

# Prognoziranje

Dušan Mundar, dipl.inž.mat.

Fakultet organizacije i informatike

Sveučilište u Zagrebu

dusan.mundjar(at)foi.hr

15.11.2010.

## Prognostiranje

- Metode prognostiranja pretpostavljaju da postoji stabilna pravilnost u sustavu.
- Kombiniranjem različitih metoda prognostiranja češće se dobije bolje prognoza nego korištenjem samo jedne metode.
- Prognostiranje služi u različitim aspektima poslovanja: planiranje troškova, proračuna, prodaje, inventara, kapaciteta proizvodnje, rasporeda poslovnih aktivnosti i dr.
- Što je predmet prognostiranja podložniji promjenama, prognoza će biti nepreciznija.

## Faktori

Na odluku o izboru metode koja će se upotrijebiti utječe više faktora:

- primjenjivost podataka iz prošlosti,
- razdoblje na koje se odnosi prognoza,
- poželjan stupanj pouzdanosti prognoze,
- vrijeme raspoloživo za izradu prognoze,
- procjena odnosa troškova i koristi koji se očekuju od prognoze,
- dostupnost kvalificiranog kadra za izradu prognoze i dr.

## Podjela metoda prognostiranja

Prognostiranje se može podijeliti u četiri veće skupine:

- kvalitativne metode,
- analiza vremenskih serija,
- kauzalne modele i
- simulacije.

## Kvalitativne metode prognoziranja

- Koriste se u situaciji koju karakterizira nedostatak podataka.
- Suština metoda je da se procjenama eksperata kvalitativne informacije transformiraju u kvantitativne procjene.
- Neke od kvalitativnih metoda:
  - mišljenje eksperata,
  - grupni concezus,
  - povjesne usporedbe,
  - Delphi metoda,
  - Grass roots metoda
  - istraživanje tržišta i dr.

## Delphi metoda

- Grupa eksperata anonimno odgovara na postavljena pitanja. Eksperti trebaju biti iz različitih područja djelatnosti poduzeća. Odgovori se ujedinjaju i šalju se na daljnja razmatranja i reviziju ekspertima. Proces se ponavlja dok se ne dobije zajedničko mišljenje (konzensus).
- Metoda je pogodna za dugoročne prognoze.
- Metoda je pogodna za poduzeća sa dovoljnim brojem eksperata.
- Vrijeme izrade prognoze može biti dugačko, ako je teško doći do zajedničkog mišljenja ili pronaći eksperte.

## Grass roots

- Metoda se bazira na ideji da su osobe najbliže klijentu ili osobe uključene u kranju upotrebu proizvoda sposobne predvidjeti poslovne trendove proizvoda ili usluge.
- Osobe najbliže klijentu sastave zajedničku prognozu i pošalju je na više razine na prilagođavanje.
- Vrijeme izrade prognoze također može biti problem.

## Kauzalne metode

- Baziraju se na pretpostavci da je poznavajući kretanje nekih veličina moguće predvidjeti kretanje drugih veličina.
- U kauzalne metode ubrajaju se mnoge statističke metode, kao primjerice metoda regresije, razni ekonometrijski modeli i dr.
- U pravilu su skuplje, upotrebljavaju se za prognoziranje na duži rok i u situacijama gdje potreba za pouzdanijom prognozom opravdava dodatne troškove.
- Vrijeme potrebno za njihov razvoj i primjenu ovisi o sposobnosti identificiranja veze među uzročnih i posljedičnih varijabli.
- Zahtjevaju višu razinu znanja, više podataka i odgovarajuću programsku podršku.

## Kvantitativne metode

- Pretpostavljaju postojanje dovoljno povijesnih podataka.
- Okolnosti koje utječu na podatke ne smiju se mijenjati.
- Prednosti metoda:
  - precizne u uvjetima stabilne okoline,
  - pouzdane za kratkoročne prognoze,
  - rezultati modela se prilagođavaju novim podacima,
  - jednostavne i brze za izradu.
- Neke od metoda: prognoziranje pomičnim prosjekom, prognoziranje ekponencijalnim glaćenje, određivanje trenda.



### Prognoziranje pomičnim prosjekom

- Svaka točka pomičnog prosjeka vremenske serije je aritmetička sredina određenog broja uzastopnih članova.
- Broj podataka treba izabrati tako da se eliminiraju sezonski efekti.
- Cilj je na izgladenim podacima prepoznati pravilnost.
- Metoda je pogodna za kratkoročne prognoze, manje pogodna za srednjoročne prognoze, a nije pogodna za dugoročne prognoze.
- Razvoj i primjena metode te izrada prognoze ne iziskuju puno vremena.

## Prognostiranje pomičnim prosjekom - primjer

Period	Točna vrijednost ( $x_t$ )	Prognostirana vrijednost ( $s_t$ )
1	9	—
2	7	—
3	11	—
4	15	$\frac{9+7+11}{3} = 9$
5	10	$\frac{15+11+7}{3} = 11$
6	12	$\frac{10+15+11}{3} = 12$

## Prognostiranje eksponencijalnim izgladivanjem

- Kod pomičnih prosjeka svaka od vrijednosti čiji prosjek se računao imala je jednaku važnost.
- Eksponencijalno gladenje više vrednuje podatke iz bliže prošlosti.
- Metoda je pogodna za kratkoročne prognoze, manje pogodna za srednjoročne prognoze, a nije pogodna za dugoročne prognoze.
- Razvoj i primjena metode te izrada prognoze ne iziskuju puno vremena.
- Formula za izračun je:

$$s_t = (1 - \alpha)s_{t-1} + \alpha x_{t-1},$$

gdje je:

$s_t$  - prognoza za razdoblje  $t$ ,

$x_t$  - stvarna vrijednost u trenutku  $t$ , a

$\alpha$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) - parametar izgladivanja.

## Prognostiranje eksponencijalnim izgladivanjem - primjer

Period	Točna vrijednost ( $x_t$ )	Prognostirana vrijednost ( $s_t$ ) za $\alpha = 0,2$
1	9	—
2	7	9
3	11	$0,8 \cdot 9 + 0,2 \cdot 7 = 8,60$
4	15	$0,8 \cdot 8,60 + 0,2 \cdot 11 = 9,08$
5	10	$0,8 \cdot 9,08 + 0,2 \cdot 15 = 10,26$
6	12	$0,8 \cdot 10,26 + 0,2 \cdot 12 = 10,21$

## Prognostiranje određivanjem trenda

- Trend - pravilnost u porastu ili opadanju vrijednosti
- Suština metode je da se liniji trenda pridruži odgovarajuća jednađžba, te da se na osnovi nje radi projekcija za budućnost
- Trend možemo ga analizirati makro funkcijama MS Excel-a.
- Analizirat ćemo dvije vrste trenda: linearni i eksponencijalni, iako postoji mogućnost analize i drugih trendova.
- Mjera adekvatnosti trenda je koeficijent determinacije  $R^2$ , čija je vrijednost između 0 i 1.
- Što je bliži 1 to je poklapanje linije trenda i vrijednosti podataka je bolje.
- Metoda je pogodna za kratkoročne prognoze, srednjoročne prognoze, ali manje za dugoročne prognoze.
- Razvoj i primjena metode te izrada prognoze ne iziskuju puno vremena.

## Neki uzroci pogrešnog prognoziranja

- 1 Individualni naponi
  - Vrijednost prognoze ovisi o poznavanju svih faktora koji utječu na proces na koji se odnosi prognoza.
  - Dobra prognoza rezultat je timskog rada.
- 2 Nerealna očekivanja
  - Nijedna prognoza nije savršena.
  - Bolje prognoziranje osim same prognoze određuje i granice pouzdanosti prognoze.
- 3 Konfliktne interese
  - Različite skupine u poduzećima (ovisno o poslovima koje obavljaju) mogu imati različit stav prema prognozi.
- 4 Korištenje pogrešnih prognoza iz prošlosti
  - Traženje razloga odstupanja prognoze od stvarne vrijednosti treba biti samo u cilju poboljšanje metode ili odbacivanja metode, a ne i ponovnog korištenja iste metode.

## Mjerenje točnosti prognoze

Najpoznatije mjere za točnost prognoze su:

- 1 Prosječno apsolutno odstupanje

$$PAO = \frac{\sum |\text{točna vrijednost} - \text{prognozirana vrijednost}|}{\text{broj prognoza}}$$

- 2 Prosječno kvadratno odstupanje

$$PKO = \frac{\sum (\text{točna vrijednost} - \text{prognozirana vrijednost})^2}{\text{broj prognoza}}$$

## Mjerenje točnosti prognoze - primjer

Period	Točna vrijednost ( $x_t$ )	Prognozirana vrijednost ( $s_t$ )	Greška	Apsolutna vrijednost pogreške	Kvadrat pogreške
1	12	12	0	0	0
2	14	13	1	1	1
3	13	14	-1	1	1
4	16	15	1	1	1
5	13	16	-3	3	9
6	15	17	-2	2	4
7	16	18	-2	2	4

$$PAO = (0 + 1 + 1 + 1 + 3 + 2 + 2) / 7 = 1,43$$

$$PKO = (0 + 1 + 1 + 1 + 9 + 4 + 4) / 7 = 2,86$$



## Zadatak

Poduzeće razmišlja o narudžbi tonera za naredni kvartal. Poznata je potražnja za tonerima u protekle dvije godine i prikazana je u tablici. Različitim metodama prognozirajte potražnju za tonerima te navedite prosječno kvadratno odstupanje i prosječno apsolutno odstupanje prognoze.

kvartal	1	2	3	4	5	6	7	8
potražnja	180	168	159	175	190	205	180	182

## Zadatak

*Potražnja neke robe raste iz mjeseca u mjesec. Podatci su navedeni u tablici. Pošto vaš stroj može proizvesti najviše 180 proizvoda na mjesec u jednom trenutku nećete moći pokrivati potražnju. Koristeći prognoziranje određivanjem trenda odredite nakon koliko mjeseci bi se to moglo dogoditi. Navedite jednadžbe eksponencijalnog i linearnog modela, koeficijent determinacije za svaki model te prosječno apsolutno i kvadratno odstupanje.*

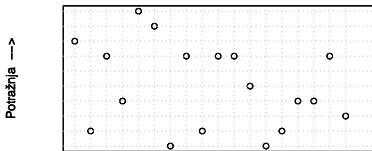
mjesec	1	2	3	4	5	6	7
potražnja	74	79	80	90	105	122	131

## Vremenska serija

Vremenska serija je kolekcija prošlih vrijednosti varijable koja se prognozira. Cilj je prepoznati pravilnost prošlim podacima. Promjene u vremenskoj seriji uglavnom se objašnjavaju

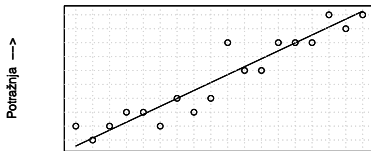
- trendom,
- sezonalnošću,
- ciklusima,
- i slučajnim odstupanjima.

**Slučajna potražnja**



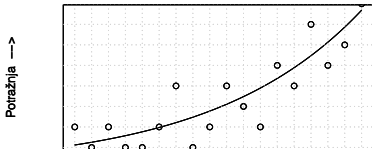
Vrijeme -->

**Potražnja s linearnim trendom**



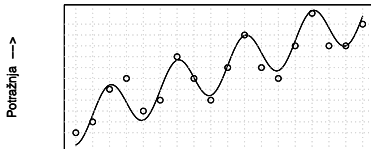
Vrijeme -->

**Potražnja s eksponencijalnim trendom**



Vrijeme -->

**Potražnja s seasonskim efektom i trendom**



Vrijeme -->

## Holtova metoda

- Holtova metoda primjer je dvostrukog eksponencijalnog izgladivanja.
- Upotrebljava se kada je u podacima prisutan linearni trend.
- Metoda upotrebljava odvojeno izgladivanje konstanti slobodnog člana i koeficijenta smjera pravca linearnog trenda.
- Prednost metode je što jednom kad se izradi model, relativno lagano prilagođavamo model uzimajući u obzir nove podatke koji su nam dostupni.

## Provedba Holtove metode prognostiranja

- Napravi se inicijalna procjena slobodnog člana i koeficijenta pravca linearnog trenda  $y = ax + b$ .
- U sljedećemo koraku (po dostupnosti novih podataka) izgladujemo slobodni član i koeficijent formulama

$$b_i = \alpha x_i + (1 - \alpha)(b_{i-1} + a_{i-1})$$

$$a_i = \beta(b_i - b_{i-1}) + (1 - \beta)a_{i-1}$$

gdje je

$x_i$  - opažena vrijednost  $i$ -tom trenutku,

$b_i$  - procjena slobodnog člana u trenutku  $i$ ,  $a_i$  - procjena koeficijenta smjera u trenutku  $i$ .

- Procjene za  $t$  razdoblja u budućnost dobijemo formulom

$$s_t = a_i(i + t) + b_i$$

## Zadatak 3

## Zadatak

Pretpostavimo da nam je poznat broj posjetitelja u nekom muzeju za prvih 9 mjeseci po otvaranju muzeja. Na temelju podataka od prva 6 mjeseca odredite inicijalne procjene te primijenite Holtovu metodu za daljnje procjene i napravite procjenu za 10. mjesec.

mjesec	1	2	3	4	5	6	7	8	9
posjetitelji	133	186	285	297	350	412	518	579	615

## Sezonalnost

- Sezonalnost odgovara pravilnosti u podacima koji se ponavljaju u pravilnim intervalima.
- Potrebno je procjeniti multiplikativne sezonske faktore:  $c_1, c_2, \dots, c_N$ , gdje je  $i = 1$  za prvo razdoblje u ciklusu,  $i = 2$  drugo razdoblje u ciklusu, a  $\sum s_i = N$  ukupno trajanje ciklusa.
- $c_i = 1.20$  znači da je  $i$ .tom razdoblju u pravilu 20% veća vrijednost od bazične vrijednosti za ciklus.
- $c_i = 0.90$  znači da je  $i$ .tom razdoblju u pravilu 10% manja vrijednost od bazične vrijednosti za ciklus.



## Eliminacija sezonalnosti

- Izračunava uzoračku sredinu svih dostupnih vrijednosti (treba biti bar dva ciklusa podataka)
- Za svaku vrijednost izračuna se kocijent vrijednosti i uzoračke sredine (dobiju se faktori za svaku vrijednost)
- Za svaki period u ciklusu se izračunaju prosječni faktori
- Suma faktora treba biti N (duljini ciklusa) (ukoliko nije vrijednosti se normaliziraju)
- Nakon desonalizacije na podacima se provede analiza trenda.

## Provedba Winterove metode prognoziranja

- Winterova metoda primjer je trostrukog eksponencijalnog izgladivanja.
- Koristi tri faktora za procjenu: signal, trend i sezonski faktor  $y = (a_i x + b_i) c_i$
- U sljedećemo koraku (po dostupnosti novih podataka) izgladujemo koeficijente formulama

$$b_i = \alpha \frac{x_i}{c_{i-n}} + (1 - \alpha)(b_{i-1} + a_{i-1})$$

$$a_i = \beta(b_i - b_{i-1}) + (1 - \beta)a_{i-1}$$

$$c_i = \gamma \frac{x_t}{b_t} + (1 - \gamma)c_{i-n}$$

gdje je

$x_i$  - opažena vrijednost  $i$ -tom trenutku,

$b_i$  - procjena slobodnog člana u trenutku  $i$ ,

$a_i$  - procjena koeficijenta smjera u trenutku  $i$ .

$c_i$  - procjena sezonskog faktora u trenutku  $i$ .

- Obično se uzima da je  $2\alpha = \beta = \gamma$

## Formule za izračun prvih procjena

$$V_1 = \frac{1}{n} \sum_{j=-2n+1}^{-n} x_j$$

$$V_2 = \frac{1}{n} \sum_{j=-2+1}^0 x_j$$

$$a_0 = \frac{V_2 - V_1}{n}$$

$$b_0 = V_2 + a_0 \frac{n-1}{2}$$

$$c_t = \frac{x_t}{V_t - \left(\frac{n+1}{2} - j\right) \cdot a_0}$$

- Uprosječivanje  $c_t$

$$c_{-t+1} = \frac{c_{-2t+1} + c_{-t+1}}{2}$$

- Normaliziranje  $c_t$

$$c_j = \left( \frac{c_j}{\sum_{j=-n+1}^0 c_j} \right) n$$

## Zadatak 4

## Zadatak

*Pretpostavimo da nam je poznat broj kupaca bicikala 8 uzastopnih kvartala. Na temelju podataka od prvih 10 kvartala odredite inicijalne procjene te primjenite Winterovu metodu za daljnje procjene i napravite procjenu za 10. kvartal.*

<i>kvartali</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>kupci</i>	72	107	55	88	83	121	63	100	95