

# Poslovna analitika i optimizacija

---

Marija Kuzmanović

Diplomske akademske studije  
Poslovna analitika

---

# Sadržaj

- Uvod
    - Poslovna analitika/Poslovni analitičar
  - Obnavljanje gradiva
    - Zašto OI?
    - Osnovni koraci u rešavanju problema primenom OI
  - Studija slučaja
    - Analiza problema i Modeliranje
    - Rešavanje (Primena softvera)
    - Prikaz rezultata sa “Šta-ako” analizom
    - Preporuka menadžmentu
  - Zaključna razmatranja
-

# Poslovna analitika?

- Proces razumevanja potreba za poslovnim promenama, procena uticaja tih promena, snimanje, analiza i dokumentovanje zahteva, a zatim i pružanje podrške u komunikaciji i isporuci tih zahteva relevantnim stranama
- Odnosi se na veštine, tehnologije, prakse za kontinuirano iterativno istraživanje ranijeg poslovanja kako bi se stekao uvid i vodilo poslovno planiranje
- Fokusira se na razvoj novih saznanja i razumevanje poslovanja na osnovu podataka, statističkih i drugih metoda

---

# Poslovni analitičar?

- Koristi sofisticirane metode, mere i alate za postizanje poslovne prednosti i korporativnih ciljeva u oblastima kao što su finansije, proizvodnja, marketing, upravljanje odnosima sa klijentima...
  - Vodeća uloga u:
    - Asistenciji u poslovnim slučajevima
    - Planiranju i praćenju
    - Otkrivanju zahteva
    - Organizaciji zahteva
    - Prevođenju i pojednostavljenju zahteva
    - Upravljanju zahtevima i komunikaciji
    - Analizi zahteva
-

---

# Poslovni analitičar

- Šta je potrebno da bi bili dobar Poslovni analitičar?
  - Osnovne **veštine** obuhvataju:
    - Pisana i verbalna komunikacija, uključujući i tehničke veštine pisanja
    - Razumevanje sistema inženjerskih koncepata
    - Sposobnost da se sprovede analiza troškova/koristi (cost/benefit analiza)
    - Razvoj poslovnih scenarija
    - Metode i tehnike modeliranja
    - Kreativnost!
    - Liderstvo
-

- 
- <https://poslovi.infostud.com/posao/Poslovni-analiticar/Banca-Intesa-a.d/108130>
  - <https://poslovi.infostud.com/posao/Poslovni-analiticar/Centrosinergija-d.o.o/111418>
  - <https://sqlbicro.wordpress.com/2013/04/21/po-slovna-inteligencija-ili-poslovna-analitika/>
-

---

# Zašto OI?

- Operations Research: Real Business Intelligence
    - (Sauder)
  - Better Decisions in a Complex World
    - (Capgemini)
  - Operations Research: The Science of Better
    - (Informs)
  - Operations Research: Making More Out of Information Systems
-

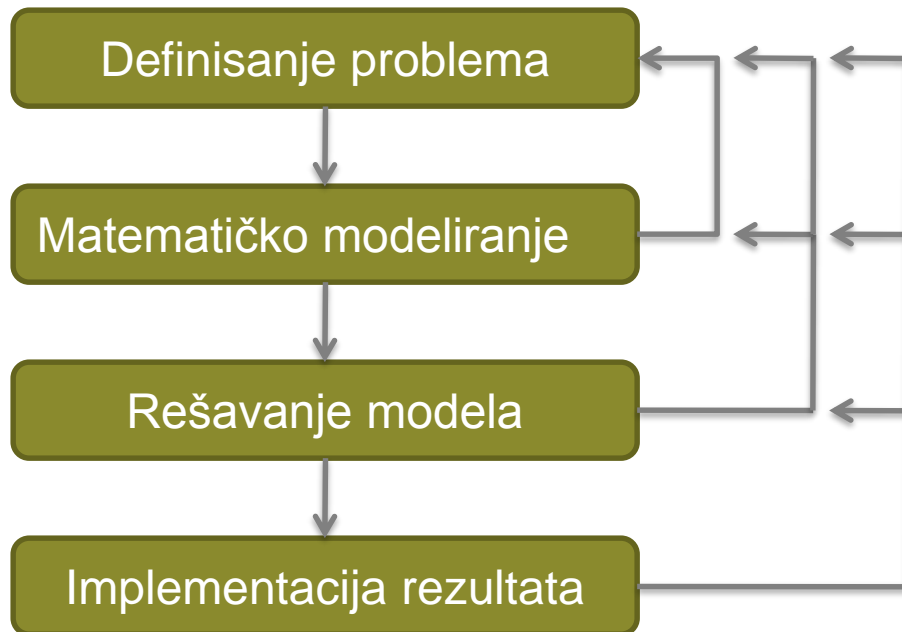
# Šta su operaciona istraživanja?

- Naučni pristup menadžmentu  
*(Management Science)*
- Disciplina koja koristi naučni pristup za rešavanje problema kako bi pomogla menadžmentu da donosi što bolje odluke
- Cilj OI je da predloži pravac delovanja za koji se očekuje da će dovesti do najboljeg rezultata sa onim što je dostupno



# Proces primene OI

- Osnovne faze u procesu rešavanja problema



---

# Definisanje problema

## ■ Koraci

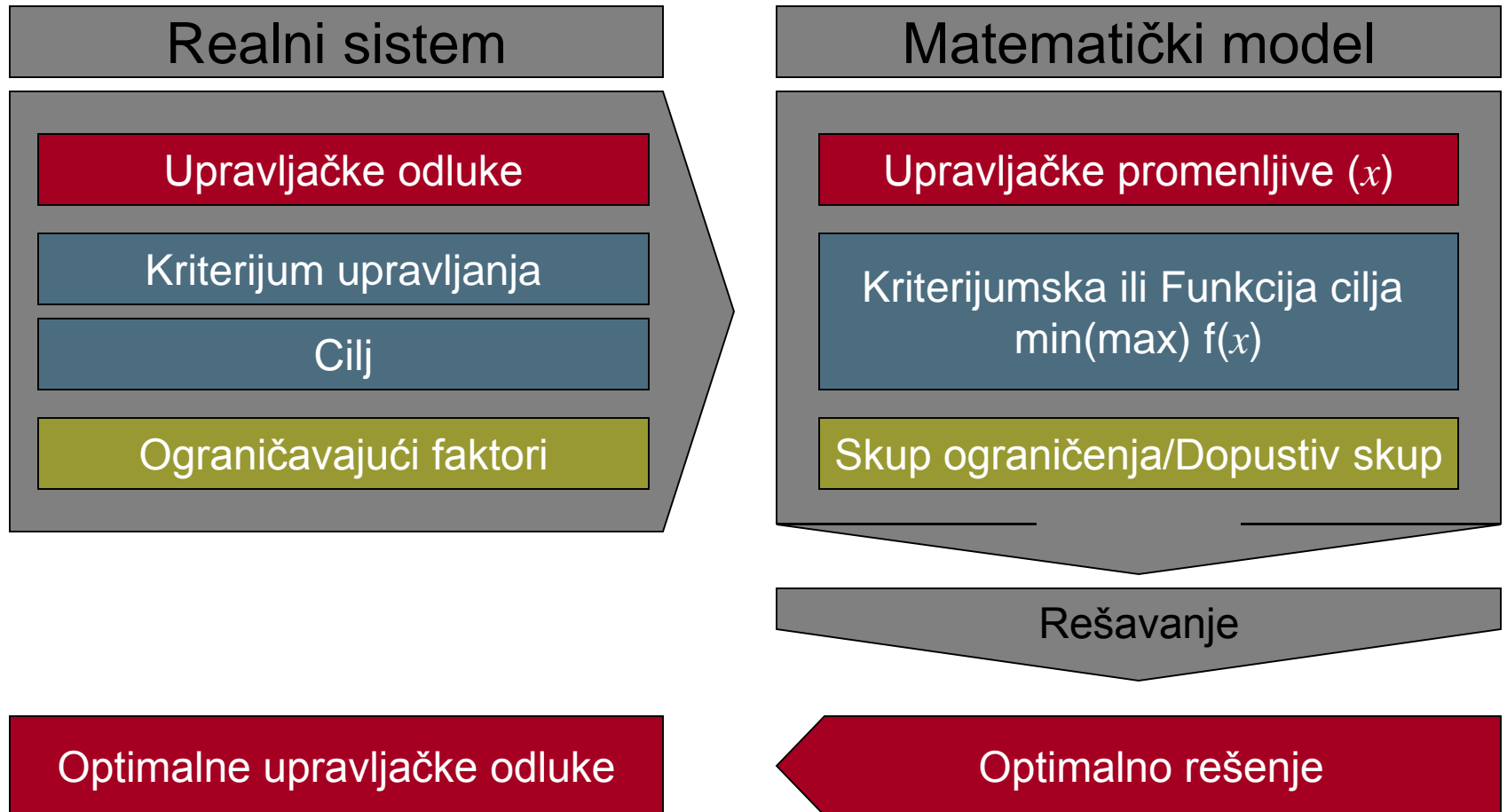
- Posmatrajte operacije
  - Udite u složenost problema
  - Prepoznajte političku realnost
  - Odlučite (identifikujte) šta se zaista htelo postići
  - Identifikujte ograničenja
  - Zahtevajte kontinuirane povratne informacije
-

---

# Matematičko modeliranje

- Procedura koja prepoznaje i verbalizuje problem, a zatim ga kvantifikuje uz pomoć matematičkih izraza
  - Koraci
    - Identifikovanje upravljačkih promenljivih
    - Kvantifikovanje cilja i ograničenja
    - Konstrukcija strukture modela
    - Prikupljanje podataka (uzevši u obzir odnos vremena i troškova)
-

# Od problema do rešenja...



# Klasifikacija matematičkih modela

- Na osnovu svrhe modela
  - Optimizacioni modeli
  - Prediktivni modeli
- Na osnovu stepena izvesnosti podataka u modelu
  - Deterministički modeli
  - Probabilistički (stohastički) modeli

---

# Rešavanje modela

- U zavisnosti od prirode problema...
  - U zavisnosti od matematičkog modela...
  - U zavisnosti od raspoloživih softvera...
- 
- Kreiranje poslovnog izveštaja
    - Struktura!!!
  - Prezentovanje rezultata!
-

# Modeliranje - Ilustrativni primer

Preduzeće planira da u sledećoj godini proizvodi **2 vrste proizvoda (P1 i P2)** na **jednoj mašini (M1)** i uz upotrebu **2 vrste sirovina (S1 i S2)**. Vremena izrade jednog komada proizvoda na mašini su po 5h, a ukupni godišnji kapacitet mašine je 8000h. Za proizvodnju jednog komada prvog proizvoda potrebno je 20 kg prve i 3 kg druge sirovine, a za proizvodnju jednog komada drugog proizvoda 4 kg prve i 27 kg druge sirovine. Preduzeću je na raspolaganju 40000 kg prve i 27000 kg druge sirovine.

**Jedinični profit** od prodaje prvog proizvoda iznosi 80 n.j., a drugog 50 n.j.

Menadžment preduzeća želi da odredi **optimalan godišnji asortiman proizvodnje**, tj. plan kojim obezbeđuje **maksimalan ukupni profit**, uz uslove da se mora proizvesti tačno 3000 kom obe vrste proizvoda zajedno; da se na tržištu može prodati najviše 2200 kom prvog proizvoda, dok se mora obezbediti bar 500 kom drugog proizvoda.

Razmislite...

- Šta su upravljačke promenljive u ovom problemu?
- Šta je kriterijum upravljanja?
- Koji cilj preduzeće želi da ostvari?
- Šta su ograničavajući faktori?

# Prvi korak... definisanje...

- Upravljačke promenljive:
  - $x_1$  – količina prvog proizvoda
  - $x_2$  – količina drugog proizvoda
- Kriterijum upravljanja:
  - Ukupan profit
- Cilj
  - Maksimalni ukupni profit
- Ograničavajući faktori
  - Kapacitet mašine
  - Raspoloživa količina sirovine
  - Tržišni i dodatni zahtevi



# Tabelaran prikaz podataka

	P1	P2	Raspoloživo
M1	5	5	$\leq 8000$
S1	20	4	$\leq 40000$
S2	3	27	$\leq 27000$
Jed. profit	80	50	
Trž. zahtev	max 2200	bar 500	
Trž. zahtev	tačno 3000		

# Matematički model

Funkcija cilja

$$(\min) f(x) = 80x_1 + 50x_2$$

Ograničenja

M1

$$5x_1 + 5x_2 \leq 8000$$

S1

$$20x_1 + 4x_2 \leq 40000$$

S2

$$3x_1 + 27x_2 \leq 27000$$

P1 i P2 tačno 3000

$$x_1 + x_2 = 3000$$

P1 najviše 2200

$$x_1 \leq 2200$$

P2 bar 500

$$x_2 \geq 500$$

prirodno

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

---

# Studija slučaja: Calgary Desk Company (CALDESCO)

- Pročitati pažljivo tekst – opis problema i zahteve
  - Razmislite...
    - Sa kojim problemom se suočio CALDESCO
    - Koji je cilj menadžmenta
    - Koju odluku menadžment želi da donese
    - Kojim resursima raspolaže kompanija
    - Da li postoje tržišni zahtevi... ili neki drugi...
    - Koji je planski period
    - ...Šta-ako?
-

---

# A sada izmodelirajmo problem..

- Upravljačke promenljive?
  - Kriterijum i cilj upravljanja?
  - Ograničavajući faktori?
  
  - Matematički model...
-

# Upravljačke promenljive?

- X1 = Količina Economy Student stolova
  - X2 = Količina Economy Standard stolova
  - X3 = Količina Economy Executive stolova
  - X4 = Količina Basic Student stolova
  - X5 = Količina Basic Standard stolova
  - X6 = Količina Basic Executive stolova
  - X7 = Količina Hand-crafted Student stolova
  - X8 = Količina Hand-crafted Standard stolova
  - X9 = Količina Hand-crafted Executive stolova
-

---

# Kriterijum upravljanja i cilj?

- Kriterijum upravljanja
    - Ukupna dobit (profit)
  - Cilj
    - Maksimalna ukupna dobit u septembru
  - $Dobit = Prihodi - Rashodi$ 
    - Prihodi: Od prodaje stolova
    - Rashodi (?)
-

---

# Ograničavajući faktori

- Resursi
    - Raspoložive količine sirovina (aluminijum, iverica, borovina)
    - Kapaciteti proizvodnih linija (PL1, PL2, PL3)
    - Raspoloživo radno vreme radnika
  - Zahtevane kvote
  - Tržišni zahtevi
  - Ostali zahtevi ...
-

# Matematički model

1/4

## Funkcija cilja

$$\text{MAX } F(X) = 25X_1 + 30X_2 + 40X_3 + 50X_4 + 80X_5 + 125X_6 + 100X_7 + 250X_8 + 350X_9$$

Jedinični profit

## Ograničavajući faktori

### □ Sirovine

$$14X_1 + 24X_2 + 30X_3 \leq 50000; \quad (\text{aluminijum})$$

$$8X_1 + 15X_2 + 24X_3 \leq 30000; \quad (\text{iverica})$$

$$22X_4 + 40X_5 + 55X_6 + 25X_7 + 45X_8 + 60X_9 \leq 200000; \quad (\text{borovina})$$



## Ograničavajući faktori

### □ Kapaciteti proizvodnih linija

Po jedna proizvodna linija

$$1.5X_1 + 2X_2 + 2.5X_3 \leq 9600; \text{ (Proizvodna linija 1)}$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 \leq 9600; \text{ (Proizvodna linija 2)}$$

$$3X_4 + 4X_5 + 5X_6 + 3X_7 + 4X_8 + 5X_9 \leq 19200; \text{ (Proizvodna linija 3)}$$

Dve proizvodne linije

### □ Raspoloživo radno vreme radnika

$$(2 \cdot (1.5 + 1) + 10)X_1 + (2 \cdot (2 + 1) + 11)X_2 + (2 \cdot (2.5 + 1) + 12)X_3 + (2 \cdot (1 + 3) + 15)X_4 + (2 \cdot (1 + 4) + 18)X_5 + (2 \cdot (1 + 5) + 20)X_6 + ((2 \cdot 3) + 20 + 50)X_7 + ((2 \cdot 4) + 25 + 60)X_8 + ((2 \cdot 5) + 30 + 70)X_9 \leq 230400;$$

Formula data u opisu problema

## ■ Ograničavajući faktori

### □ Kvote

Ukupna količina svih stolova koji će biti proizvedeni u septembru:

$$\text{TOTAL} = X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9;$$

$$0.25 * \text{TOTAL} \leq X1 + X2 + X3 \leq 0.50 * \text{TOTAL}; \quad (\text{Economy})$$

$$0.35 * \text{TOTAL} \leq X4 + X5 + X6 \leq 0.55 * \text{TOTAL}; \quad (\text{Basic})$$

$$0.15 * \text{TOTAL} \leq X7 + X8 + X9 \leq 0.25 * \text{TOTAL}; \quad (\text{Hand-Craft})$$

$$0.20 * \text{TOTAL} \leq X1 + X4 + X7 \leq 0.40 * \text{TOTAL}; \quad (\text{Student})$$

$$0.40 * \text{TOTAL} \leq X2 + X5 + X8 \leq 0.65 * \text{TOTAL}; \quad (\text{Standard})$$

$$0.10 * \text{TOTAL} \leq X3 + X6 + X9 \leq 0.25 * \text{TOTAL}; \quad (\text{Executive})$$

## Ograničavajući faktori

- Tržišni uslovi (narudžbe za septembar)

- X1  $\geq$  750; (Tražnja za Economy Student stolovima)
- X2  $\geq$  900; (Tražnja za Economy Standard stolovima)
- X3  $\geq$  100; (Tražnja za Economy Executive stolovima)
- X4  $\geq$  400; (Tražnja za Basic Student stolovima)
- X5  $\geq$  800; (Tražnja za Basic Standard stolovima)
- X6  $\geq$  100; (Tražnja za Basic Executive stolovima)
- X7  $\geq$  25; (Tražnja za Hand-crafted Student stolovima)
- X8  $\geq$  150; (Tražnja za Hand-crafted Standard stolovima)
- X9  $\geq$  50; (Tražnja za Hand-crafted Executive stolovima)

- Prirodna ograničenja?

---

# Rešavanje... Možemo ovako...



Ali...

---

# ... I ovako

## ■ Softver

- Lindo (danas informativno)
  - Lingo (danas informativno)
  - Excel (na nekom od sledećih časova detaljnije)
  - AMPL
  - ...
-

# Rezultati Lingo 1/3

Global optimal solution found

Objective value:

664490.0

Vrednost funkcije cilja (profit)

Variable	Value	Reduced Cost
X1	818.0000	-25.00000
X2	900.0000	-30.00000
X3	100.0000	-40.00000
X4	401.0000	-50.00000
X5	2368.000	-80.00000
X6	646.0000	-125.0000
X7	25.00000	-100.0000
X8	150.0000	-250.0000
X9	808.0000	-350.0000

Vrednosti upravljačkih promenljivih  
(optimalne količine stolova)

# Rezultati Lingo 2/3

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	664490.0	1.000000
2	13948.00	0.000000
3	7556.000	0.000000
4	5073.000	0.000000
5	6323.000	0.000000
6	4367.000	0.000000
7	580.0000	0.000000
8	1.000000	0.000000
9	264.0000	0.000000
10	1290.000	0.000000
11	1239.400	0.000000
12	3.800000	0.000000
13	50.60000	0.000000
14	571.0000	0.000000
15	0.8000000	0.000000
...		

- Vrednosti izravnjavajućih promenljivih
- Neiskorišćenost resursa
  - Prekoračenje zahtevanih vrednosti
  - Odsupanje od zadatih granica

# Rezultati Lingo 3/3

Row	Slack or Surplus	Dual Price
16	1242.400	0.000000
17	931.6000	0.000000
18	622.4000	0.000000
19	932.4000	0.000000
20	0.000000	0.000000
21	68.00000	0.000000
22	0.000000	0.000000
23	0.000000	0.000000
24	1.000000	0.000000
25	1568.000	0.000000
26	546.0000	0.000000
27	0.000000	0.000000
28	0.000000	0.000000
29	758.0000	0.000000

- Vrednosti izravnavajućih promenljivih
- Neiskorišćenost resursa
  - Prekoračenje zahtevanih vrednosti
  - Odsupanje od zadatih granica



# Scenario 0

Optimalne količine stolova i očekivani profit za septembar

Varijanta	Veličina	Tražnja u avgustu	Količina koja maksimizira profit	Treba dodatno targetirati za septembar!	Targ./ Opt. (%)	Očekivani Profit
ECONOMY	STUDENT	750	818	68	8%	20450
	STANDARD	900	900	0		27000
	EXECUTIVE	100	100	0		4000
BASIC	STUDENT	400	401	1		20050
	STANDARD	800	2368	1568	66%	189440
	EXECUTIVE	100	646	546	85%	80750
HAND-CRAFTED	STUDENT	25	25	0		2500
	STANDARD	150	150	0		37500
	EXECUTIVE	50	808	758	94%	282800
					<b>Total</b>	<b>664490</b>

# Scenario 0

Neiskorišćenost resursa za optimalni plan

Resurs	Raspoloživo	Neiskorišćeno	Neiskorišćenou %
Aluminum	50000	13948	28%
Iverica	30000	7556	25%
Borovina	200000	5073	3%
Proizvodna linija 1	9600	6323	66%
Proizvodna linija 2	9600	4367	45%
Proizvodna linija 3	19200	580	3%
Radnici	230400	1	0%

Šta mislite o ovom rešenju?

Da li bi ga preporučili menadžmentu?

Da li uočavate moguće probleme?

Ideje...

# Šta-ako analiza: Scenario 1

Analiza održivosti pokretanja plana bonusa koji košta oko \$35,000 mesečno, a kojim se očekuje da se smanji odsustvovanje radnika sa 20% na 15%.

- Fiksni trošak na mesečnom nivou: **35000**
- Raspoloživo radno vreme svih radnika povećano sa 230400 na **244800** (u minutama)
- Kako se ovo odražava na MM?

$$(2*(1.5+1)+10)X1+(2*(2+1)+11)X2+(2*(2.5+1)+12)X3+ \\ (2*(1+3)+15)X4+(2*(1+4)+18)X5+(2*(1+5)+20)X6+ \\ ((2*3)+20+50)X7+((2*4)+25+60)X8+((2*5)+30+70)X9 \leq \mathbf{244800};$$

# Scenario 1

Optimalne količine i očekivani profit

Varijanta	Veličina	Tražnja u avgustu	Količina koja maksimizira profit	Treba dodatno targetirati za septembar!	Targ./ Opt. (%)	Očekivani Profit
ECONOMY	STUDENT	750	842	92	11%	21050
	STANDARD	900	900	0		27000
	EXECUTIVE	100	100	0		4000
BASIC	STUDENT	400	401	1		20050
	STANDARD	800	2434	1634	67%	194720
	EXECUTIVE	100	532	432	81%	66500
HAND-CRAFTED	STUDENT	25	25	0		2500
	STANDARD	150	150	0		37500
	EXECUTIVE	50	952	902	95%	333200
<b>Total</b>						<b>706520</b>
<b>Troškovi bonusa:</b>						<b>35000</b>
<b>Neto profit</b>						<b>671520</b>

# Scenario 1

## Neiskorišćenost resursa

Resurs	Raspoloživo	Neiskorišćeno	Neiskorišćenou %
Aluminum	50000	13612	27%
Iverica	30000	7364	25%
Borovina	200000	63	0%
Proizvodna linija 1	9600	6287	65%
Proizvodna linija 2	9600	4391	46%
Proizvodna linija 3	19200	166	1%
Radnici	230400	1	0%

Šta mislite o ovom scenariju? Da li je održiv? Da li je bolji od prethodnog? Zašto?

Da li bi ga preporučili menadžmentu?

Da li uočavate moguće probleme?

Ideje...

# Šta-ako analiza: Scenario 2

Analiza mogućnosti kupovine nove proizvodne linije 2 za \$400000 i zapošljavanje 10 novih radnika za \$30000 godišnje po radniku (pretpostavka je da je stopa odsustva 20%).

Mesečni trošak angažovanja dodatnog broja radnika:

$$(30000/12)*10=25000$$

Fiksni trošak nabavke nove proizvodne linije: 400000

Raspoloživo radno vreme svih radnika povećano na 3072000

$$(2*(1.5+1)+10)X1+(2*(2+1)+11)X2+(2*(2.5+1)+12)X3+ \\ (2*(1+3)+15)X4+(2*(1+4)+18)X5+(2*(1+5)+20)X6+ \\ ((2*3)+20+50)X7+((2*4)+25+60)X8+((2*5)+30+70)X9 \leq 3072000;$$

# Scenario 2

Optimalne količine i očekivani profit

Varijanta	Veličina	Tražnja u avgustu	Količina koja maksimizira profit	Treba dodatno targetirati za septembar!	%	Očekivani Profit	
ECONOMY	STUDENT	750	1762	1012	57%	44050	
	STANDARD	900	900	0		27000	
	EXECUTIVE	100	100	0		4000	
BASIC	STUDENT	400	527	127	24%	26350	
	STANDARD	800	1978	1178	60%	158240	
	EXECUTIVE	100	100	0		12500	
HAND-CRAFTED	STUDENT	25	25	0		2500	
	STANDARD	150	175	25	14%	43750	
	EXECUTIVE	50	1588	1538	97%	55800	
		Total					874190
		Troškovi angažovanja novih radnika po mesecu					25000
		Neto profit (nakon što se otplati nova PL)					<b>849190</b>
		Fiksni trošak nabavke					400000

# Scenario 2

## Neiskorišćenost resursa

<b>Resurs</b>	<b>Raspoloživo</b>	<b>Neiskorišćeno</b>	<b>Neiskorišćenou %</b>
Aluminum	50000	732	<b>1%</b>
Iverica	30000	4	<b>0%</b>
Borovina	200000	6	<b>0%</b>
Proizvodna linija 1	9600	4907	<b>51%</b>
Proizvodna linija 2	19200	13833	<b>72%</b>
Proizvodna linija 3	19200	492	<b>3%</b>
Radnici	230400	10	<b>0%</b>



# Scenario 2

- Koliko vremena će trebati da ove promene postanu profitabilne (dok se fiksni troškovi ne isplate)?
  - Ako poredimo profit u Scenariju 2 i u Scenariju 0, razlika je 209700, a s obzirom na cenu nove proizvodne linije od 400000, biće potrebna 2 meseca da se isplati nabavka ove linije
- Nakon što se isplati nova linija, koliko dodatnog profita možete očekivati da zaradite svakog meseca?
  - $874190 - 25000 = 849190$  neto mesečno
  - $849190 - 664490 = 184700$  dodatnog profita mesečno

Šta mislite o ovom scenariju? Da li je bolji od prethodnih? Da li je održiv? Zašto?  
Da li bi ga preporučili menadžmentu?  
Da li uočavate moguće probleme?  
Ideje...

# Sumirajmo...

- Za koji scenario biste se Vi odlučili?
- Da li Vam se čini da su ponuđeni scenariji dobri? Ili bar dovoljno dobri?
- Imate li ideju za novi scenario?
- Molim Vas da još jednom detaljno pogledate rezultate prethodna tri scenarija i na osnovu njih predložite bar jedan novi, koji bi se činio razumnim
- Svoje ideje zabeležite na listu papira.... (potpišite se i na kraju časa predajte nastavniku)
- Budite analitični, ali i kreativni... Iskoristite sva svoja znanja!