

UPUTSTVO ZA LABORATORIJSKE VEŽBE
NELINEARNO PROGRAMIRANJE
www.laboi.fon.bg.ac.yu

I Korišćenje *Lingo* programa biće prikazano na sledećem primeru (**kvadratno programiranje**):

Preduzeće PP sklopilo je ugovor o transportu određenih količina proizvoda iz skladišta S1 i S2 do prodavnica P1 i P2. Na skladištu S1 nalazi se 50.5, a na S2 40 jedinica proizvoda. Prodavnica P1 naručila je 30.5, a prodavnica P2 60 jedinica proizvoda. Troškovi transporta dati su u tabeli:

	P1	P2
S1	$3x_{11}^2+20x_{11}$	$2x_{12}^2+20x_{12}$
S2	$4x_{21}^2+10x_{21}$	$x_{22}^2+30x_{22}$

Matematički model ima sledeći oblik:

$$\min F(x) = 3x_{11}^2+20x_{11}+2x_{12}^2+20x_{12}+4x_{21}^2+10x_{21}+x_{22}^2+30x_{22}$$

po

$$x_{11}+x_{12}=50.5$$

$$x_{21}+x_{22}=40$$

$$x_{11}+x_{21}=30.5$$

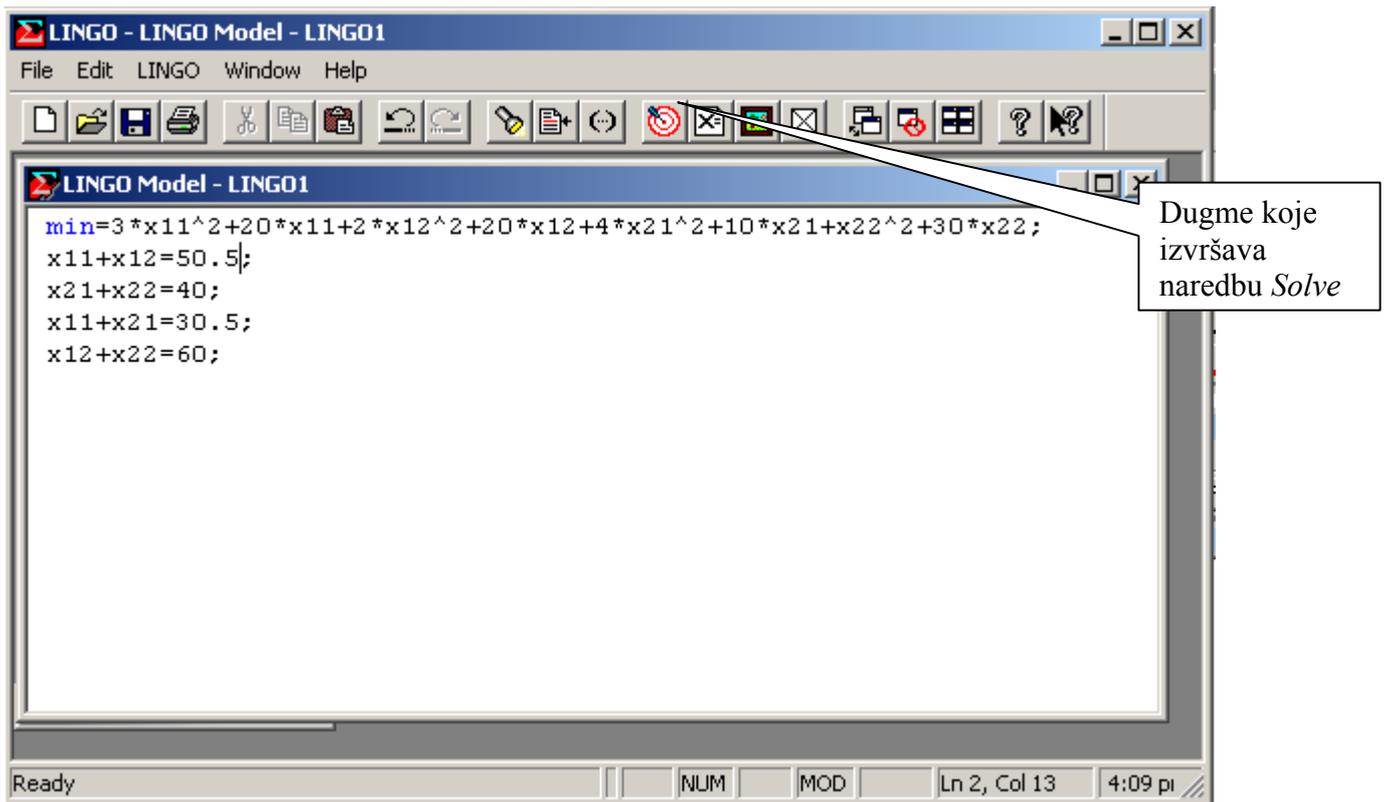
$$x_{12}+x_{22}=60$$

$$x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22} \geq 0$$

Problem će biti rešen u programu *Lingo*.

RAD U LINGO PROGRAMU

Kada se startuje program otvara se sledeći prozor u koji se unosi model.

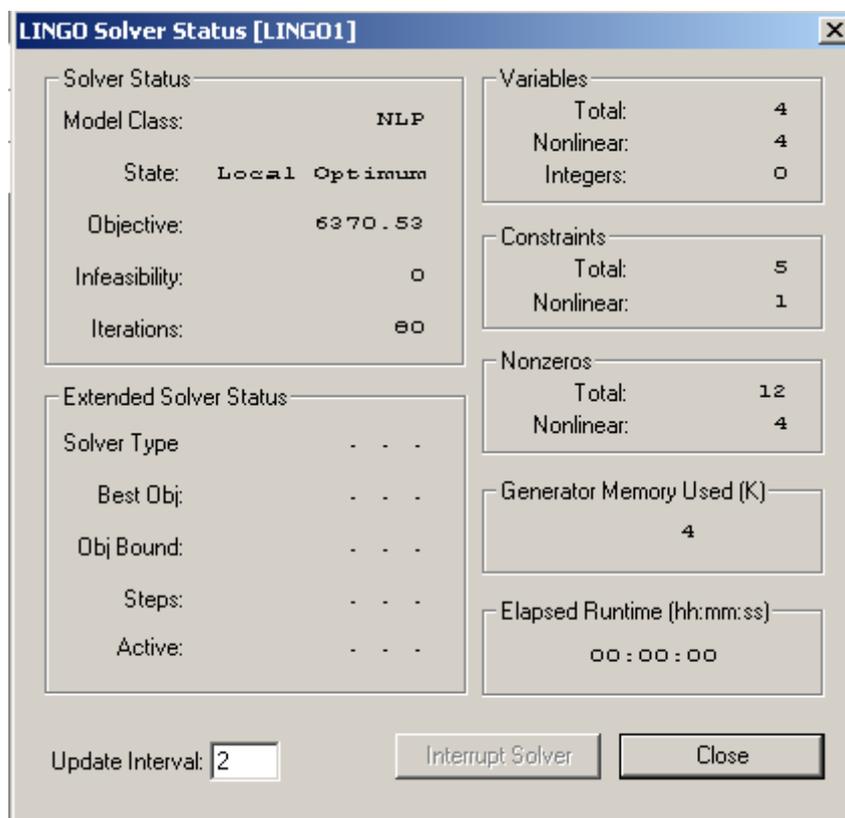


Slika 1

Model se unosi u formatu koji je veoma sličan matematički napisanom modelu (Slika 1). Nakon unošenja cilja (**min** ili **max**) unosi se znak jednakosti i zatim kriterijumska funkcija. Nakon funkcije cilja i nakon svakog ograničenja unosi se tačka-zarez (;).

Nakon unosa modela izaberi opciju *LINGO*, zatim *Solve*. Posle rešavanja problema na ekranu se pojavljuje dijalog (Slika 2). U dijalogu *LINGO Solver Status* su prikazane opšte informacije kao npr. da je rešenje je optimalno i kolika je vrednost funkcije cilja. Ovaj dijalog treba zatvoriti i otvoriti prozor u kome se nalaze rezultati analize – *Solution Report*, (Slika 3).

! Za razliku od programa *Lindo*, u *Lingu* je potrebno unositi operatore (znak za množenje između koeficijenta i promenljive).



Slika 2

Solution Report - LING01

Local optimal solution found at iteration: 80

Objective value: 6370.525

Variable	Value	Reduced Cost
X11	20.35000	0.5109698E-08
X12	30.15000	0.000000
X21	10.15000	0.000000
X22	29.85000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	6370.525	-1.000000
2	0.000000	-140.6000
3	0.000000	-89.70002
4	0.000000	-1.500003
5	0.000000	0.000000

Slika 3

Local optimal solution found at iteration: 80 – Optimalno rešenje nađeno je u iteraciji: 80

Objective value: - Vrednost funkcije cilja

Promenljive se nalaze u koloni *Variable*

Vrednost promenljivih se nalaze u koloni *Value*

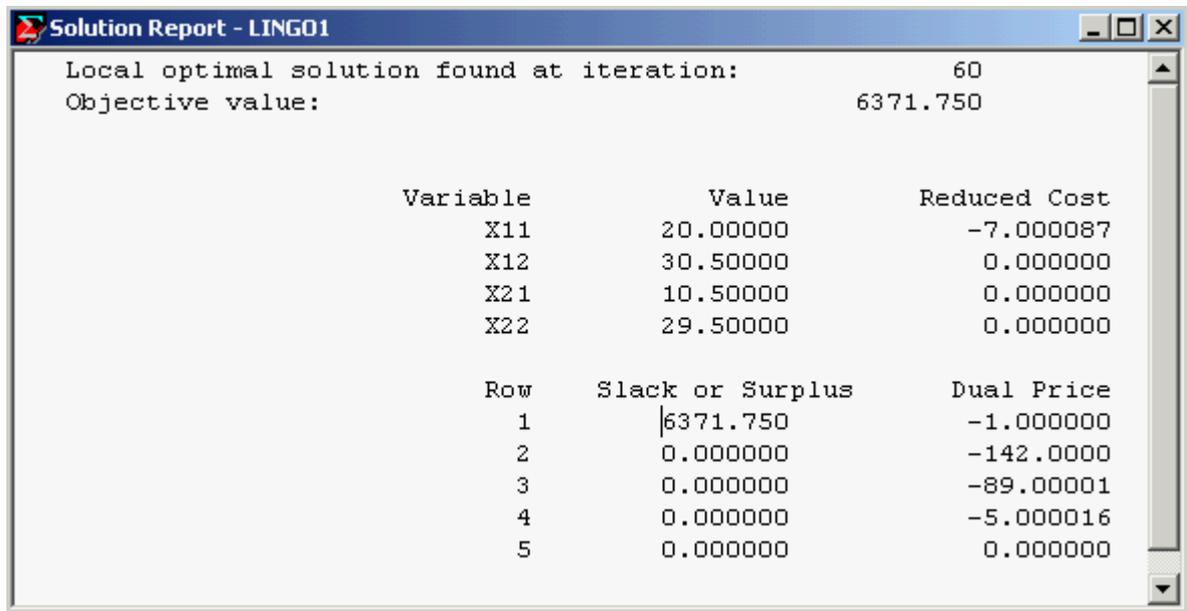
Row: - Red 1 označava funkciju cilja, redovi 2-5 ograničenja

Slack or Surplus: - U ovoj koloni se nalaze vrednosti koliko je proizvoda transportovano manje od zadate vrednosti, za ovaj primer vrednosti su nula, zbog ograničenja koja su jednakosti.

Ukoliko želimo da nam neka od promenljivih (ili sve promenljive) bude celobrojna (u ovom primeru zadaćemo da je potrebno da promenljiva x_{11} bude celobrojna), potrebno je na kraju ispisanog modela *Lingu* uneti sledeću naredbu:

@gin (x11);

Za svaku promenljivu koja treba da bude celobrojna potrebno je ispisati ovakvu naredbu. Nakon biranja opcije *Solve*, dobijamo rešenje:



Slika 4

II 0-1 programiranje

Maksimalna težina koju ranac može da prihvati je 450gr. Na raspolaganju imamo 7 predmeta. Njihove vrednosti i težine dati su u sledećoj tabeli:

	novčanik	telefon	naočare	parfem	sat	nakit	šminka
Vrednost [din]	2500	2000	1500	950	1750	2000	1200
Težina [gr]	175	120	90	70	150	135	100

Potrebno je odrediti koje predmete treba staviti u ranac, a da njihova vrednost bude maksimalna.

U ovom zadatku promenljive mogu uzeti samo jednu od dve vrednosti:

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{ako se } j\text{-ti predmet stavlja u ranac,} \\ 0, & \text{ako se } j\text{-ti predmet ne stavlja u ranac.} \end{cases}$$

Nakon unosa modela u *Lingo* potrebno je uneti naredbu da svaka od promenljivih bude binarna ($\{0,1\}$), (Slika 5):

@BIN (x1);

```

LINGO Model - Ranac
max=2500*x1+2000*x2+1500*x3+950*x4+1750*x5+2000*x6+1200*x7;
175*x1+120*x2+90*x3+70*x4+150*x5+135*x6+100*x7<450;
@BIN(x1);
@BIN(x2);
@BIN(x3);
@BIN(x4);
@BIN(x5);
@BIN(x6);
@BIN(x7);

```

Slika 5

Global optimal solution found at iteration: 0
Objective value: 6700.000

Variable	Value	Reduced Cost
X1	0.000000	-2500.000
X2	1.000000	-2000.000
X3	1.000000	-1500.000
X4	0.000000	-950.0000
X5	0.000000	-1750.000
X6	1.000000	-2000.000
X7	1.000000	-1200.000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	6700.000	1.000000
2	5.000000	0.000000

Slika 6

Nakon unosa modela izabrati opciju *Lingo*, a zatim *Solve*. Zatvoriti dijalog *Lingo Solver Status* i otvoriti prozor u kome se nalaze rezultati analize – *Solution Report* (Slika 6).

! Dobijeno rešenje treba obrazložiti.

Ukoliko program javi poruku o grešci pri unosu, treba je ispraviti pa zatim ponovo rešiti model. Ako je rešenje nedopustivo (*infeasible*) treba proveriti i promeniti koeficijente u ograničenjima i ponovo rešavati problem sve dok se ne dobije optimalno rešenje.

Značenje komandi i primeri nekih realnih problema mogu se naći u *HELP*-u programa.

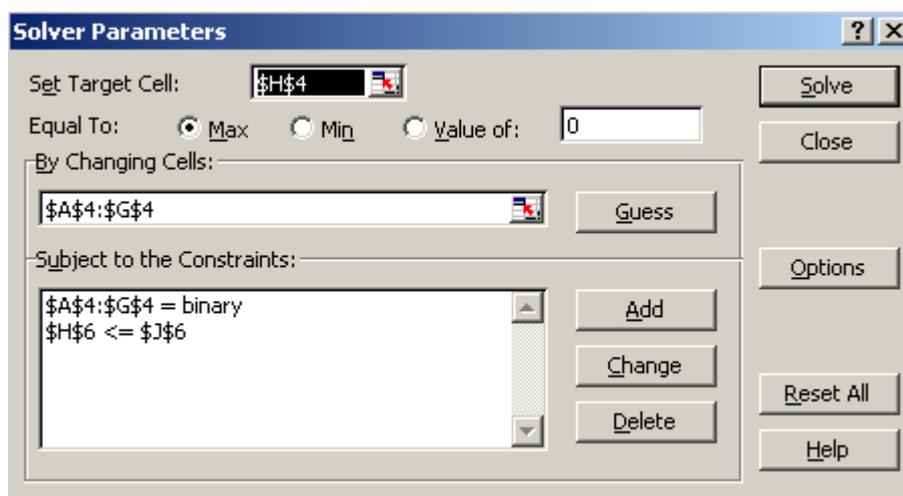
RAD U EXCEL-U

Ako *Solver* nije instaliran treba ući u meni *Tools/Add-Ins*, štiklirati opciju *Solver Add-In*, pritisnuti dugme *OK* i započeti instalaciju. Posle unosa podataka i potrebnih formula za izračunavanje funkcije cilja i ograničenja (Slika 7 – podaci iz zadatka o rancu) izabrati opciju *Tools/Solver*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7			
2	2500	2000	1500	950	1750	2000	1200			
3										
4	0	1	1	0	0	1	1	6700		
5										
6	175	120	90	70	150	135	100	445	<=	450

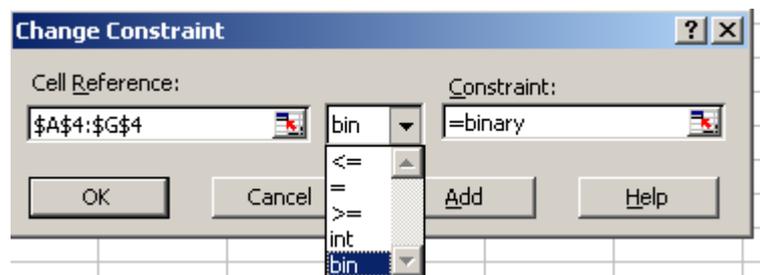
Slika 7

U dijalogu *Solver Parameters* definisati matematički model. Izabrati dugme *Options* i čekirati *Assume Nonnegative*, a pošto je problem nelinearan, ne treba čekirati *Assume Linear Programming*. Osim ograničenja koje postoji u zadatku, svaku promenljivu treba definisati kao binarnu. U *Excel*-u je to rešeno tako što se za svaku promenljivu koja je binarna, definiše ograničenje (Slika 9). Nakon unosa svih potrebnih podataka, izabrati dugme *Solve* i komentarisati rešenje.



Slika 8

! Kod zadataka gde je potrebno da promenljive uzimaju celobrojne vrednosti, u dijalogu *Add Constraint* (Slika 9), svaku promenljivu definisati kao *int*.



Slika 9

! Rešeni primeri u *Excel*-u nalaze se na sajtu.