Dr. sc. IGOR BRAJDIĆ, izvanredni profesor
Fakultet za turistički i hotelski menadžment u Opatiji, Sveučilište u Rijeci, Hrvatska
JOSIP BOGOVIĆ

PRIMJENA LINEARNOG PROGRAMIRANJA U PROBLEMU PREHRANE U DOMU ZA NEZBIRNUTU DJECU U SLAVONSKOM BRODU

UDK 519.852:613.22)
Primljeno: 19.04.2004.
Prethodno priopćenje

Model prehrane spada u širu skupinu problema pod nazivom problem smjese. U literaturi se koristi kao jedan od tipičnih primjera linearnog programiranja koji se rješava simpleks metodom. Od interesa je istražiti koje su njegove mogućnosti primjene u realnoj situaciji kakva je prehrana u Domu za nezbrinutu djecu u Slavonskom Brodu.
Unatoč određenim ograničenjima simpleks metode, kao i ograničenjima u formulaciji problema koji zanemaruju pitanje ukusa, rješavanjem postavljenog matematičkog modela prehrane primjenom simpleks metode dolazimo do optimalnog rješenja koje zadovoljava sve uvjete koje su postavljeni u samoj formulaciji zadatka. Primjena modela uz njegovo rješavanje simpleks metodu pokazuje da je moguća godišnja ušteda samo na jednom obroku od 74.866 kuna. Dobiveni rezultati mogu poslužiti kao orijentir u analizi troškova doma te pomoći u boljem upravljanju troškovima odnosno pomoći u određivanju optimalnog financiranja prehrane te na taj načina smanjiti troškove prehrane i bacanje hrane svesti na minimum.

Ključne riječi: problem prehrane, linearno programiranje, simpleks metoda.

UVOD

Model ishrane je reprezentant linearnog programiranja koji se primjenjuje na području menadžmenta te kao takav predstavlja statistički model koji ima osnovne značajke primjenjivosti. Ograničenje mu je što zanemaruje varijabilnost okusa i pretpostavlja kruto zbrajanje nutritivnih komponenata koje su sadržane u raznim namirnicama koje se uvijek nabavljaju po istoj cijeni bez obzira na količinu.

Unatoč evidentnim nedostacima ove metode, njena primjena dolazi do izražaja u nekim specifičnim situacijama kao što je ishrana s najmanje troškova za potrebe vojske ili za potrebe neke dovoljno velike zajednice, u slučajevima kao što su prirodne katastrofe, rat, bolest, siromaštvo itd.

Dom za nezbrinutu djecu u Slavonskom brodu spada u takvu kategoriju specifičnih situacija u kojima se takav model može primjenjivati. Iz tih razloga će se u ovom radu primijeniti kako sam ametmatički model tako i simpleks metodu za njegovo rješavanje na jednom dnevnom menu, koji se sastoji od doručka, užine, ručka i večere, u domu za nezbrinutu djecu u Slavonskom Brodu, koji trenutno ima 45 štićenika. Tom domu je od vitalnog interesa da uz minimalizaciju troškova nabave namirnica zadovolji dnevne potrebe za osnovnim nutritivnim elementima.

1. POSTOJEĆE STANJE

Na dnevnom menu štićenici doma za nezbrinutu djecu su imali slijedeće:

- za doručak: kruh s eurokremom i mlijekom
- za užinu: kruške, jabuke, banane
- za ručak: juhu, pečene piliće, riži-biži, kupus salata
- za večeru: krompirača s mljevenim mesom i jogurt.

U tablici ćemo prikazati količinu upotrijebljenih namirnica za pojedine obroke te nabavnu cijenu upotrijebljenih namirnica.

Tablica 1. **Dnevni obroci s cijenom koštanja**

	Količina	Cijena (kn/ kg)	Suma (količina * cijena)
Doručak			
- kruh	20 kom.	2,80	56
- mlijeko	12 l	3,80	45,6
- eurokrem	1 kg	35,76	35,76
Užina			
- kruške	10 kg	2,50	25
- jabuke	5 kg	2,50	12,5
- banane	3 kg	3	9
Ručak			
- pilići	8,5 kg	18,79	159,72
- mast	1 kg	8,54	8,54
- tijesto	0,5 kg	8,13	4,06
- grašak	5 kg	10,85	54,25
- riža	10 kg	5	50
- kupus	5 kg	3,05	15,25
- ulje	2 l	9,53	19,06
- ocat	1 l	5,28	5,28
Večera			
- kore za pitu	5	15,79	78,95
- ulje	3 l	9,53	28,59
- krumpir	20	1,46	29,2
- jogurt	50 kom	1,60	80
- svinjetina	2,5	21,96	54,9
- junetina	1,50	46,36	69,54
- crveni luk	1	4,39	4,39

Izvor: Računovodstvo doma za nezbrinutu djecu Slavonski Brod

Iz tablice je vidljivo da je ukupna cijena doručka 137,36 kn, užine 46,5 kn, ručka 316,16 kn i večere 345,57 kn odnosno cijena ukupnog dnevnog menu-a je 844,09 kn.

U slijedećoj tablici ćemo prikazati nutritivne elemente pojedinih namirnica.

Tablica 2. **Nutritivni elementi pojedinih namirnica u 100 g jestivog dijela**

Namirnice	Energija (kcal)	Ugljikohidrati (g)	Bjelančevine (g)	Ca (mg)	Fe (mg)	B_1 (mg)	B_2 (mg)
Kruh	263	52,1	8,7	77	2,4	4,46	0,34
Mlijeko	60	4,7	3,3	119	-	0,04	0,16
Eurokrem	518	26,7	12,5	6,4	79	0,05	0,35
Kruške	59	15,1	0,4	11	0,3	0,02	0,04
Jabuke	59	15,3	0,2	7	0,2	0,02	0,01
Banane	92	23,4	1	6	0,3	0,05	0,10
Pilići	213	0,1	18,3	11	1,3	0,06	0,19
Tijesto	383	71,8	12,9	35	2,9	0,88	0,38
Grašak	337	61,3	22,5	83	6,7	0,61	0,22
Riža	362	80,5	6,7	24	2,9	0,44	0,03
Kupus	24	5,4	1,2	47	0,6	0,05	0,03
Ocat	13	5,3	-	-	-	-	-
Kore za pitu	364	76,1	10,5	16	4,4	0,64	0,40
Krumpir	78	17,5	2,4	8	1	0,15	0,03
Jogurt	61	4,4	3,4	106	-	0,03	0,14
Svinjetina	233	-	27	8	1,3	0,69	0,36
Junetina	234	-	18,7	7	2	0,06	0,25
Crveni luk	34	7,3	1,2	25	0,4	0,06	0,10
Ukupno	3417	467	150,9	596,4	105,8	8,31	3,13

Izvor: B. Šimundić.: « Poznavanje robe », Tiskara Rijeka d.d., Rijeka, 1994., str. 426-446.

Nadalje, prema preporuci RDA iz 1974. godine preporučeni unosi za pojedine obroke na 3000 kcla dnevno su slijedeći[1] : doručak 25 %, užina 15 %, ručak 35 % i večera 25 %. Pošto su nam poznati ovi podaci možemo formirati tablicu s minimalnom količinom potrebnih sastojaka po pojedinom obroku.

Tablica 3. **Minimalna količina potrebnih sastojaka po pojedinom obroku**

Obrok	Ugljikohidrati (g)	Bjelančevine (g)	Ca (mg)	Fe (mg)	B1 (mg)	B2 (mg)
Doručak	116,75	37,725	149,1	26,45	2,0775	0,7825
Užina	70,05	22,635	89,46	15,87	1,2465	0,4695
Ručak	163,45	52,815	208,74	37,03	2,9085	1,0955
Večera	116,75	37,725	149,1	26,45	20,775	0,7825

[1] Ana Brodarec: « Prehrana učenika u osnovnim, srednjim i visokoškolskim organizacijama i učeničkim domovima », Zavod za prosvjetno-pedagošku službu SR Hrvatske, Zagreb, 1983., str. 19.

Pomoću gore navedenih podataka pristupit će se rješavanju problema prehrane pomoću matematičkog pristupa standardnom problemu minimuma s ciljem smanjenja troškova uz odgovarajuća ograničenja.

2. OPĆI MODEL PREHRANE

Od mnogobrojnih problema primjene koji spadaju u područje primjene linearnog programiranja na području menadžmenta, mogu se kao tipični navesti model prehrane i model proizvodnje. U nastavku će se detaljnije prikazati model prehrane kojeg je prvi 1945. godine postavio G. J. Stigler, a riješen je primjenom simpleks metode 1947. godine. Problem je obuhvaćao 77 namirnica i 9 hranjivih elemenata.

Kod modela prehrane pretpostavlja se da na tržištu imamo na raspolaganju n različitih tipova namirnica F_1, F_2.....,F_n s odgovarajućim cijenama c_1, c_2, ...,c_n . Ishrana se sastoji od nekog vektora X kojeg čine nenegativni realni brojevi, tj. $X= (x_1, x_2,...x_n)$, u kojem j – ta komponenta izražava količinu namirnice F_j koja se mora potrošiti unutar nekog perioda, npr. unutar jednog dana ili jednog obroka.

Da bi ishrana bila moguća mora sadržavati poznate i dovoljne količine b_1, b_2, ...b_m osnovnih nutritivnih elemenata (masti, ugljikohidrata, vitamina itd.) N_1, N_2, ...N_m. Pretpostavlja se da je svaki $b_i >0$. Također je poznato da je u jednoj jedinici namirnica sadržana neka količina $a_{ij} \geq 0$ nutritivnog elementa N_i.

Svi izneseni podaci se mogu pregledno prikazati u obliku sljedeće tabele.

Tablica 4. **Tabelarni prikaz općeg problema ishrane**

	F_1	F_2	....	F_n	
N_1	a_{11}	a_{12}	....	a_{1n}	b_1
N_2	a_{21}	a_{22}	....	a_{2n}	b_2
....	.....	....	....	....	....
N_m	a_{m1}	a_{m2}	....	a_{mn}	b_m
	c_1	c_2	....	c_n	

Da bi ishrana bila moguća nužno je i dovoljno da se ispitaju sljedeće nejednadžbe:

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots\dots + a_{in}x_n \geq b_i \quad i = (1, 2, ...,n) \qquad (1)$$

Te nejednadžbe tvore sustav ograničenja.

Problem se sastoji u tome da se ispita postoje li moguće ishrane, odnosno n – torke realnih nenegativnih brojeva x_j a koje zadovoljavaju uvjete (1); da bi se u pozitivnom slučaju izabralo između mogućih ishrana (obroka) jednu optimalnu, čiji trošak

$$z = c_1x_1 + c_2x_2 + ... + c_nx_n$$

proizlazi najmanji.

Može se dokazati da je za postojanje moguće ishrane dovoljno da je svaki nutritivni element sadržan u najmanje jednoj namirnici, tj. da je u svakom retku matrice A koeficijenata a_{ij} barem jedan pozitivan element. U tom slučaju se dokazuje da između mogućih ishrana postoje i optimalne.

Problem se može napisati u sažetoj formi, koristeći matrični zapis. U tu svrhu, ako označimo sa X (n – dimenzionalan vektor-stupac) varijable odluke, sa C (n-dimenzionalan vektor-redak) koeficijent troškova , sa B (m - dimenzionalan vektor-stupac) nutritivne potrebe, i s matricom tipa (m × n), čiji su elementi koeficijenti a_{ij} , i koja se još naziva nutriciona matrica, problem ishrane se može formulirati na slijedeći način:

$$\text{Min } Z = CX$$
uz uvjete
$$AX \geq B$$
$$X \geq 0$$

Model ishrane nije bez stvarnog interesa, iako u obliku kakav je prikazan može izgledati nedovoljno primjenjiv u stvarnim situacijama no, u nekim specifičnim situacijama kao što je u našem slučaju siromaštvo može biti primjenjiv.

3. FORMULACIJA ZADATKA

Od različitih namirnica koje su korištene u dnevnome menu treba odrediti koju količinu namirnica treba kupiti pa da, uz zahtjev za minimalnom količinom potrebnih sastojaka, troškovi nabave budu najmanji. U nastavku ćemo prvo prikazati postojeće dnevne menu-e u matematičkom obliku te primjenu simpleks metode na matematičkom modelu ručka.

3.1. Doručak

Tablica 5. **Struktura obroka**

	Kruh	**Mlijeko**	**Eurokrem**	**Minimalne količine sastojaka**
Ugljikohidrati	52,1	4,7	26,7	116,75
Bjelančevine	8,7	3,3	12,5	37,725
Ca	77	119	6,4	149,1
Fe	2,4	-	79	26,45
B_1	4,46	0,04	0,05	2,07
B_2	0,34	0,16	0,35	0,78
Jed. cijena	2,8	3,80	35,76	
Količina artikla u obroku	X_1	X_2	X_3	

Matematički model problema

$\text{Min } z = 2{,}8x_1 + 3{,}80x_2 + 35{,}76x_3$

$52{,}1x_1 + 4{,}7x_2 + 26{,}7x_3 \geq 116{,}75$
$8{,}7x_1 + 3{,}3x_2 + 12{,}5x_3 \geq 37{,}725$
$77x_1 + 119x_2 + 6{,}4x_3 \geq 149{,}1$
$2{,}4x_1 + 79x_3 \geq 26{,}45$
$4{,}46x_1 + 0{,}04x_2 + 0{,}05x_3 \geq 2{,}07$
$4{,}46x_1 + 0{,}04x_2 + 0{,}05x_3 \geq 0{,}78$
$x_1, x_2, x_3 \geq 0$

Kanonsko – simpleks forma:

$\text{Min } z = 2{,}8x_1 + 3{,}80x_2 + 35{,}76x_3 + Mw_1 + Mw_2 + Mw_3 + Mw_4 + Mw_5 + Mw_6 - 0v_1 - 0v_2 - 0v_3 - 0v_4 - 0v_5 - 0v_6$

$52{,}1x_1 + 4{,}7x_2 + 26{,}7x_3 + w_1 - v_1 = 116{,}75$
$8{,}7x_1 + 3{,}3x_2 + 12{,}5x_3 + w_2 - v_2 = 37{,}725$
$77x_1 + 119x_2 + 6{,}4x_3 + w_3 - v_3 = 149{,}1$
$2{,}4x_1 + 79x_3 + w_4 - v_4 = 26{,}45$
$4{,}46x_1 + 0{,}04x_2 + 0{,}05x_3 + w_5 - v_5 = 2{,}07$
$4{,}46x_1 + 0{,}04x_2 + 0{,}05x_3 + w_6 - v_6 = 0{,}78$
$x_1, x_2, x_3, w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6 \geq 0$

Formiranje simpleks tabele

	Cj	2,8	3,80	35,76	M	M	M	M	M	M	0	0	0	0	0	0		
Cj	Baza	A_1	A_2	A_3	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	B	B/a'ij
M	W_1	52,1	4,7	26,7	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	116,75	
M	W_2	8,7	3,3	12,5	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	37,725	
M	W_3	77	119	6,4	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	149,1	
M	W_4	2,4	0	79	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	26,45	
M	W_5	4,46	0,04	0,05	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	2,07	
M	W_6	0,34	0,19	0,35	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0,78	
	z_j																	
	$z_j - c_j$																	

3.2. Užina

Tablica 6. **Struktura obroka**

	Kruške	Jabuke	Banane	Minimalne količine sastojaka
Ugljikohidrati	15,1	15,3	23,4	70,05
Bjelančevine	0,4	0,2	1	22,635
Ca	11	7	6	89,46
Fe	0,3	0,2	0,3	15,87
B_1	0,02	0,02	0,05	1,2465
B_2	0,04	0,01	0,10	0,4695
Jed. cijena	2,50	2,50	3	
Količina artikla u obroku	X_1	X_2	X_3	

Matematički model problema

$\text{Min } z = 2{,}5x_1 + 2{,}5x_2 + 3x_3$

$$15{,}1x_1 + 15{,}3x_2 + 23{,}4x_3 \geq 70{,}05$$
$$0{,}4x_1 + 0{,}2x_2 + x_3 \geq 22{,}635$$
$$11x_1 + 7x_2 + 6x_3 \geq 89{,}46$$
$$0{,}3x_1 + 0{,}2x_2 + 0{,}3x_3 \geq 15{,}87$$
$$0{,}02x_1 + 0{,}02x_2 + 0{,}05x_3 \geq 1{,}2465$$
$$\underline{0{,}04x_1 + 0{,}01x_2 + 0{,}10x_3 \geq 0{,}4695}$$
$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

Kanonsko – simpleks forma:

$\text{Min } z = 2{,}50x_1 + 2{,}50x_2 + 3x_3 + Mw_1 + Mw_2 + Mw_3 + Mw_4 + Mw_5 + Mw_6 - 0v_1 - 0v_2 - 0v_3 - 0v_4 - 0v_5 - 0v_6$

$$15{,}1x_1 + 15{,}3x_2 + 23{,}4x_3 + w_1 - v_1 = 70{,}05$$
$$80{,}4x_1 + 0{,}2x_2 + x_3 + w_2 - v_2 = 22{,}635$$
$$11x_1 + 7x_2 + 6x_3 + w_3 - v_3 = 89{,}46$$
$$0{,}3x_1 + 0{,}2\,x_2 + 0{,}3x_3 + w_4 - v_4 = 15{,}87$$
$$0{,}02x_1 + 0{,}02x_2 + 0{,}05x_3 + w_5 - v_5 = 1{,}2465$$
$$\underline{0{,}04x_1 + 0{,}01x_2 + 0{,}10x_3 + w_6 - v_6 = 0{,}4695}$$
$$x_1, x_2, x_3, w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6 \geq 0$$

Formiranje simpleks tabele

	Cj	2,50	2,50	3	M	M	M	M	M	M
Cj	Baza	A_1	A_2	A_3	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6
M	W_1	15,1	15,3	23,4	1	0	0	0	0	0
M	W_2	0,4	0,2	1	0	1	0	0	0	0
M	W_3	11	7	6	0	0	1	0	0	0
M	W_4	0,3	0,2	0,3	0	0	0	1	0	0
M	W_5	0,02	0,02	0,02	0	0	0	0	1	0
M	W_6	0,04	0,01	0,10	0	0	0	0	0	1
	z_j									
	$z_j - c_j$									

0	0	0	0	0	0		
V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	B	B/a'ij
-1	0	0	0	0	0	70,05	
0	-1	0	0	0	0	22,635	
0	0	-1	0	0	0	89,46	
0	0	0	-1	0	0	15,87	
0	0	0	0	-1	0	1,2465	
0	0	0	0	0	-1	0,4695	

3.3. Ručak

Tablica 7. **Struktura obroka**

	Pilići	**Tijesto**	**Grašak**	**Riža**	**Kupus**	**Minimalne količine sastojaka**
Ugljikohidrati	0,1	71,8	61,3	80,5	5,4	163,45
Bjelančevine	18,3	12,9	22,5	6,7	1,2	52,815
Ca	11	35	83	24	47	208,74
Fe	1,3	2,9	6,7	2,9	0,6	37,03
B_1	0,06	0,88	0,61	0,44	0,05	2,9085
B_2	0,19	0,38	0,22	0,03	0,03	1,0955
Jed. cijena	18,79	8,13	10,85	5	3,05	
Količina artikla u obroku	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	

Matematički model problema

Min $z = 18{,}79x_1 + 8{,}13x_2 + 10{,}85x_3 + 5x_4 + 3{,}05x_5$

$0{,}1x_1 + 71{,}8x_2 + 61{,}3x_3 + 80{,}5x_4 + 5{,}4x_5 \geq 163{,}45$
$18{,}3x_1 + 12{,}9x_2 + 22{,}5x_3 + 6{,}7x_4 + 1{,}2x_5 \geq 52{,}815$
$11x_1 + 35x_2 + 83x_3 + 24x_4 + 47x_5 \geq 208{,}74$
$1{,}3x_1 + 2{,}9x_2 + 6{,}7x_3 + 2{,}9x_4 + 0{,}6x_5 \geq 37{,}03$
$0{,}06x_1 + 0{,}88x_2 + 0{,}61x_3 + 0{,}44x_4 + 0{,}05x_5 \geq 2{,}9085$
$\underline{0{,}19x_1 + 0{,}38x_2 + 0{,}22x_3 + 0{,}03x_4 + 0{,}03x_5 \geq 1{,}0955}$
$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0$

Kanonsko – simpleks forma:
Min $z = 18{,}79x_1 + 8{,}13x_2 + 10{,}85x_3 + 5x_4 + 3{,}05x_5 + Mw_1 + Mw_2 + Mw_3 + Mw_4 + Mw_5 + Mw_6 - 0v_1 - 0v_2 - 0v_3 - 0v_4 - 0v_5 - 0v_6$

$0{,}1x_1 + 71{,}8x_2 + 61{,}3x_3 + 80{,}5x_4 + 5{,}4x_5 + w_1 - v_1 = 163{,}45$
$18{,}3x_1 + 12{,}9x_2 + 22{,}5x_3 + 6{,}7x_4 + 1{,}2x_5 + w_2 - v_2 = 52{,}815$
$11x_1 + 35x_2 + 83x_3 + 24x_4 + 47x_5 + w_3 - v_3 = 208{,}74$
$1{,}3x_1 + 2{,}9x_2 + 6{,}7x_3 + 2{,}9x_4 + 0{,}6x_5 + w_4 - v_4 = 37{,}03$
$0{,}06x_1 + 0{,}88x_2 + 0{,}61x_3 + 0{,}44x_4 + 0{,}05x_5 + w_5 - v_5 = 2{,}9085$
$\underline{0{,}19x_1 + 0{,}38x_2 + 0{,}22x_3 + 0{,}03x_4 + 0{,}03x_5 + w_6 - v_6 = 1{,}0955}$
$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\ w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6 \geq 0$

Formiranje simpleks tabele

	Cj	18,79	8,13	10,85	5	3,05	M	M	M	M
Cj	Baza	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	W1	W_2	W_3	W_4
M	W_1	0,1	71,8	61,3	80,5	5,4	1	0	0	0
M	W_2	18,3	12,9	22,5	6,7	1,2	0	1	0	0
M	W_3	11	35	83	24	47	0	0	1	0
M	W_4	1,3	2,9	6,7	2,9	0,6	0	0	0	1
M	W_5	0,06	0,88	0,61	0,44	0,05	0	0	0	0
M	W_6	0,19	0,38	0,22	0,03	0,03	0	0	0	0
	z_j									
	$z_j - c_j$									

M	M	0	0	0	0	0	0		
W_5	W_6	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	B	B/a'ij
0	0	-1	0	0	0	0	0	163,45	
0	0	0	-1	0	0	0	0	52,815	
0	0	0	0	-1	0	0	0	208,74	
0	0	0	0	0	-1	0	0	37,03	
1	0	0	0	0	0	-1	0	2,9085	
0	1	0	0	0	0	0	-1	1,0955	

Primjenom simpleks metode na matematičkom modelu ručka u sedmoj iteraciji dolazimo do konačnog rješenja s slijedećim rezultatima: $x_5 = 7.2$, $x_1 = 1.05$, $x_4 = 1.47$, $x_3 = 5.75$, $Z = 111.54$. Iz navedenom proizlazi da su troškovi nabave namirnica, uz poštovanje postavljenih ograničenja, smanjeni s 316.16 kn na 111.54 kn što je i bio cilj.

3.4. Večera

Tablica 8. **Struktura obroka**

	Kora	Krumpir	Jogurt	Svinjetina	Junetina	Minimalne količine sastojaka
Ugljikohidrati	76,1	17,5	4,4	-	-	116,75
Bjelančevine	10,5	2,4	3,4	27	18,7	37,725
Ca	16	8	106	8	7	149,1
Fe	4,4	1	-	1,3	2	26,45
B_1	0,64	0,15	0,03	0,69	0,06	20,775
B_2	0,40	0,03	0,14	0,36	0,25	0,7825
Jed. cijena	15,79	1,46	1,60	21,96	46,36	
Količina artikla u obroku	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	

Matematički model problema

$$\text{Min } z = 15{,}79x_1 + 1{,}46x_2 + 1{,}60x_3 + 21{,}96x_4 + 46{,}36x_5$$

$$76{,}1x_1 + 17{,}5x_2 + 4{,}4x_3 \geq 116{,}75$$
$$10{,}5x_1 + 2{,}4x_2 + 3{,}4x_3 + 27x_4 + 18{,}7x_5 \geq 37{,}725$$
$$16x_1 + 8x_2 + 106x_3 + x8_4 + 7x_5 \geq 149{,}1$$
$$4{,}4x_1 + x_2 + 1{,}3x_4 + 2x_5 \geq 26{,}45$$
$$0{,}64x_1 + 0{,}15x_2 + 0{,}03x_3 + 0{,}69x_4 + 0{,}06x_5 \geq 20{,}775$$
$$\underline{0{,}40x_1 + 0{,}03x_2 + 0{,}14x_3 + 0{,}36x_4 + 0{,}25x_5 \geq 0{,}7825}$$
$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0$$

Kanonsko – simpleks forma:

$$\text{Min } z = 15{,}79x_1 + 1{,}46x_2 + 1{,}60x_3 + 21{,}96x_4 + 46{,}36x_5 + Mw_1 + Mw_2 + Mw_3 + Mw_4 + Mw_5 + Mw_6 - 0v_1 - 0v_2 - 0v_3 - 0v_4 - 0v_5 - 0v_6$$

$$76{,}1x_1 + 17{,}5x_2 + 4{,}4x_3 + w_1 - v_1 = 116{,}75$$
$$10{,}5x_1 + 2{,}4x_2 + 3{,}4x_3 + 27x_4 + 18{,}7x_5 + w_2 - v_2 = 37{,}725$$
$$16x_1 + 8x_2 + 106x_3 + 8x_4 + 7x_5 + w_3 - v_3 = 149{,}1$$
$$4{,}4x_1 + x_2 + 1{,}3x_4 + 2x_5 + w_4 - v_4 = 26{,}45$$
$$0{,}64x_1 + 0{,}15x_2 + 0{,}03x_3 + 0{,}69x_4 + 0{,}06x_5 + w_5 - v_5 = 20{,}775$$
$$\underline{0{,}40x_1 + 0{,}03x_2 + 0{,}14x_3 + 0{,}36x_4 + 0{,}25x_5 + w_6 - v_6 = 0{,}7825}$$
$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\, w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6 \geq 0$$

Formiranje simpleks tabele

	Cj	15,79	1,46	1,60	21,96	46,36	M	M	M	M
Cj	Baza	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	W1	W_2	W_3	W_4
M	W_1	76,1	17,5	4,4	0	0	1	0	0	0
M	W_2	10,5	2,4	3,4	27	18,7	0	1	0	0
M	W_3	16	8	106	8	7	0	0	1	0
M	W_4	4,4	1	0	1,3	2	0	0	0	1
M	W_5	0,64	0,15	0,03	0,69	0,06	0	0	0	0
M	W_6	0,40	0,03	0,14	0,36	0,25	0	0	0	0
	z_j									
	$z_j - c_j$									

M	M	0	0	0	0	0	0		
W_5	W_6	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	B	B/a'ij
0	0	-1	0	0	0	0	0	116,75	
0	0	0	-1	0	0	0	0	37,725	
0	0	0	0	-1	0	0	0	149,1	
0	0	0	0	0	-1	0	0	26,45	
1	0	0	0	0	0	-1	0	20,775	
0	1	0	0	0	0	0	-1	0,7825	

ZAKLJUČAK

Unatoč određenim ograničenjima ove metode, koje su spomenute i u samom uvodu, rješavanjem postavljenog matematičkog modela ručka primjenom simpleks metode se dolazi do optimalnog rješenja koje zadovoljava sve uvjete koje su postavljeni u samoj formulaciji zadatka.

Prema dobivenim podacima proizlazi da postoji mogućnost smanjenja troškova nabave namirnica za ručak i to s 316,16 kuna na 111, 54 što daje uštedu po ručku od 204,62 kune, odnosno godišnju uštedu od 74.686 kuna samo na jednom obroku. Dobiveni podaci mogu poslužiti kao orijentir u analizi troškova doma te pomoći u boljem upravljanju troškovima odnosno pomoći u određivanju optimalnog financiranja prehrane te na taj načina smanjiti troškove prehrane i bacanje hrane svesti na minimum.

LITERATURA

1. Brajdić, Igor., *Modeli odlučivanja*, Sveučilište u Rijeci, Hotelijerski fakultet Opatija, Opatija, 1998.
2. Brodarec, Ana., *Prehrana učenika u osnovnim, srednjim i visokoškolskim organizacijama i učeničkim domovima (priručnik),* Zavod za prosvjetno – pedagošku službu SR Hrvatske, Zagreb, 1983.
3. Šimundić, Borislav., *Poznavanje robe*, Tiskara Rijeka d.d., Rijeka, 1994.
4. www.plivazdravlje.hr

Summary

THE APPLICATION OF LINEAR PROGRAMMING IN NUTRITION AT THE CHILDEREN'S HOME IN SLAVONSKI BROD

The nutrition model belongs to a broader set of problems known as mixture problems. In the literature, it is used as one of the typical examples of linear programming solved by the simplex method. It is of interest to investigate the possibilities of applying this model to an actual situation, such as the problem of nutrition at the Children's Home in Slavonski Brod.
Despite certain limitations to the simplex method, as well as limitations in problem formulation, in which the issue of tastes is neglected, by solving the assigned mathematical model for nutrition using the simplex method an optimum solution has been reached which meets all the conditions set forth in the formulation of the problem. The application of the model using the simplex method indicates a possible annual saving of 74,866 kunas per single meal. Results obtained could serve as guidelines in analysing the costs of the Children's Home and in improving costs management by helping to determine the optimum financial schedule for nutrition. Benefits would include reducing the costs of nutrition and minimizing the wastage of food.

Key words: nutrition problem, linear programming, simplex method.