičkog modela. Ista jela ne mogu se planirati u toku jednog dana za ručak, večeru i doručak. Na primer, ako je za ručak izabrano glavno jelo od pirinča, odnosno testenine, boranije ili kupusa, za večeru se ne sme planirati takva vrsta jela. Jela od krompira, koja se predviđaju za večeru, potpuno su različita od onih planiranih za ručak, pa se mogu u toku jednog dana planirati i za ručak i za večeru. Pri izboru jelovnika za doručak, mora se voditi računa o tome šta je planirano za večeru. Za ručak se biraju po tri glavna jela, koja treba da budu iz različitih grupa, jer jedino u tom slučaju imaju smisla tri jela. Inače, glavna jela za ručak čini grupa jela od: pasulja, pirinča, testenine, krompira, kiselog kupusa, ostalog povrća, pirinča, povrća i testenine.

Postoji mnoštvo drugih pravila koja je potrebno uzeti u obzir prilikom formiranja odgovarajućeg matematičkog modela.²

² Vidi: *Mesečni jelovnici za obroke br. 1 i br. 2*, J. Petrić, SSNO — Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 1985, str. 1—23.

2. Matematički modeli

Sledeći verbalnu postavku problema ishrane, koja je proistekla kao veran odraz realne stvarnosti i višegodišnje prakse, tako široko zasnovane da se može generalisati, nije teško formulisati odgovarajuće matematičke modele koji obezbeđuju bolja i racionalnija rešenja u odnosu na dosadašnju „dobru praksu”

Kao što je poznato, klasični model opitimizacije ishrane, koji je zasnovan na linearnom programiranju, sastoji se u određivanju količina prehrambenih proizvoda (x) tako da se zadovolje potrebe za zaštitnim i hranljivim materijama, a da pri tome troškovi ishrane budu minimalni, što se može iskazati kao

$$\text{Min } f^0(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

p.o. (1)

$$\begin{aligned} \bar{b}_i &\geq \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq \underline{b}_i, & i = \overline{1, m} \\ 0 &\leq x_j \leq a_j, & j = \overline{1, n} \end{aligned}$$

gde je:

- n — broj različitih prehrambenih proizvoda,
- x_j — dnevni utrošak j -tog prehrambenog proizvoda,
- c_j — cena jedinice mere j -tog prehrambenog proizvoda,
- a_{ij} — sadržaj i -te zaštitne ili hranljive materije u jedinici mere, j -tog proizvoda,
- $\bar{b}_i, \underline{b}_i$ — gornja i donja granica učešće i -te zaštitne ili hranljive materije u dnevnoj ishrani,
- a_j — gornja granica dnevne primene j -tog prehrambenog proizvoda.

U matematičkom modelu (1) očigledno je zanemaren kulinarski problem ishrane, te je moguće da optimalne količine prehrambenih proizvoda ne mogu biti ukusno pripremljene u jelima, čime se može izazvati odbacivanje hrane i neposredne materijalne štete.

U objektima društvene ishrane (studentskim, vojničkim, radničkim, bolničkim i drugim restoranima), javlja se problem izbora jela i određivanja koliko se puta pojedina jela mogu pripremiti u određenom planskom periodu vremena (određenom kalendarskom mesecu), tako da potrebe za zaštitnim i hranljivim materijama i energetske potrebe budu zadovoljene u okviru zadatih raspoloživih novčanih sredstava predviđenih za ishranu. Prema tome, razlika novog i klasičnog matematičkog modela ishrane, jeste u tome što se kod novog modela: (4) umesto minimizacije troškova, smanjuje širina po-

jasa (zone) odstupanja u odnosu na fiksirane troškove predviđene za ishranu; (2) u novom modelu se preciznije, odnosno veoma detaljno, definišu i kompletiraju sva ograničenja u skupu ograničenja, što nije slučaj kod klasičnog modela; (3) promenljive u novom modelu imaju sasvim drugo značenje (koliko se puta određeno jelo ponavlja u planskom periodu) i po svom suštinskom karakteru one se obavezno iskazuju celobrojnim vrednostima. Zbog toga je za najjednostavniju i najčešće korišćenu varijantu novog matematičkog modela potrebno uvesti sledeće oznake:

x_j — celobrojna promenljiva čije je značenje broja jela j -te vrste, koje pripada jednoj od sledećih grupa:

doručci	$(j = \overline{1, n_1})$
supe	$(j = \overline{n_1 + 1, n_2})$
ručkovi (glavna jela)	$(j = \overline{n_2 + 1, n_3})$
salate za ručak	$(j = \overline{n_3 + 1, n_4})$
večere (glavna jela)	$(j = \overline{n_4 + 1, n_5})$
male večere	$(j = \overline{n_5 + 1, n_6})$
gotova jela	$(j = \overline{n_6 + 1, n_7})$
hladne večere	$(j = \overline{n_7 + 1, n_8})$
salate za večeru	$(j = \overline{n_8 + 1, n_9})$
slatkiši, voće	$(j = \overline{n_9 + 1, n})$

c_j — cena j -te vrste jela ($j = \overline{1, n}$);

C — dopustivi troškovi za ishranu jedne osobe u planskom periodu (kalendarski mesec);

$\underline{a}_j, \overline{a}_j$ — donja i gornja granica primene j -te vrste jela u planskom periodu;

u_s — ukupan broj jela iz s -te grupe u planskom periodu ($s = \overline{1, q}$) gde je u našem slučaju uzeto $q = 10$ broj različitih grupa jela. (Jela se mogu grupisati na različite načine te prema tome i q može da bude različito od 10.);

a_{ij} — količina i -tog nutritivnog sastojka u jelu j -te vrste ($i = \overline{1, m}$; $j = \overline{1, n}$), gde je m broj različitih nutritivnih sastojaka;

$\underline{a}_i^*, \overline{a}_i^*$ — donja i gornja granica i -tog nutritivnog sastojka u ishrani u planskom periodu ($i = \overline{1, m}$);

b_j — energetska vrednost jela j -te vrste ($j = \overline{1, n}$);

$\underline{b}, \overline{b}$ — donja i gornja energetska granica u ishrani u planskom periodu;

- d_{jk} — energetska vrednost namirnice k -te grupe u jelu j -te vrste ($k = \overline{1, p}$, $j = \overline{1, n}$), gde je p broj grupa namirnica;
- $d_k, \underline{d}_k, \bar{d}_k$ — preporučeno učešće, donja i gornja granica procentualnog učešća k -te grupe namirnica u ishrani u planском periodu ($k = \overline{1, p}$);
- e_{jv} — težina v -te namirnice čiji je utrošak obavezan u jelu j -te vrste ($v = \overline{1, r}$; $j = \overline{1, n}$), gde je r broj namirnica koje se obavezno moraju utrošiti;
- e_v — količina v -te namirnice koja se mora utrošiti u planском periodu ($v = \overline{1, r}$);
- d^- — devijaciona promenljiva koja ukazuje na iznos nedostizanja zadatih troškova, predviđenih za ishranu, u planском periodu;
- d^+ — devijaciona promenljiva koja ukazuje na iznos prekoračena zadatih troškova u planском periodu.

Koristeći se uvedenim oznakama mesto klasičnog modela oblika (1) može se uvesti i formirati novi matematički model celobrojnog ciljnog programiranja, čiji je oblik:

$$\text{Min } (d^- + d^+)$$

p.o.

$$\sum_{j=1}^n c_j x_j + d^- - d^+ = C$$

$$\sum_{j=n_{s-1}+1}^n x_j = u_s, \quad (s = \overline{1, q}), \text{ gde je } n_0 = 0$$

(2)

$$\underline{a}_i \leq \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq \bar{a}_i, \quad (i = \overline{1, m})$$

$$\underline{b} \leq \sum_{j=1}^n b_j x_j \leq \bar{b}$$

$$\underline{d}_k \cdot t \leq \sum_{j=1}^n d_{jk} x_j \leq \bar{d}_k \cdot t, \quad (k = \overline{1, p}),$$

(gde je t ukupna energetska vrednost svih grupa namirnica u svim jelima, tj.

$$t = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^n d_{jk} x_j,$$

$$\sum_{j=1}^n e_{jv} x_j \geq e_v, \quad v(=\overline{1, r})$$

$$\underline{a}_j \leq x_j \leq \overline{a}_j, \quad (j = \overline{1, n})$$

x_j — celobrojno

d^-, d^+ — celobrojno.

U ovom slučaju modela oblika (2) radi se o celobrojnem ciljnom programiranju. Zbog prirode funkcije cilja u modelu (2) on se može tretirati i kao zadatak celobrojnog linearnog programiranja. Međutim, treba imati u vidu da se u odnosu na devijacione promenljive d^- i d^+ ne moraju postavljati zahtevi za njihovom celobrojnošću koji su uvek obavezni kada je u pitanju bilo koje x_j ($j = \overline{1, n}$). U tom slučaju, model oblika (2) predstavljaće zadatak mešovitog celobrojnog ciljnog programiranja koji je zbog oblika funkcije cilja moguće tretirati i kao zadatak mešovitog celobronjog linearnog programiranja. Lako se može zapaziti da u modelu oblika (2) tražimo minimalnu širinu pojasa (d^- i d^+) koja obezbeđuje da istovremeno bude minimalno odstupanje od zadatih troškova C koji se kao fiksni troškovi izdvajaju za ishranu.

Pošto odgovarajuće procentualno učešće pojedinih grupa namirnica tačno u određenom iznosu nije od presudnog značaja za pravilnu ishranu, novi matematički model oblika (2) moguće je u određenoj meri tretirati tako da bi prošireni oblik modela imao funkciju cilja oblika

$$\text{Min} \left\{ d^- + d^+ + \sum_{k=1}^p P_k (d_k^- + d_k^+) \right\}$$

dok bi skup ograničenja ostao isti kao u modelu oblika (2), izuzimajući ograničenja koja vode računa o d_k^- i d_k^+ koja će biti zamenjena novim skupom aktivnih veza oblika

$$\sum_{j=1}^n d_{jk} x_j + d_k^- - d_k^+ = d_k \cdot t, \quad (k = \overline{1, p})$$

gde su:

d_k^+, d_k^- — devijacione promenljive koje ukazuju na prekoračenje, odnosno podbačaj preporučenog učešća grupa namirnica ($k = \overline{1, p}$);

P_k — ponderi koji u funkciji cilja određuju značaj ispunjenja zadatih nivoa procentualnog učešća pojedinih grupa namirnica ($s = \overline{1, p}$).

Planiranje dnevnih jelovnika podrazumeva određivanje mesečnog plana dnevnih jelovnika, tj. određivanje odgovarajućih kombinacija vrsta jela po danima, tako da se u toku meseca isplanira svako jelo onoliko puta koliko je to mesečnim planom ishrane predviđeno, polazeći od pravila za sastavljanje dnevnih jelovnika. Zadatak planiranja mesečnih jelovnika sastoji se u određivanju nepoznatih vrsta jela koja treba dati za određeni dan, da energetske vrednosti takvih kombinacija jela minimalno odstupaju od planirane dnevne energetske vrednosti jelovnika. Za ručak se planiraju po 3 glavna jela, koja se pripremaju za po $1/3$ brojnog stanja. Zbog toga broj primenjivanja jela j -te vrste za ručak x_j ($j = n_2 + 1, n_3$) treba pomnožiti sa 3 da bi se dobilo koliko puta treba jelo iste vrste planirati u dnevnim jelovnicima za ručak. Isto važi i za salate za ručak., ($j = n_3 + 1, n_4$). Jela koja se daju kao doručak ($j = 1, n_1$), supa-čorba ($j = n_1 + 1, n_2$) ili slatkiš ($j = n_8 + 1, n_9$) treba planirati u dnevnim jelovnicima onoliko koliko je predviđeno njihovim ciklusom primenjivanja x_j , jer se ove vrste jela pripremaju za celo brojno stanje.

Jelovnici za večeru planiraju se i kao „dvojni” i kao „trojni”³.

Radi planiranja mesečnih jelovnika, formulisanih na ovaj način, može se formirati odgovarajući matematički model koji će ga realno oponašati. I ovaj matematički model, kao i model oblika (2), originalan je po svojoj koncepciji, metodologiji rešavanja i prilagođenosti rezultata za praktičnu primenu.

Radi formiranja odgovarajućeg matematičkog modela izrade mesečnih jelovnika mogu se uvesti sledeće oznake:

- x_j — planirati broj ponavljanja j -te vrste jela u datom mesecu ($j = 1, \dots, n$);
 - b_j — energetska vrednost j -te vrste jela ($j = 1, \dots, n$);
 - n — ukupan broj jela koja se daju u ishrani vojnika;
 - y_{ijk} — nepoznata koja će dobiti vrednost 0 ili 1 zavisno od toga da li će u dnevni jelovnik sa rednim brojem i biti izabrana j -ta vrsta jela na k -tom mestu, ($i = 1, \dots, n_d$), ($j = 1, \dots, n$), ($k = 1, \dots, 20$);
 - n_d — broj dana za koje treba planirati dnevne jelovnike u datom mesecu;
 - b_p — planirana energetska vrednost dnevnog jelovnika;
 - d_i^-, d_i^+ — negativno, odnosno pozitivno odstupanje energetske vrednosti i -tog dnevnog jelovnika od planirane
- $$d_i^- \cdot d_i^+ = 0, (i = 1, \dots, n_d);$$

³ Pri tom, za neke vrste jela koja se planiraju za večeru, broj planiranja jela u „trojnim” večerama podeljen sa 3, uvećan brojem planiranja jela u „dvojnima” jelovnicima podeljenim sa 2, mora biti jednak x_j — predviđenom broju primenjivanja te j -te vrste jela.

- $p_i = \begin{cases} 3 & \text{— ako se i prilog i meso } j\text{-te vrste jela koje se daju za ručak peku u pećnici,} \\ 2 & \text{— ako se prilog } j\text{-te vrste jela peče u pećnici,} \\ 1 & \text{— ako se meso koje se daje u okviru } j\text{-te vrste jela, peče u pećnici,} \\ 0 & \text{— ako jelo } j\text{-te vrste ne treba pripremati u pećnici;} \end{cases}$
- s_{ij} — matrica koja ima vrednost 0 ili 1 zavisno od toga da li se j -ta vrsta salate može kombinovati uz i -tu vrstu glavnog jela za ručak ($i = n_2 + 1, \dots, n_3$), ($j = n_3 + 1, \dots, n_4$);
- g_{ij} — ima vrednost 1 ili 0 zavisno od toga da li je dozvoljeno kombinovati jela iz i -te grupe glavnih jela za ručak sa jelima iz j -te grupe kuvanih jela za večeru ($i = 1, \dots, 10$), ($j = 1, \dots, 6$).

Navedeno je koje su grupe jela koja čine glavna jela za ručak. Grupe jela koja se daju kao „kuvana” večera su: jela od testenine, pirinča, kupusa, krompira, jela od ostalog povrća, i složena jela.

nn_i — redni broj poslednje vrste jela iz i -te grupe glavnih jela za ručak, ($i = 1, \dots, 10$)

$$nn_1 = 40, nn_2 = 41, nn_3 = 44, nn_4 = 51, nn_5 = 53, \\ nn_6 = 56, nn_7 = 61, nn_8 = 63, nn_9 = 80, nn_{10} = 82;$$

m_j — redni broj poslednjeg jela iz j -te grupe kuvanih jela za večeru, ($j = 1, \dots, 6$)

$$m_1 = 101, m_2 = 104, m_3 = 105, m_4 = 112, m_5 = 115, m_6 = 116;$$

vd_{ij} — ima vrednost 1 ako se i -ta vrsta jela koje se daje za doručak može kombinovati sa i -tom vrstom jela koje se daje kao „kuvana” ili „hladna” večera; a ako se ne mogu kombinovati ima vrednost 0; ($i = 1, \dots, n_1$), ($j = n_5 + 1, \dots, n_7$).

Koristeći navedene oznake matematički model planiranja dnevnih jelovnika glasi:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^{nd} (d_i^- + d_i^+)$$

p.o.

$$\sum_{k=1}^{20} \sum_{j_k} y_{ij_k k} \cdot b_{j_k} + d_i^- - d_i^+ = b_p; \quad (i = 1, \dots, nd)$$

za $k = 1$, $j_k = 1, \dots, n_1$ — jela za doručak
 za $k = 2$, $j_k = n_1 + 1, \dots, n_2$ — supe-čorbe
 za $k = 3, 4$ i 5 , $j_k = n_2 + 1, \dots, n_3$ — glavna jela za ručak

za $k = 6, 7$ i 8 , $j_k = n_3 + 1, \dots, n_4$ — salate za ručak
 za $k = 9$, $j_k = n_8 + 1, \dots, n_9$ — slatkiši
 za $k = 10$, $j_k = n_9 + 1, \dots, n_{10}$ — voće
 za $k = 11$, $j_k = n_4 + 1, \dots, n_5$ — „kuvane” večere
 za $k = 12$, $j_k = n_5 + 1, \dots, n_6$ — „male” večere
 za $k = 13$, $j_k = n_6 + 1, \dots, n_7$ — „hladne” večere
 za $k = 14$, $j_k = n_7 + 1, \dots, n_8$ — salate za večeru
 za $k = 15, 16$ i 17 $j_k = n_{10} + 1, \dots, n_{11}$ — komopt
 za $k = 18, 19$ i 20 , $j_k = n_9 + 1, \dots, n_{10}$ — voće

$$\sum_{j_k} y_{ijk} \leq 1 \quad \text{za } (k = 1, \dots, 20) \quad (i = 1, \dots, nd)$$

$$\sum_{i=1}^{nd} y_{ijk} = x_{j_k} \quad \text{ovo važi za } k = 1, k = 2 \text{ i } k = 9 \text{ i odgovarajuće } j_k$$

$$\sum_{k=3}^5 \sum_{i=1}^{nd} \frac{1}{3} \cdot y_{ijk} = x_{j_k}, \quad \text{za } (j_k = n_2 + 1, \dots, n_3)$$

$$\sum_{k=6}^8 \sum_{i=1}^{nd} \frac{1}{3} \cdot y_{ijk} = x_{j_k}, \quad \text{za } (j_k = n_3 + 1, \dots, n_4)$$

$$\sum_{k=11}^{13} \sum_{i=1}^{n_{tri}} y_{ijk} \cdot \frac{1}{3} + \sum_{k=11}^{13} \sum_{i=n_{tri}+1}^{nd} y_{ijk} \cdot \frac{1}{2} x_{j_k}, \quad \text{za } (j_k = n_4 + 1, \dots, n_7) \quad (3)$$

gde je n_{tri} ukupan broj ponavljanja pita i bureka u datom mesecu, tj.

$$n_{tri} = \sum_{j=1}^{123} x_j$$

$$\sum_{i=1}^{n_{tri}} y_{ijk} \cdot \frac{1}{3} + \sum_{i=n_{tri}+1}^{nd} y_{ijk} \cdot \frac{1}{2} x_{j_k},$$

za $k = 14$ i $(j_{k2} = n_8 + 1, \dots, n_9)$

$$\sum_{i=1}^{nd} y_{ijk} + \sum_{k=18}^{20} \sum_{i=1}^{n_{tri}} y_{ijk} \cdot \frac{1}{3} + \sum_{k=18}^{20} \sum_{i=n_{tri}+1}^{nd} y_{ijk} \cdot \frac{1}{2} = x_{j_k},$$

za $(j_k = n_9 + 1, \dots, n_{10})$

$$\sum_{k=15}^{17} \sum_{i=1}^{n_{tri}} y_{ijk} \cdot \frac{1}{3} + \sum_{k=15}^{17} \sum_{i=n_{tri}+1}^{nd} y_{ijk} \cdot \frac{1}{2} = x_{j_k},$$

za $(j_k = n_{10} + 1, \dots, n_{11})$

$$\sum_{k=3}^5 \sum_{j=n_2+1}^{n_3} y_{ijk} \cdot p_j < 3 \quad \text{za } (i = 1, \dots, nd).$$

Ako je u nekom mesecu planiran veliki broj ponavljanja jela koja se peku u pećnicama to ograničenje glasi:

$$1 < \sum_{k=3}^5 \sum_{j=n_2+1}^{n_3} y_{ijk} \cdot p_i < 3$$

$$\sum_{j_1=n_2+1}^{n_3} \sum_{j_2=n_3+1}^{n_4} y_{ij_1k} \cdot y_{ij_2(k+3)} \cdot s_{j_1j_2} = 1, \quad k = 3, 4 \text{ i } 5$$

$$\sum_{j=n_9+1}^{n_{10}} y_{ij_{10}} \cdot y_{ijk} = 0, \quad k = 18, 19 \text{ i } 20, (i = 1, \dots, nd)$$

$$\sum_{k=15}^{17} \sum_{j_1=n_9+1}^{n_{10}} \sum_{j_2=n_{10}+1}^{n_{11}} y_{ij_1(k+3)} \cdot y_{ij_2k} = 0, \quad (i = 1, \dots, nd)$$

$$g_{lq} \cdot \sum_{k=3}^5 \sum_{j_1=nn_{(l-1)}+1}^{nn_l} y_{ij_1k} \cdot \sum_{k=11}^{13} \sum_{j_2=m_{(q-1)}}^{nq} y_{ij_2k} = 0$$

za $(i = 1, \dots, nd)$, $(l = 1, \dots, 10)$, $(q = 1, \dots, 6)$; $mn_0 = 0$; $m_0 = 0$,

$$\sum_{k=12}^{13} \sum_{t=n_5+1}^{n_7} \sum_{j=1}^{n_1} y_{it_k} \cdot y_{ij_l} \cdot vd_{jt} = 1$$

$$\sum_{k=1}^{20} \sum_{j=1}^n y_{vj_k} - y_{ijk} = 0 \text{ za svako } (v = 1, 2, \dots, i-1, i+1, \dots, nd)$$

Model koji smo ovde izložili potpuno oponaša planiranje mesečnih jelovnika za obrok 1, a uz male izmene, prvenstveno u nekim notacijama, može se prilagoditi za planiranje mesečnih jelovnika za obrok 2.

Planiranjem mesečnih jelovnika treba ostvariti da njihove energetske vrednosti što manje odstupaju od planiranih. U slučaju potreba, izloženi model se može proširiti dodavanjem novih potciljeva koje treba ostvariti.

Model planiranja dnevnika jelovnika zadatak je ciljnog programiranja s obzirom na oblik funkcije cilja koju treba minimizirati. Budući da nepoznate y_{ijk} mogu uzeti samo vrednost 0 ili 1, to je i model celobrojnog „0—1” programiranja, a pošto su sva ograničenja linearna, matematički model oblika (3) je i iz oblasti linearnog programiranja.

3. Metode rešavanja problema i njihova primena

Jedna od uspešnih i proverenih procedura rešavanja formulisanog matematičkog modela oblika (2) zasniva se na korišćenju jedne nove iterativne varijante metode Monte Karlo zasnovane na hiper-

geometrijskoj raspodeli.⁴ Razvijeni algoritam dao je mnoštvo prednosti nad drugim sličnim postupcima, naročito kada se radi o matematičkim modelima sa velikim brojem aktivnih veza u skupu ograničenja kakav je slučaj kod modela oblika (2) i njegove proširene varijante. Te prednosti su proverene posredstvom razvijenog, testiranog i na više realnih primera, velikih dimenzija, ispitano¹ paketa programa. Programi su instalirani na računarima Honeywell-66 i PDP-11/70. Za probleme planiranja i programiranja ishrane, koji sadrže oko 200 nepoznatih, obrada je trajala u proseku od 60 do 90 minuta. Jedan od jednostavnijih realnih primera, koji je rešavan, imao je, koristeći se notacijama iz modela oblika (2):

$$n_1 = 15, n_2 = 26, n_3 = 71, n_4 = 87, n_5 = 97$$

$$n_6 = 122, n_7 = 131, n_8 = 138, n_9 = 147, n_{10} = 163.$$

Rešenja dobijena primenom razvijenog algoritma i odgovarajućeg paketa programa pokazala su da su u planu ishrane, u okviru fiksiranih troškova, uvek nekoliko puta kvalitetnija jela od jela iz plana koji je dobijen na osnovu „dobre prakse” i iskustva.

Posebno treba istaći da je izložena procedura dobijanja rešenja simulacionog karaktera koja daje zadovoljavajuća, ali ne i optimalna rešenja. Radi dobijanja optimalnih rešenja mogu se koristiti razvijeni paketi programa za celobrojno linearno programiranje, a posebno su interesantni novi programi koji se počinju razvijati za celobrojno ciljno programiranje.⁵

Nezavisno od toga, na osnovu dosadašnjih rezultata koji su dobijeni u ovom radu, kako u odnosu na razvijene matematičke modele, tako i u odnosu na razvijeni algoritam i programske pakete, pružaju se velike mogućnosti za unapređenje celokupnog procesa planiranja i programiranja ishrane. Sve to omogućava neposrednu praktičnu primenu dobijenih rezultata, u okviru čega se mogu postići značajni efekti i povećati kvalitet ishrane.

⁴ Ova metoda je detaljno izložena u sledećim radovima:

Petrić, J., Zafirović, M.: *Solving of Human Nutrition Problems, by Application of Iterative Variant of Monte Carlo Method and Hypergeometrie Distribution*, Fourth International Symposium Modeling, Identification and Control, Grindelmald 1985, P. 1—5.

Maldenović, N., Petrić, J.: *Analiza nekih varijanti određivanja rešenja modela ishrane*, Zbornik radova, SYM-OP-IS '84, Herceg Novi, 1984, str. 485—495.

Zafirović, M., Petrić, J.: *Rešavanje problema društvene ishrane primenom interaktivne varijante Monte Karlo metode i hipergeometrijske raspodele*, Zbornik radova SYM-OP-OS '84 Herceg Novi, 1984, str. 911—921.

⁵ Osnove tih programa date su u sledećim radovima:

Lee, S. M. — *Interaction Integer Goal Programmin Methods and Application*. Proceedings Multiple Criteria Problem Solving (Bufalo), Springer-Verlag 1977; Lee, S. M., Morris, R., *Integer Goal Programming Methods*. Multiple Criteria Decision Moking, Holland Publishing Co, Amsterdam 1977.

Posebno su razvijeni programi za izradu mesečnih jelovnika zasnovani na modelu oblika (3) ciljnog celobrojnog programiranja tipa „0—1”. Svi ovi programi napisani su programskim jezikom FORTRAN IV za računar H-66. Algoritmi za rešavanje modela (3) i odgovarajući paketi programa za izradu mesečnih jelovnika za obroke broj 1 i broj 2 dati su u radu Mesečni jelovnici za obroke broj 1 i broj 2, gde se mogu naći i drugi korisni detalji koji su važni za njihovu primenu.⁶

Dosadašnja istraživanja pokazala su se ne samo teorijski značajna, razvojem originalnih matematičkih modela i primenom metode Monte Karlo u njihovom rešavanju, nego i praktično, jer se primenom predložene procedure unapređuje celokupna ishrana, postiže veća ekonomičnost i kvalitet ishrane. Pored planova i programa ishrane za vojnike, pitomce i učenike, koji su dobijeni primenom metoda operacionih istraživanja i računara, značajno je ukazati na mogućnosti proširenja primene dobijenih rezultata na bolesnike pripadnike stranih armija na školovanju u JNA, letache, ishranu na radnom mestu, ishranu u vojnim odmaralištima i slično.

⁶ Mesečni jelovnici za obroke broj 1 i broj 2, Petrić, J.

SUMMARY

APPLICATION OF OPERATIONAL RESEARCH MODELS AND METHODS IN PLANNING AND PROGRAMMING OF NUTRITION IN THE YUGOSLAV PEOPLE'S ARMY

A review of research efforts undertaken heretofore in the field of application of operational research models and methods in nutrition that have been oriented in two directions: 1) in the direction of advancing the methodology of planning and programming of nutrition in the Yugoslav People's Army; and 2) at the working out of monthly menus plans. For these purposes have been developed original mathematical models and methods for which have been worked out corresponding packages of programmes that have been tested for the needs of the YPA and effectively applied in several practical exercises in real dimensions and times

The new mathematical model of nutrition and its widened variant differ from the classical mathematical model first of all by their possibilities, since they contain a large number of connections in the bunch of limitations. They are based on utilization of a new iterative variant of the Monte Carlo method, founded on the hypergeometrical distribution.

Researches undertaken in this field to date have both the theoretical and the practical values for the increasing of economy and quality of nutrition not only in the YPA but in our society in general.

RESUME

APPLICATION DES MODELES ET DES METHODES DES RECHERCHES OPERATIONNELLES EN MATIERE DE PLANIFICATION ET DE PROGRAMMATIONS DE L'ALIMENTATION DANS L'APY

Le présent article donne une vue d'ensemble des recherches sur l'application des modèles et des méthodes de recherches opérationnelles dans le domaine de l'alimentation qui avaient évolué dans deux sens: (1) promouvoir la méthodologie de la planification et de la programmation de l'alimentation dans l'OPY, et (2) faire des menus mensuels. A cette fin, ont été mis au point des modèles et des méthodes mathématiques originaux pour lesquels des paquets de programme adéquats ont été réalisés testés selon les besoins de l'APY et appliqués avec succès dans le cadre de plusieurs missions concrètes de dimensions réelles.

Le nouveau modèle mathématique de l'alimentation en variante élargie diffère du modèle mathématique classique avant tout par ses possibilités du fait de son très grand nombre de variantes qu'il offre dans le cadre de l'ensemble de limites. Il est fondé suivant une nouvelle variante itérative de la méthode dite de Monte Carlo fondé sur une distribution hypergémétrique.

Les recherches faites jusqu'ici dans ce domaine présentent un intérêt à la fois théorique et pratique pour promouvoir l'économicité et la qualité de l'alimentation dans l'APY, ainsi que, sur une plus vaste échelle, dans la société prise dans son ensemble.

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ОПЕРАЦИОННЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ В ПЛАНИРОВАНИИ ПИТАНИЯ В ЮНА

В приложении дается обзор исследований в области применения моделей и методов операционных исследований в питании, которые проводились в двух направлениях: 1) совершенствование методологии планирования и программирования питания в ЮНА и 2) изготовление месячных меню. С этой целью были развернуты оригинальные математические модели и методы, для которых реализованы соответствующие пакеты программ, которые для потребностей ЮНА проверялись и применялись в нескольких конкретных заданиях реальных размеров.

Новая математическая модель питания и ее расширенные варианты отличаются от классических математических моделей, в первую очередь по своим возможностям, ибо обладают большим количеством активных связей в наборе ограничений. Она покоится на использовании одного нового итеративного варианта метода Монте-Карло, основанного на гипергеометрическом распределении.

До сих пор проведенные исследования в этой области имеют и теоретическое и практическое значения для увеличения экономичности и качества питания и в ЮНА, и во всем обществе.