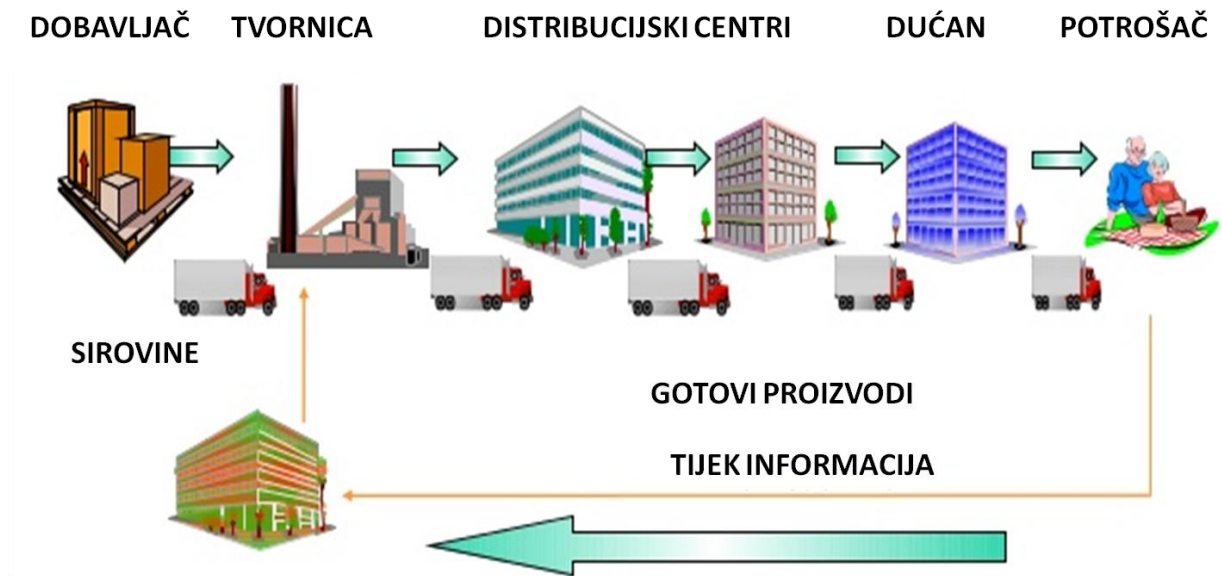


„Upravljanje lancem opskrbe“

dr. sc. Kristina Šorić
Zagrebačka škola ekonomije i managementa
Jordanovac 110, 10000 Zagreb
ksoric@zsem.hr

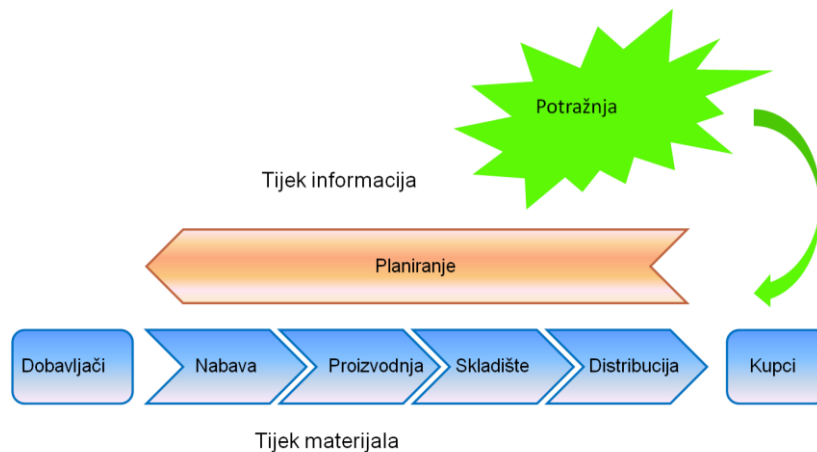


1. Definicija i važnost upravljanja lancem opskrbe

Lanac opskrbe. Je li to logistika, skladištenje, proizvodnja? Tko su sudionici u tom lancu? Zašto je to uopće važno razmatrati i definirati? Zar nije potrošač taj koji je kralj i oko kojeg se sve vrti? Zar ne bi poduzeća trebala sve svoje snage, znanja i umijeća fokusirati na pridobivanje i zadržavanje potrošača? Hm, pa i ne baš! Svaki lanac opskrbe želi biti i efikasan i efektivan. Na strani efektivnosti želi maksimizirati razinu usluge prema potrošaču, a na strani efikasnosti želi minimizirati ukupne troškove u svojim procesima. Kako provesti trade – off između ova dva konfliktna cilja i biti bolji od konkurencije? Mogu li matematika i njezine

metode pomoći u tome? Mogu, mogu, ali najprije da vidimo o čemu se tu radi iz perspektive poslovnih procesa.

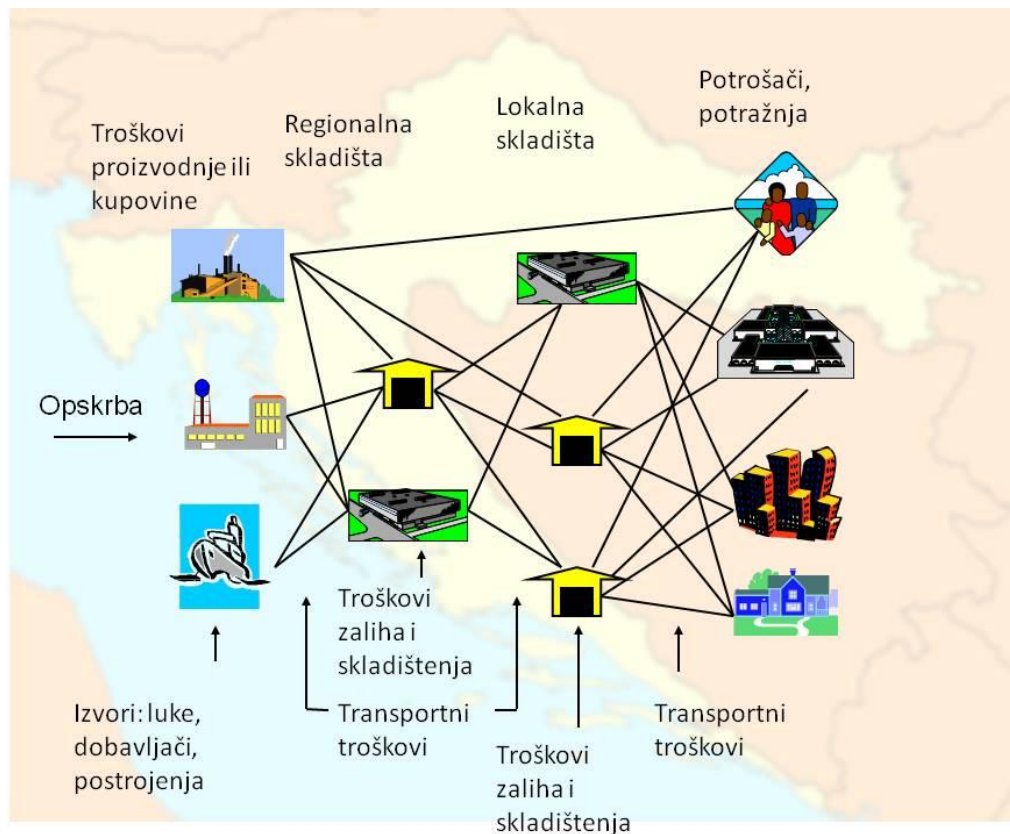
I dan danas se lanac opskrbe poistovjećuje s logistikom. Međutim, razlika je velika. Logistika podrazumijeva **tijek robe i repromaterijala**, pa se samim tim radi o transportu, skladištenju, distribuciji. Lanac opskrbe u sebi uključuje **tijekove informacija i financijske tijekove**. S razvojem informacijske tehnologije lanac opskrbe se počinje promatrati kao cjelina, a spomenuti tijekovi su glavne njegove karakteristike. Dok nije postojala mogućnost brze komunikacije i razmjene informacija, članovi lanca opskrbe su djelovali kao izolirani silosi. Da bi se zadovoljila potražnja na strani potrošača, svaki je član nastojao napraviti svoj posao kako je najbolje znao i imao mogućnosti ne koordinirajući se s ostalim članovima. A mnogi matematički modeli optimizacije pokazuju kako maksimizirati korisnosti svakog člana posebno ne znači maksimizirati korisnost lanca u cjelini. I u tom segmentu koordinirane optimizacije leži rješenje problema s početka teksta. Kako povećati konkurentnost poduzeća, a da se ne povećavaju troškovi? Trendovi pokazuju da se više ne priča o konkurentnosti poduzeća nego o konkurentnosti lanca opskrbe. A da bi lanac opskrbe bio konkurentan treba se promatrati kao cjelina, kao integrirani skup svojih sudionika i tijekova.



Slika 1. Lanac opskrbe

Da bi to bilo moguće, njime se treba pametno upravljati. Što znači upravljati lancem opskrbe? Sve kreće od potrošača. On ima neku svoju potražnju koja se treba zadovoljiti. Informacija o tome se širi uzvodno u lancu i na temelju nje se kreiraju planovi. Planiraju se količine proizvodnje, količine repromaterijala, radna snaga, kapaciteti, strategije proizvodnje, zalihe, prekovremeni rad, outsourcing, dozvoljeni out of stock, nabava. Dakle, u svakom se segmentu lanca donose poslovne odluke. Da bi lanac bio konkurentan, te odluke moraju biti dobre, ako ne i optimalne. I to onda znači dobro upravljati lancem opskrbe. No, može se postaviti pitanje, koji su to sve segmenti lanca u kojima se donose odluke?

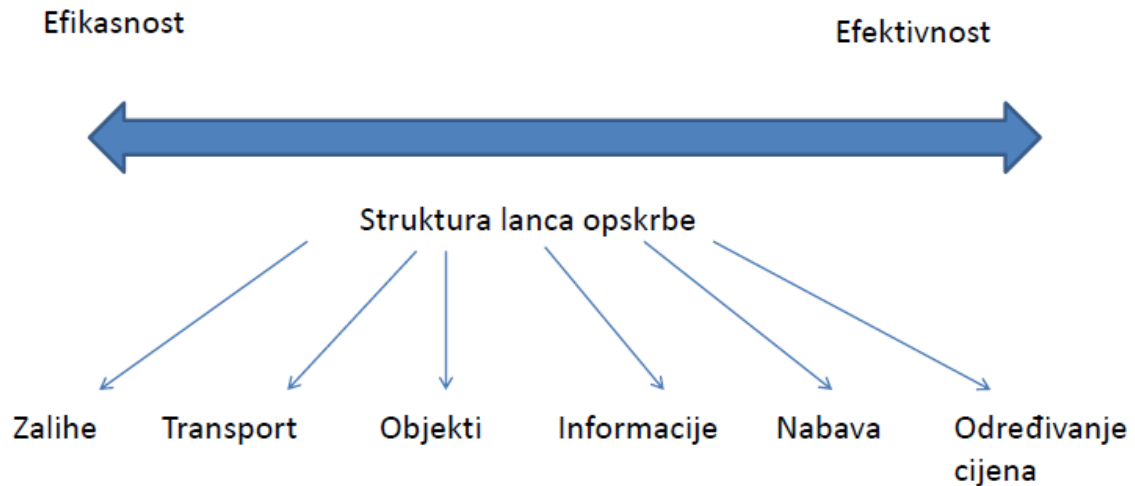
Je li to segment nabave, transporta, planiranje zaliha, skladištenje, proizvodnja, distribucija, planiranje zaliha kod maloprodaje, zadovoljavanje potražnje potrošača? Da bi se dobro upravljalo lancem opskrbe treba se provoditi optimizacija u svim nabrojanim segmentima.



Slika 2. Upravljanje lancem opskrbe

Dakle, upravljanje lancem opskrbe bismo mogli definirati kao učinkovitu integraciju dobavljača, proizvođača, skladištara, distributera i maloprodaje u svrhu proizvodnje i distribucije roba i usluga u pravim količinama, u pravo vrijeme, na pravu lokaciju s ciljem minimiziranja ukupnih troškova i maksimiziranja razine usluge prema potrošaču. Zvuči vrlo složeno, ali u ovom vremenu razvijene informacijske tehnologije to nije nemoguće. Dapače, vrlo ostvarljivo! Pitanje je samo strategije lanca gdje se želi pozicionirati na kontinuumu između efikasnosti i efektivnosti.

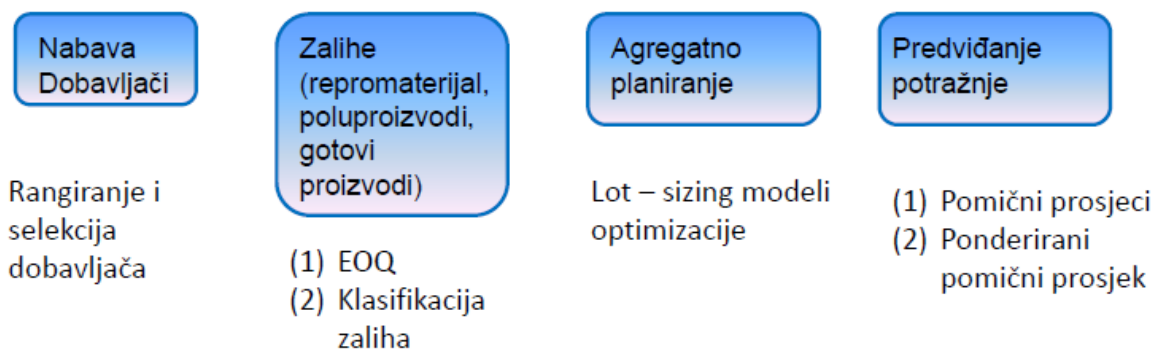
Ukoliko se lanac odluči za strategiju visoke efikasnosti znači da će se koncentrirati na minimiziranje troškova. Ukoliko se odluči za strategiju visoke efektivnosti, znači da će se koncentrirati na maksimiziranje razine usluge prema potrošaču. To su dva konfliktna cilja i na lancu je izabrati strategiju s kojom će se uhvatiti u koštac s tim trade – off –om. Dakle, optimalno rješenje ne postoji, može se razmišljati i tzv. Pareto efikasnom rješenju ili kompromisnom rješenju između ta dva cilja. A za postići to rješenje treba se djelovati na pokretačima lanca opskrbe, a to su zalihe, transport, objekti, informacije, nabava i određivanje cijena.



Slika 3. Pozicioniranje na kontinuumu između efikasnosti i efektivnosti

2. Matematika i strategije upravljanja lancem opskrbe

U ovom ćemo dijelu dati par primjera primjene matematike u upravljanju lancem opskrbe, a u procesima prikazanim na sljedećoj slici:



Slika 4. Primjeri nekih primjena matematike u upravljanju lancem opskrbe

Primjer 1. (Selekcija dobavljača)

Trgovačko poduzeće u svom lancu opskrbe odabire novog dobavljača. Kriteriji po kojima bira dobavljača su **cijena** i njegova **efikasnost (izražena u roku isporuke)**. Podaci o kandidatima se zapisuju u obliku vektora gdje je prva koordinata vrijednost prvog kriterija, a druga koordinata vrijednost drugog kriterija. Podaci o kandidatima koji su ušli u užu izbor predstavljeni su vektorima **(8,10)**, **(10,8)** i **(5,14)**.

- (1) Izaberite najboljeg dobavljača na temelju minimalnog odstupanja od idealne ponude (koja zapravo ne postoji).
- (2) Rangirajte dobavljače na temelju minimalnog odstupanja od idealne ponude.

Rješenje.

Matematički, računamo udaljenosti zadanih vektora od idealne ponude. Idealna ponuda (minimalna cijena, maksimalna efikasnost – najkraći rok isporuke) je I(5,8). Označimo dobavljače s A, B i C, tj.,

- A(8,10)
- B(10,8)
- C(5,14)
- Idealna ponuda I(5,8)

Računamo udaljenosti $d(A,I)$, $d(B,I)$ i $d(C,I)$.

$$d(A,I) = \sqrt{(8-5)^2 + (10-8)^2} = \sqrt{13} = 3.61$$

$$d(B,I) = \sqrt{(10-5)^2 + (8-8)^2} = \sqrt{25} = 5$$

$$d(C,I) = \sqrt{(5-5)^2 + (14-8)^2} = \sqrt{36} = 6$$

Po kriteriju minimalnog odstupanja od idealne ponude, najbolji je dobavljač A.

Rješenje u Excelu:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Dobavljač 1	Dobavljač 2	Dobavljač 3	Idealna ponuda			
2	Cijena	8,00	10,00	5,00	5,00			
3	Rok isporuke	10,00	8,00	14,00	8,00			
4								
5								
6	Euklidska udaljenost	3,61	5,00	6,00	<code>=SQRT((D2-\$E\$2)^2+(D3-\$E\$3)^2)</code>			

Napomena. Ponekad podaci za različite kriterije nisu u istom intervalu vrijednosti, pa neki kriterij više doprinosi udaljenosti. U tom slučaju provodimo normalizaciju. Vrijednosti svakog kriterija podijelimo s maksimalnom vrijednosti tog kriterija. Tj., sad su nam dobavljači predstavljeni sa sljedećim vektorima:

- A(8/10,10/14)
- B(10/10,8/14)
- C(5/10,14/14)

Rješenje u Excelu:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Dobavljač 1	Dobavljač 2	Dobavljač 3	Idealna ponuda			
2	Cijena	0,80	1,00	0,50	0,50			
3	Rok isporuke	0,71	0,57	1,00	0,57			
4								
5								
6	Euklidska udaljenost	0,33	0,50	0,43	=SQRT((D2-\$E\$2)^2+(D3-\$E\$3)^2)			

Opet je dobavljač A najbolji.

Primjer 2. (Ekonomska količina narudžbe – Economic order quantity (EOQ))

Da bi poduzeće proizvodilo, treba naručivati materijal (sirovine). Pritom stvara zalihi materijala u svom skladištu i to predstavlja trošak koji poduzeće želi minimizirati. Isto se događa i kod distributivnih poduzeća koja naručuju robu i skladište je. Dakle, zalihe predstavljaju trošak, ali zalihe moraju postojati kako bi se brzo zadovoljavala potražnja kupaca. Formula koja određuje optimalnu količinu naručivanja za zalihe uz pretpostavku stabilne potražnje i naručivanja u jednakim vremenskim intervalima je $Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$, gdje je Q optimalna količina narudžbe, D je godišnja potražnja za proizvodom, S je fiksni trošak narudžbe, a H jedinični trošak držanja zaliha.

- Uz pretpostavku da je trošak jedne narudžbe 200, a jedinični trošak držanja zaliha 10, izvedite model optimalne količine naručivanja u ovisnosti o godišnjoj potražnji za tenisicama u jednom dućanu.
- Ukoliko je godišnja potražnja 1000, koliko pari tenisica treba naručiti u svakoj pošiljci?
- Koliko će puta u roku od godine dana dućan naručiti tenisice ako je godišnja potražnja 1000?
- Ukoliko se trošak držanja zaliha poveća za 15%, izvedite model optimalne količine naručivanja u ovisnosti o godišnjoj potražnji za tenisicama u jednom dućanu.
- Na istoj slici grafički prikažite modele optimalne količine naručivanja uz trošak držanja zaliha 10 i izračunati trošak iz (d). Komentirajte.

Rješenje

- U definiranim oznakama, slijedi da je $S = 200$, $H = 10$. Model je onda $Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2D \cdot 200}{10}} = \sqrt{\frac{400D}{10}} = \sqrt{40D}$, tj., optimalna količina naručivanja u ovisnosti o godišnjoj potražnji je:

$$Q(D) = \sqrt{40D}$$

(b) $Q(1000) = \sqrt{40 \cdot 1000} = \sqrt{40000} = 200$.

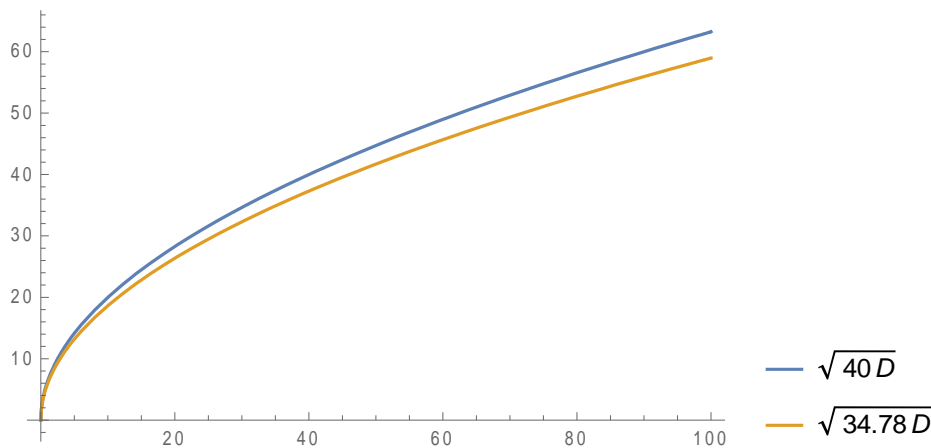
(c) Naručit će $\frac{D}{S} = \frac{1000}{200} = 5$ puta (svaki put po 200 pari tenisica).

(d) $H = 10$ se poveća 15% i iznosi $H + \frac{15}{100}H = 1.15H = 1.15 \cdot 10 = 11.5$, pa je model

optimalne količine naručivanja sada $Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2D \cdot 200}{11.5}} = \sqrt{\frac{400D}{11.5}} = \sqrt{34.78D}$.

(e) *Wolfram Mathematica*:

`Plot[{Sqrt[40D], Sqrt[34.78D]}, {D, 0, 100}, PlotLegends -> "Expressions"]`



Ukoliko je godišnja potražnja niska, optimalna količina naručivanja je otprilike ista za oba modela (krivulje su ispočetka jako blizu). No, za velike godišnje potražnje, optimalna količina naručivanja za drugi model (veći troškovi držanja zaliha) je sve manja (krivulje su udaljenije).

Primjer 3. Klasifikacija zaliha

U prethodnom smo primjeru vidjeli da zalihe predstavljaju trošak, ali zalihe moraju postojati kako bi se brzo zadovoljavala potražnja kupaca. To znači da se poduzeće mora brinuti o njima. No, i to je skupo jer treba zaposliti radnika koji će to raditi. U poslovnoj praksi, poduzeća se ne brinu na jednak način o svim zalihama. Poduzeća klasificiraju zalihe od najvažnijih do najmanje važnih, pa se brinu samo o onim najvažnijima. Jedan način klasifikacije je i **ABC analiza** koja klasificira zalihe u tri kategorije, A, B i C, a u skladu s udjelom stavke (promatranog proizvoda) u ukupnoj vrijednosti zaliha na sljedeći način:

- ❖ A – cca 20% stavki, ima udjel od cca 80% novčane vrijednosti
- ❖ B – cca 30% stavki, ima udjel od cca 15% novčane vrijednost
- ❖ C – cca 50% stavki, ima udjel od cca 5% novčane vrijednosti

Izvršite ABC analizu za ovih deset stavki na zalihama (jedinični trošak je jedinična cijena).

Stavka	Godišnja potražnja	Jedinični trošak
1	1025	5
2	980	10
3	210	8
4	120	10
5	1200	6
6	800	80
7	940	6
8	150	12
9	450	6
10	840	90

Izračun godišnje vrijednosti (godišnja potražnja * jedinični trošak):

Stavka	Godišnja potražnja	Jedinični trošak	Godišnja vrijednost
1	1025	5	5125
2	980	10	9800
3	210	8	1680
4	120	10	1200
5	1200	6	7200
6	800	80	64000
7	940	6	5640
8	150	12	1800
9	450	6	2700
10	840	90	75600

Sortiramo stavke od najveće godišnje vrijednosti do najmanje, izračunamo udjel godišnje vrijednosti svake stavke u ukupnoj vrijednosti zaliha, te računamo kumulativne postotke. Na temelju klasifikacijskih kriterija, stavke podijelimo u tri kategorije. Poduzeća se uglavnom brinu samo o stavkama u kategoriji A jer im je ostalo sve preskupo.

Napomena. Klasifikacija u kategorije A, B i C nije strogo određena, u cijelom postupku postoji puno subjektivnosti donositelja odluke. Također, u poslovnoj praksi se klasifikacija vrši na temelju više kriterija, a ne samo na temelju udjela u ukupnoj vrijednosti. Na primjer, na temelju varijabilnosti u potražnji, na temelju dobavljača, na temelju volumena kojeg stavka zauzima u skladištu i slično. Svako poduzeće ima svoje kriterije.

❖ Sortirano po vrijednosti:

U postocima:

	Stavka	Godišnja vrijednost	Postotak u ukupnoj vrijednosti	Postotni kumulativ
A	10	75600	43,26	43,26
	6	64000	36,62	79,89
	2	9800	5,61	85,50
B	5	7200	4,12	89,62
	7	5640	3,23	92,84
C	1	5125	2,93	95,78
	9	2700	1,55	97,32
	8	1800	1,03	98,35
	3	1680	0,96	99,31
	4	1200	0,69	100,00

ZSEM is a member of AACSB International the Association to

Primjer 4. Agregatno planiranje

Neko poduzeće proizvodi dvije vrste proizvoda A i B, na dvije grupe strojeva, S_1 i S_2 . Dnevni su kapaciteti i karakteristike strojeva dani u tablici:

	Broj sati potreban za proizvodnju jedinice proizvoda	
	S_1	S_2
A	0.5	0.2
B	0.4	0.2
Dnevni kapacitet (u satima)	16	20

Dobit je po jedinici proizvoda A 200 kn, a po jedinici proizvoda B, 150 kn. Sastavite linearni model dnevne proizvodnje koja će osigurati maksimalnu dobit.

Varijable odlučivanja:

x količina proizvoda A

y količina proizvoda B

Model linearnog programiranja (LP):

$$z = 200x + 150y \rightarrow \max$$

$$0.5x + 0.4y \leq 16$$

$$0.2x + 0.2y \leq 20$$

$$x, y \geq 0$$

Optimalno rješenje (LP): $(x^*, y^*) = (32, 0)$, $z^* = 6400$.



maximize 200x+150y in 0.5x+0.4y<=16, 0.2x+0.2y<=20,x>=0, y>=0

Web Apps Examples Random

Input interpretation:

maximize	function	$200x + 150y$
	domain	$0.5x + 0.4y \leq 16 \wedge 0.2x + 0.2y \leq 20 \wedge x \geq 0 \wedge y \geq 0$

$e_1 \wedge e_2 \wedge \dots$ is the logical AND function

Global maximum:

$\max\{200x + 150y \mid 0.5x + 0.4y \leq 16 \wedge 0.2x + 0.2y \leq 20 \wedge x \geq 0 \wedge y \geq 0\} = 6400$
 at $(x, y) = (32, 0)$

Primjer 5. Predviđanje potražnje

U lancu opskrbe sve počinje od potrošača i njegove potražnje. Zato poduzeća nastoje predvidjeti potražnju za buduće periode što je bolje moguće. Postoje različite metode za predviđanje potražnje, a dvije od njih su Metoda pomičnih prosjeka i Metoda ponderiranih pomičnih prosjeka. U tu svrhu poduzeća moraju prikupljati podatke o prodajama u određenim vremenskim periodima (npr., kod skeniranja proizvoda na blagajni u dućanu, automatski se zapisuje u bazu podataka informacija da je prodan jedan komad određenog proizvoda).

Mladi manager želi odrediti metodu predviđanja potražnje. Na temelju podataka o kretanju prodaje u prethodnim mjesecima, izračunajte predviđanja i specificirajte koju metodu biste koristili.

Mjesec	Prodaja
1	62
2	65
3	67
4	68
5	71
6	73
7	76
8	78
9	78
10	80
11	84
12	85

- (a) Izračunajte predviđene potražnje na metodom pomičnih prosjeka za tri mjeseca.
 (b) Izračunajte predviđene potražnje metodom ponderiranih pomičnih prosjeka za tri mjeseca uz pondere 0.50, 0.30 i 0.20.

Rješenje.

(a) Kod metode pomičnih prosjeka za tri mjeseca predviđenu potražnju računamo kao prosjek prodaja iz zadnja tri mjeseca. Tako se prvo predviđanje računa nakon tri mjeseca u skladu s formulom

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3}}{3}$$

pri čemu je F_t predviđena potražnja za mjesec t , a A_{t-1}, A_{t-2} i A_{t-3} stvarne prodaje iz prethodna tri mjeseca. U našem slučaju dobivamo (Excel):

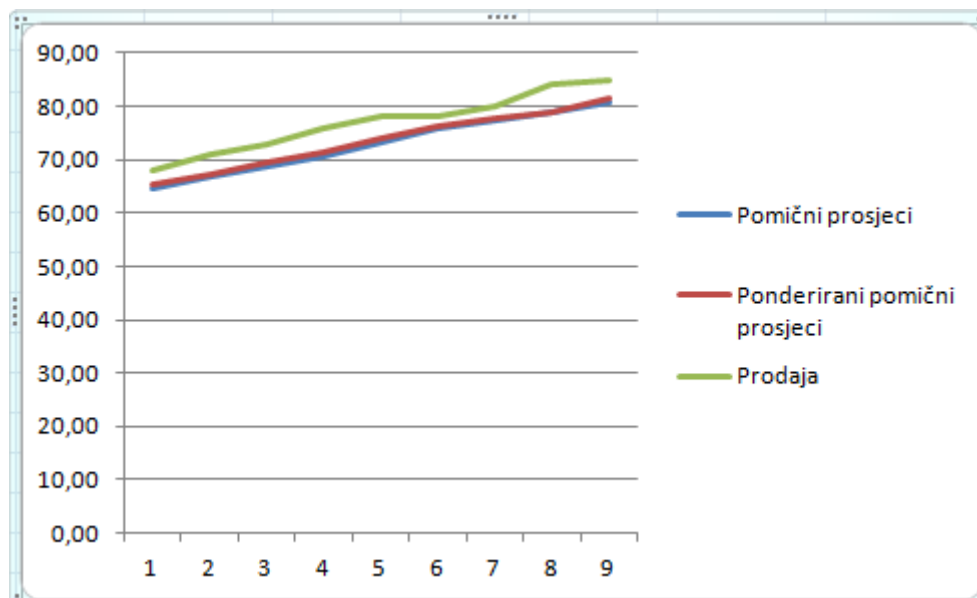
The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

Mjesec	Prodaja	Predviđanje
1	62	
2	65	
3	67	
4	68	64,67
5	71	66,67
6	73	68,67
7	76	70,67
8	78	73,33
9	78	75,67
10	80	77,33
11	84	78,67
12	85	80,67

The formula bar shows the formula: `= (D5+D6+D7)/3`

Usporedimo li (a) i (b), zaključujemo da obje metode daju približno jednaka predviđanja:

Pomični prosjeci	Ponderirani pomični prosjeci	Prodaja
64,67	65,40	68
66,67	67,10	71
68,67	69,30	73
70,67	71,40	76
73,33	74,10	78
75,67	76,40	78
77,33	77,60	80
78,67	79,00	84
80,67	81,60	85



No, nekako su te predviđene vrijednosti daleko od pravih vrijednosti, pa bi vrijedilo probati s dva, četiri, pet mjeseci da vidimo kakve bismo rezultate dobili. Kažemo da trebamo izvršiti simulacije mijenjajući broj mjeseci s tim da broj mjeseci ne smije biti „ni premali ni preveliki“. O tome vode računa i razne mjere pogrešaka, ali o tome nećemo ovdje 😊.

3. Zaključak

Ovdje smo dali primjere samo nekih matematičkih alata koji se koriste u strategijama upravljanja lancem opskrbe. U realnosti, to rade softveri koristeći ove, ali i puno složenije matematičke metode rješavajući probleme puno većih dimenzija. No, koncepti ostaju isti.