

Prognoziranje

Uvod

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

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.

Prognoziranje se može podijeliti u četiri veće skupine:

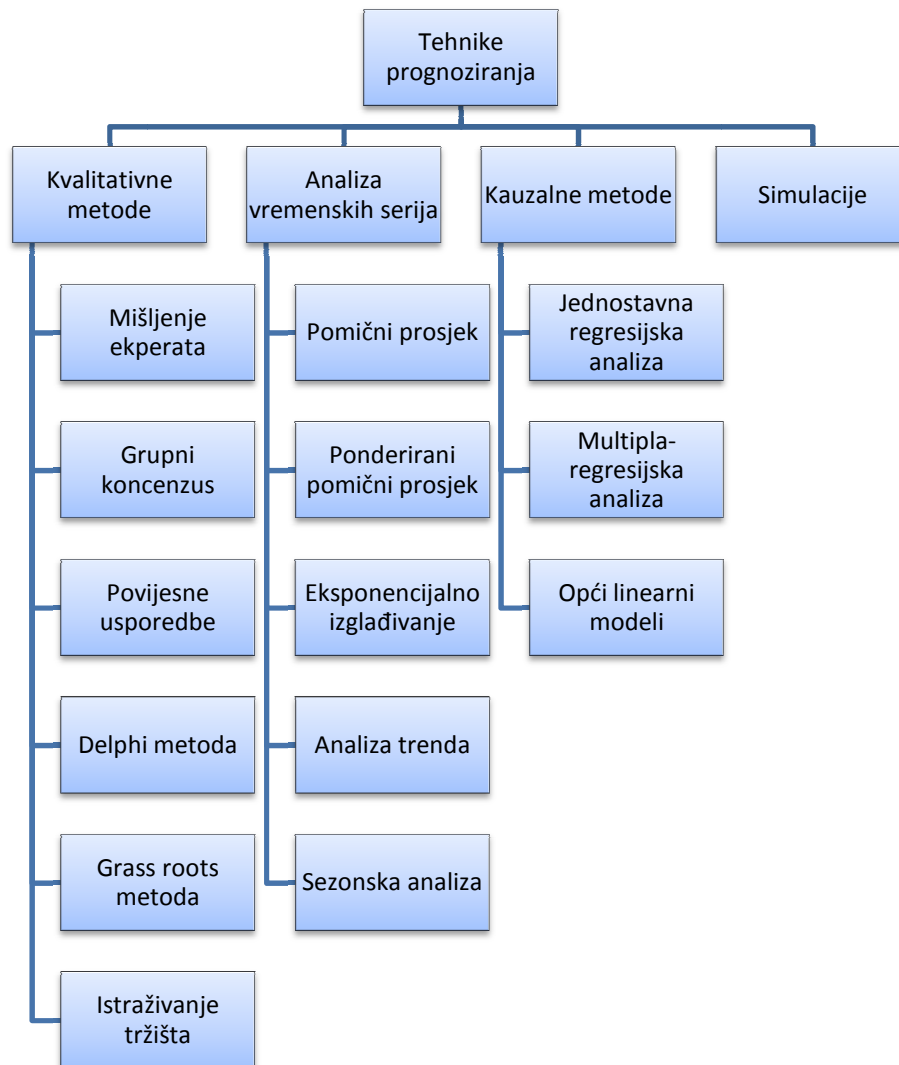
- kvalitativne metode,
- analiza vremenskih serija,
- kauzalne modele i
- simulacije.

Kvalitativne metode

Kvalitativne metode objedinjuju subjektivna mišljenja za stvaranje prognoze. U razmatranje se uzimaju mišljenja eksperata, iskustva i mišljenja osoba sa iskustvom i drugi povezani subjektivni faktori. Jako su korisne kad su prisutni subjektivni faktori, npr. procjena reakcije tržišta na novi proizvod. Koriste se u situaciji koju karakterizira nedostatak podataka. Suština metoda je da se kvalitativne informacije dobivene procjenama eksperata transformiraju u kvantitativne procjene. Prikladnije su za dugoročne prognoze.

Neke od kvalitativnih metoda:

- mišljenje eksperata,
- grupni konsenzus,
- povijesne 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 (konsenzus). Metoda je pogodna za dugoročne prognoze i 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 znajući kretanje nekih veličina moguće predvidjeti kretanje drugih veličina. U kauzalne metode ubrajaju se mnoge statističke metode, kao primjerice metoda jednostavne linearne regresije, multipla linearna regresija, općih linearni 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. Zahtijevaju višu razinu znanja, više podataka i odgovarajuću programsku podršku.

Prognoziranje analiziranjem vremenskim nizova

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 ponderiranim prosjekom, prognoziranje eksponencijalnim glaćivanjem, određivanje trenda, prognoziranje sezonskih podataka.

Vremenska niz je niz vremenski jednoliko razmaknutih mjerenja neke pojave (npr. dnevno, tjedno, mjesečno, kvartalno). Upotreba metoda analiziranja vremenskih nizova za potrebe prognoziranja pretpostavlja da buduće vrijednosti ovise samo o prošlim iznosima, a utjecaj ostalih varijabli se zanemaruje.

Za duge vremenske nizove (postojanje podataka za razdoblje duže od godinu dana) se pretpostavlja da se sastoje od četiri komponente. Analiziranje vremenskih nizova je identificiranje tih četiriju komponenti i još se naziva *dekompozicija vremenskih nizova*. Četiri komponente su:

[1] **Trend.** Trend je pravilna ulazna ili silazna promjena u podacima kroz vrijeme. Ta promjena može biti linearna, eksponencijalna ili neka druga. Primjer podataka s postojanjem trenda je rast cijena potrošačkih dobara.

[2] **Sezonalnost.** Sezonalnost je pravilno odstupanje od prosjeka koje se događaju unutar svakog jediničnog razdoblja (ispodgodišnja ili godišnja razdoblja). Primjer podataka s sezonskim učinkom je rast zaposlenosti u ljetnim mjesecima uslijed intenzivnije turističke aktivnosti.

[3] **Ciklusi.** Ciklus je pravilno odstupanje od prosjeka koje se događa unutar jediničnog razdoblja koje je dulje od godinu dana. Primjer podataka s ciklusima je rast

gospodarstva kroz niz godina, nakon kojih slijedi stagnacija i recesija te ponovna promjena na rast.

- [4] **Slučajne promjene.** Slučajne promjene su promjene koje nastaju uslijed slučajnih neuobičajenih događaja. Za njih ne postoji pravilnost nastajanja. Iz tog razloga one se ne mogu prognozirati.

Prognoziranje pomičnim prosjekom

Svaka točka pomičnog prosjeka vremenskog niza je aritmetička sredina određenog broja uzastopnih članova. Cilj je na glađenjem 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. Korištenje isključivo metode pomičnog prosjeka za prognoziranje pretpostavlja nepostojanje trenda u podacima ili postojanje trenda s minimalnim učinkom obzirom na ciljano vremensko prognoziranje (prognoziranje na kratki rok).

Formula za izračun pomičnog prosjeka s N razdoblja glasi:

$$s_t = (s_{t-1} + s_{t-2} + \dots + s_{t-N})/N$$

U tablici je prikazana izrada prognoze pomoću pomičnog prosjeka za tri razdoblja.

Razdoblje	Točna vrijednost x(t)	Prognozirana vrijednost s(t)
1	9	-
2	7	-
3	11	-
4	15	$\frac{9 + 7 + 11}{3} = 9$
5	10	$\frac{7 + 11 + 15}{3} = 11$
6	12	$\frac{11 + 15 + 10}{3} = 12$

Tablica 2 Prognoziranje pomičnim prosjekom od tri razdoblja

Prognoziranje eksponencijalnim glađenjem

Kod pomičnih prosjeka svaka od vrijednosti čiji prosjek se računao imala je jednaku važnost. Eksponencijalno izgladivanje 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. Korištenje isključivo metode eksponencijalnog glađenja za prognoziranje pretpostavlja nepostojanje trenda u podacima ili postojanje trenda s minimalnim učinkom obzirom na ciljano vremensko prognoziranje (prognoziranje na kratki rok).

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 ,
- $0 \leq \alpha \leq 1$ - parametar izgladivanja.

U tablici je prikazana izrada prognoze pomoću eksponencijalnog glađenja uz parametar izgladivanja $\alpha = 0,2$.

Razdoblje	Točna vrijednost $x(t)$	Prognozirana vrijednost $s(t)$ uz $\alpha = 0,2$
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	$0,8 \cdot 10,26 + 0,2 \cdot 10 = 10,21$
7	-	$0,8 \cdot 10,21 + 0,2 \cdot 12 = 10,57$

Želimo li poopćiti metodu eksponencijalnog glađenja možemo tražiti parametar α koji daje najmanja odstupanja od stvarnih vrijednosti.

Prognoziranje određivanjem trenda

Trend je pravilnost u porastu ili opadanju vrijednosti. Suština metode je da se pravilnosti pridruži linija trenda s odgovarajućom jednačbom, te da se na osnovi nje radi projekcija za budućnost. Trend možemo analizirati makro funkcijama MS Excel®-a.

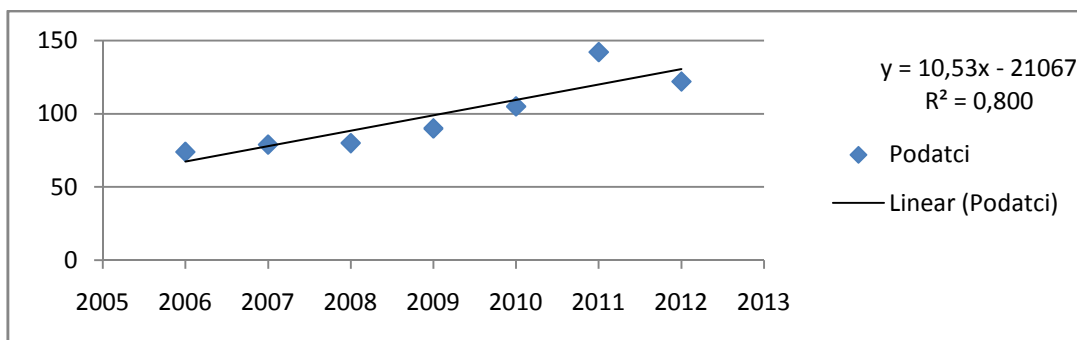
Analizirat ćemo dvije vrste trenda: *linearni* i *eksponencijalni*, iako postoji mogućnost analize i drugih trendova. Metoda je pogodna za kratkoročne prognoze, srednjoročne prognoze, ali manje za dugoročne prognoze. Razvoj i primjena metode te izrada prognoze ne iziskuju puno vremena.

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 bolje.

Primjer 1. Pretpostavimo da su poznati godišnji podatci. Procijenite linearni trend u podacima i provjerite adekvatnost procjene pomoću trenda.

Godina (x_i)	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Podatci (y_i)	74	79	80	90	105	142	122

U tabličnom kalkulatoru dobije se sljedeći prikaz:



Moguće je primijetiti da je nagib pravca $a = 10,53$, a odsječak na y -osi $b = -21067$. Navedene vrijednosti mogu se dobiti i upotrebom funkcija u Excelu: SLOPE (za određivanje nagiba) i INTERCEPT (za određivanje odsječka).

Vrijednosti se računski mogu dobiti pomoću formula:

$$a = \frac{\sum x_i \cdot y_i - n \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sum x_i^2 - n \cdot \bar{x}^2},$$

$$b = \bar{y} - a \cdot \bar{x},$$

gdje su:

\bar{x} - prosječna vrijednost x varijable

\bar{y} - prosječna vrijednost y varijable

n – broj opažanja (mjerenih vrijednosti)

Obradom podataka se dobije:

Godina	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Podatci	74	79	80	90	105	142	122
Procjena vrijednosti	67,3	77,8	88,3	98,9	109,4	119,9	130,5
Apsolutno odstupanje prema procjeni	6,8	1,2	8,3	8,9	4,4	22,1	8,5
Kvadrat apsolutnog odstupanja prema procjeni	45,6	1,5	69,2	78,4	19,3	487,1	71,6
Apsolutno odstupanje prema aritmetičkoj sredini	24,9	19,9	18,9	8,9	6,1	43,1	23,1
Kvadrat apsolutnog odstupanja prema aritmetičkoj sredini	617,9	394,3	355,6	78,4	37,7	1861,3	535,6

Određivanje koeficijenta determinacije:

Ukupno kvadratno odstupanje prema procjeni	772,8
Ukupno kvadratno odstupanje prema aritmetičkoj sredini	3880,9
Koeficijent determinacije	0,801

Standardna greška procjene:

$$s_{yx} = \sqrt{\frac{\sum (y_i - y'_i)^2}{n - 2}} = \sqrt{\frac{772,8}{7 - 2}} = 12,43$$

Interval pouzdanosti za sredinu:

$$y' \pm t \cdot s_{yx} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x - \bar{x})^2}{SSX}}$$

Interval pouzdanosti za procjenu:

$$y' \pm t \cdot s_{yx} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x - \bar{x})^2}{SSX}}$$

gdje su:

y' – prognozirana vrijednost

t – vrijednost za t-distribuciju s $n-2$ stupnjeva slobode

s_{yx} – standardna greška procjene

n - broj opažanja

SSX – suma kvadrata odstupanja nezavisne varijable (x)

Prognoziranje sezonskih podataka

Ponekad se u podacima mogu uočiti sezonskim efekti (na primjer dnevni, mjesečni, kvartalni). Pretpostavimo da su poznati podatci o prodaji za proteklih 15 kvartala. Podatci su prikazani u tablici.

Razdoblje (t)	Godina	Kvartal	Ostvarena prodaja (x_t)
1 (3,1)	2008	3	518
2 (4,1)	2008	4	567
3 (1,2)	2009	1	563
4 (2,2)	2009	2	617
5 (3,2)	2009	3	525
6 (4,2)	2009	4	581
7 (1,3)	2010	1	572
8 (2,3)	2010	2	632
9 (3,3)	2010	3	524
10 (4,3)	2010	4	569
11 (1,4)	2011	1	560
12 (2,4)	2011	2	620
13 (3,4)	2011	3	519
14 (4,4)	2011	4	562
15 (1,5)	2012	1	555

Ukoliko u podacima je postoji izvjestan trend ili je zanemariv možemo izraditi prognozu za naredno razdoblje samo sa određivanjem sezonskog efekta.

Koraci provođenja sezonske analize:

- Odredi se prosjek ostvarenih izmjerenih veličina

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n x_t$$

- Za svako razdoblje (kvartal) odredi se omjer izmjerene veličine i prosjeka,

$$r_{i,j} = \frac{x_{(i,j)}}{\bar{x}}$$

- Za svako razdoblje (kvartal) u jediničnom razdoblju (godini) odredi se prosjek dobivenih omjera

$$r_i = \text{prosijek}(r_{(i,j)})$$

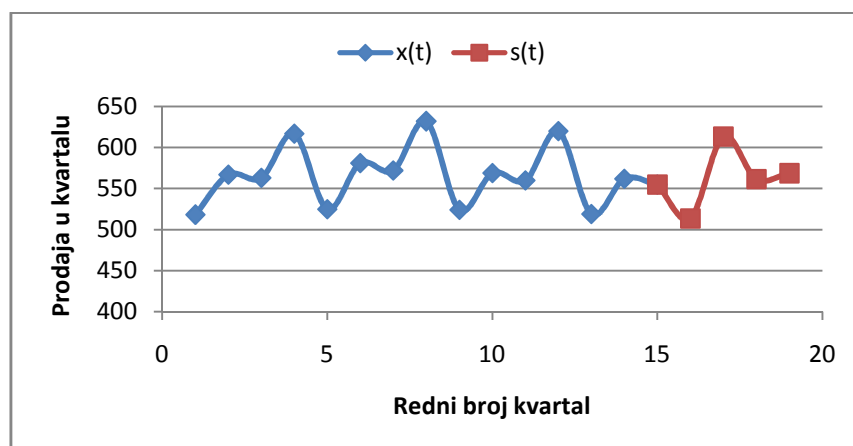
Razdoblje (t)	Godina	Kvartal	Ostvarena prodaja (x_t)	Prosjeak	Omjer
1 (3,1)	2008	3	518	565,6	1,092
2 (4,1)	2008	4	567	565,6	0,998
3 (1,2)	2009	1	563	565,6	1,005
4 (2,2)	2009	2	617	565,6	0,917
5 (3,2)	2009	3	525	565,6	1,077
6 (4,2)	2009	4	581	565,6	0,973
7 (1,3)	2010	1	572	565,6	0,989
8 (2,3)	2010	2	632	565,6	0,895
9 (3,3)	2010	3	524	565,6	1,079
10 (4,3)	2010	4	569	565,6	0,994
11 (1,4)	2011	1	560	565,6	1,010
12 (2,4)	2011	2	620	565,6	0,912
13 (3,4)	2011	3	519	565,6	1,090
14 (4,4)	2011	4	562	565,6	1,006
15 (1,5)	2012	1	555	565,6	1,019

Sezonski faktori:

- Za prvi kvartal $r_1 = \frac{1,005+0,989+1,010+1,019}{4} = 1,006$
- Za drugi kvartal $r_2 = \frac{0,917+0,895+0,912}{3} = 0,908$
- Za treći kvartal $r_3 = \frac{1,005+1,077+1,079+1,090}{4} = 1,085$
- Za četvrti kvartal $r_4 = \frac{0,998+0,973+0,994+1,006}{4} = 0,993$

Prognoza za narednih četiri kvartala dobije se množenjem prosjeka i sezonskog faktora.

Razdoblje (t)	Godina	Kvartal	Sezonski faktor	Prosjeak	Prognoza
16 (2,5)	2012	2	0,908	565,6	514
17 (3,5)	2012	3	1,085	565,6	613
18 (4,5)	2012	4	0,993	565,6	562
19 (1,6)	2013	1	1,006	565,6	569



Greške prognoziranja

Neki uzroci pogrešnog prognoziranja

- **Individualni naponi** - vrijednost prognoze ovisi o poznavanju svih faktora koji utječu na proces na koji se odnosi prognoza. Dobra prognoza rezultat je timskog rada.
- **Nerealna očekivanja** - nijedna prognoza nije savršena. Bolje prognoziranje osim same prognoze određuje i granice pouzdanosti prognoze.
- **Konfliktni interesi** - različite skupine u poduzećima (ovisno o poslovima koje obavljaju) mogu imati različit stav prema prognozi.
- **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:

Prosječno apsolutno odstupanje

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

Prosječni postotak apsolutnog odstupanja

$$PPAO = \frac{\sum \left| 1 - \frac{prognozirana\ vrijednost}{točna\ vrijednost} \right|}{broj\ prognoza}$$

Prosječno kvadratno odstupanje

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

Razdoblje (t)	Točna vrijednost x(t)	Prognozirana vrijednost s(t)	Greška e(t)=s(t)-x(t)	Apsolutna vrijednost greške e(t)	Apsolutna vrijednost greške u postotku e(t) /x(t)	Kvadrat greške (e(t))^2	
1	12	12	0	0	0%	0	
2	14	13	-1	1	8%	1	
3	13	14	1	1	7%	1	
4	16	15	-1	1	7%	1	
5	13	16	3	3	19%	9	
6	15	17	2	2	12%	4	
7	16	18	2	2	11%	4	

$$PAO = \frac{0 + 1 + 1 + 1 + 3 + 2 + 2}{7} = 1,43$$

$$PPAO = \frac{0\% + 8\% + 7\% + 7\% + 19\% + 12\% + 11\%}{7} = 9\%$$

$$PKO = \frac{0 + 1 + 1 + 1 + 9 + 4 + 4}{7} = 2,86$$

Zadaci za vježbu

ZAD 1. Ukoliko su poznati podatci o prodaji za zadnja šest mjeseca na temelju tromjesečnog prosjeka napravite prognozu za sedmi mjesec.

Mjesec	1	2	3	4	5	6	7
Ostvarene vrijednosti (xt)	9	8	12	14	11	13	
Prognoza	-	-	-				

ZAD 2. Ukoliko su poznati podatci o prodaji za zadnja šest mjeseca na temelju ekspanencijalnog izgladivanja napravite prognozu za sedmi mjesec. Parametar izgladivanja neka je 0.2.

Mjesec	1	2	3	4	5	6	7
Ostvarene vrijednosti (xt)	9	8	12	14	11	13	
Prognoza	-	9					

ZAD 3. 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

ZAD 4. 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 ekspanencijalnog i linearnog modela, koeficijent determinacije za svaki model te prosječno apsolutno i kvadratno odstupanje.

Kvartal	1	2	3	4	5	6	7
Potražnja	74	79	80	90	105	122	131

ZAD 5. Navedite koliko iznosi prosječno apsolutno odstupanje i prosječno kvadratno odstupanje prognoziranih vrijednosti naspram stvarnih vrijednosti.

Stvarne vrijednosti (xt)	52	61	77	82	96
Prognozirane vrijednosti (pt)	53	64	75	86	97

ZAD 6. U tablici su prikazani kvartalni prihodi (u milijunima kuna) poduzeća Hrvatski Telekom u segmentu privatnih korisnika za 2010., 2011. godinu i prva tri kvartala u 2012. godini.
Napravite prognozu kvartalnih prihoda za zadnji kvartal 2012. godine i te 2013. godinu.

Period	Kvartali	Prihod (u mil kn)
1	Q1 2010	1.127
2	Q2 2010	1.181
3	Q3 2010	1.194
4	Q4 2010	1.136
5	Q1 2011	1.069
6	Q2 2011	1.100
7	Q3 2011	1.158
8	Q4 2011	1.106
9	Q1 2012	1.013
10	Q2 2012	1.015
11	Q3 2012	1.057