



INDUSTRIJSKI MENADŽMENT

Prof. Dr Ivan Mihajlović

Univerzitet u Beogradu - Mašinski fakultet u Beogradu

Kabinet: 401

Imihajlovic@mas.bg.ac.rs



Sadržaj predmeta

- Industrijski menadžment i preduzetništvo: spoljašnje okruženje, društvena odgovornost i poslovna etika. Razvoj novog proizvoda
- Industrija, transformacioni proces, logistika, razvoj i transformacija industrije.
- Upravljanje kreativnošću i inovacijama. Koncept "učeće organizacije". Principi upravljanja tehnološkim inovacijama. Ljudski resursi kao imovina preduzeća. Konflikti i upravljanje konfliktima.
- Analiza poslovnog slučaja (Business Case)
- Vrednovanje i evaluaciju poslovne ideje zasnovana na finansijskim parametrima – Studija izvodljivosti
- **Predviđanje i prognoziranje.**
- Planiranje, strateško planiranje i strateški menadžment.
- Odlučivanje kao proces rešavanja poslovnih izazova.
- Kvalitet kao upravljačka varijabla.
- Održivost. Ekološki menadžment. Globalizacija i menadžment



Predviđanje i prognoziranje

- Predviđanje u poslovnom kontekstu je vezano sa velikim brojem izazova, usled kompleksnosti poslovnih modela, i stoga podložno greškama.
- Ne znamo tačno koliko će porudžbina organizacija u okviru lanca snabdevanja primiti ili koliko kupaca će se obratiti sa zahtevima sutra, sledećeg meseca ili sledeće godine.
- Takve prognoze su, međutim, neophodne kao pomoć inženjerima-donosiocima odluka, kod odlučivanja vezano za resurse organizacija u okviru lanca snabdevanja, u bližoj i daljoj budućnosti.



Predviđanje i prognoziranje

- Nije dovoljno samo znati da potražnja organizacije za proizvodima ili uslugama raste ili opada. Od mnogo većeg značaja za poslovno planiranje je poznavanje brzine promena.
- Primer može biti menadžer fabrike koji treba da donese odluku o kupovini nove opreme, usled rastuće potražnje proizvoda koji se kreiraju u njegovom lancu snabdevanja.
- Menadžer se svakako neće obavezati u pravcu kupovine nove opreme sve dok ne ustanovi da je to apsolutno neophodno. Sa druge strane, narudžbinu mora sprovesti u adekvatnom momentu vremena, imajući u vidu potrebno vreme da se oprema naruči ili napravi, isporuči, instalira i testira.
- Samim time, od suštinskog značaja je pravovremeno imati informaciju o prognozama rasta potražnje, koje svakako moraju biti sa visokim stepenom tačnosti, kako bi se blagovremeno moglo ući u proces nabavke neophodne opreme.



Predviđanje i prognoziranje

- Prvo pitanje na koje je potrebno odgovoriti je koliko daleko treba gledati unapred i od toga će zavisiti opcije i odluke koje su vam dostupne.
- Takođe, jedan od ključnih koraka u predviđanju je znati opcije koje su na raspolaganju (scenariji) i vreme potrebno za njihovo ostvarivanje.
- U suštini, predviđanje u izvesnim slučajevima može delovati jednostavno. Da bi ste znali koliko kupaca će potražiti vaše proizvode sutra, možete koristiti broj kupaca koji se pojavio danas.
- Dugoročno, da bi se prognoziralo koliko će kupaca zatražiti proizvode organizacije u periodu od pet godina, najjednostavnije bi bilo pogledati statistiku kupovine za prethodnih pet godina, za dato ciljano tržište.
- Edward Lorenz



Predviđanje i prognoziranje

- Međutim, takve jednostavne tehnike ekstrapolacije su sklone greškama i zaista takvi pristupi doveli su do toga da su neke kompanije u okviru lanaca snabdevanja preuzele investicije za uvećanje svojih proizvodnih kapaciteta, za periode od narednih 5 godina- zasnovano na prethodnom petogodišnjem periodu i, na žalost, pogrešile u procenama.
- Takođe, česte su greške u smislu nabavke i formiranja zaliha repromaterijala, koje su zasnovane na dugoročnim prognozama tražnje, koje se na kraju ne realizuju u stvarnosti.
- Naime, razlozi za takve greške mogu biti brojni:
 - Ukoliko prognozu baziramo na predviđanjima tražnje u periodu od narednih 5 godina, tu teško možemo predvideti pojavu konkurencije, pad kupovne moći, demografske promene u ciljanom regionu, pojavu ekonomske krize, nagli porast inflacije, nedostatak neophodnih repromaterijala i energenata,
- **Samim time, prognoziranje može biti dugoročno – strategijsko ali se operativni (izvršni) planovi realizuju za kratkoročne periode.**
- Moraju se odabrati adekvatni mehanizmi predviđanja, kako bi se uzeo u obzir set ključnih nezavisnih promenljivih ($\sum X_i$, $i = 1 \div n$), koje imaju ključni uticaj na zavisnu promenjivu/promenjive (Y_i).



Predviđanje i prognoziranje

- Postoje dva glavna pristupa predviđanju.
- Menadžeri lanaca snabdevanja ponekad koriste **kvalitativne** metode na osnovu mišljenja, prethodnog iskustva, pa čak i procena i nagađanja. Postoji i niz kvalitativnih dostupnih tehnika predviđanja koje pomažu menadžerima da procene trendove i uzročne veze i prave predviđanja o budućnosti.
- Takođe, mogu se koristiti i **kvantitativne** tehnike predviđanja za modeliranje/modelovanje podataka.
- Iako nijedan pristup ili tehnika neće rezultirati 100% tačnom prognozom, kombinacija kvalitativnih i kvantitativnih pristupa može se koristiti sa velikim efektom bazirano na kombinaciji stručnih sudova (ekspertskih mišljenja) i kvantitativnih prediktivnih modela.



Predviđanje i prognoziranje

- **Kvalitativne metode:**
- Zamislite da, iz nekog razloga, želite da predvidite ishod predstojeće fudbalske utakmice. Jednostavno gledati učinak timova u poslednjih nekoliko nedelja i ekstrapolirati ih je malo verovatno da će doneti pravi rezultat.
- Kao i mnoge poslovne odluke, ishod će zavisiti od mnogih drugih faktora.
- U ovom slučaju jačina protivnika, njihova skorašnja forma, povrede igrača obe strane, lokacija utakmice, pa čak i vremenske prilike mogu uticati na ishod.
- Kvalitativni pristup uključuje prikupljanje i procenu što više opisnih podataka, kao što su: mišljenja eksperata o prethodnim učincima, raspoložive opcije, pa i samo nagađanje.
- Postoji nekoliko načina da se predviđanje, zasnovano na kvalitativnom pristupu sprovede, kao što su recimo: **Panel pristup**, **Delphi metoda** i **Planiranje scenarija**.



Predviđanje i prognoziranje

- **Panel pristup**
- Baš kao što se paneli fudbalskih stručnjaka okupljaju da spekuliraju o mogućim ishodima – pre značajnih utakmica, tako se okupljaju i političari, poslovni lideri, berzanski analitičari, menadžeri banaka i avio kompanija, kao i eksperti iz oblasti upravljanja lancima snabdevanja.
- Panel deluje kao fokus grupa omogućavajući svima da govore otvoreno i slobodno. Iako postoji velika prednost koja se zasniva na činjenici da je nekoliko mozgova bolje od jednog, može se javiti situacija da je teško postići konsenzus, ili ponekad može da se desi da se prihvate stavovi koji dolaze od najglasnijeg učesnika panela ili onog sa najvišim statusom.
- Iako pouzdaniji metod, od donošenja odluka zasnovanog na mišljenju samo jedne osobe, pristup panela i dalje ima slabosti, a to je da se zaključci panela, mogu pogrešno shvatiti ili interpretirati – zasnovano na subjektivnim mišljenjima.



Predviđanje i prognoziranje

- **Delphi (Delfi) metod**
- Možda najpoznatiji pristup generisanju prognoza pomoću stručnjaka je Delphi metod. Ovo je formalniji metod koji pokušava da smanji uticaje procedura sastanaka licem u lice – koje se javljaju u panel pristupu.
- U ovom metodu, koristi se upitnik koji se šalje e-poštom (većem broju korisnika) ili se šalje pojedinim stručnjacima.
- Sakupljeni odgovori se analiziraju, sumiraju i vraćaju nazad (anonimno) svim stručnjacima.
- Od stručnjaka se zatim traži da ponovo razmotre svoj prvobitni odgovor u svetlu odgovora i argumenata koje su izneli drugi stručnjaci.
- Ovaj proces se ponavlja još nekoliko puta do postizanja konsenzusa ili barem dostizanja užeg spektra odluka.
- Jedna od mogućnosti ovog pristupa je u dodeljivanju većih težina pojedincima i njihovim sugestijama na osnovu, na primer, njihovog iskustva, njihovog prošlog uspeha u predviđanju, stavova drugih ljudi o njihovim sposobnostima. Svakako učesnici u analizi ne trebaju biti upoznati sa težinskim koeficijentima koje ste im dodelili.
- Očigledni problemi povezani sa ovom metodom uključuje neophodnost konstruisanja odgovarajućeg upitnika, odabir odgovarajuće grupe stručnjaka i pokušaj da se eliminišu uticaji potencijalnih inherentnih predrasuda o temi o kojoj se odlučuje.



Predviđanje i prognoziranje

- **Planiranje scenarija**
- Jedan od metoda za predviđanje, u situacijama sa još većom neizvesnošću, je planiranje scenarija.
- Ovo se obično primenjuje na dugoročna predviđanja, takođe pomoću panela.
- Od članova panela se obično traži da osmisle niz budućih scenarija.
- Zatim se može razgovarati o svakom scenariju uz uzimanje u obzir prepoznatih rizika.
- Za razliku od Delphi metode, planiranje scenarija nije nužno usmereno na postizanje konsenzusa, već na razmatranje mogućeg raspona opcija i postavljanje planova kako bi se pokušali izbeći oni koji su najmanje poželjni i preduzeti mere za usmeravanje ka najpoželjnijim scenarijima.



Predviđanje i prognoziranje

- **Kvantitativne metode**
- Postoje dva glavna pristupa jednostavnom kvantitativnom predviđanju: **analiza vremenskih serija** i **kauzalne tehnike modelovanja**.
- **Vremenske serije** ispituju obrazac ponašanja, u prošlosti određene pojave, tokom vremena uzimajući u obzir razloge za varijacije u trendu kako bi se analiza koristila za predviđanje budućeg ponašanje tog fenomena.
- **Kauzalno (uzročno) modeliranje** je pristup koji opisuje i procenjuje složeni mehanizam odnosa uzrok-posledica između ključnih varijabli.



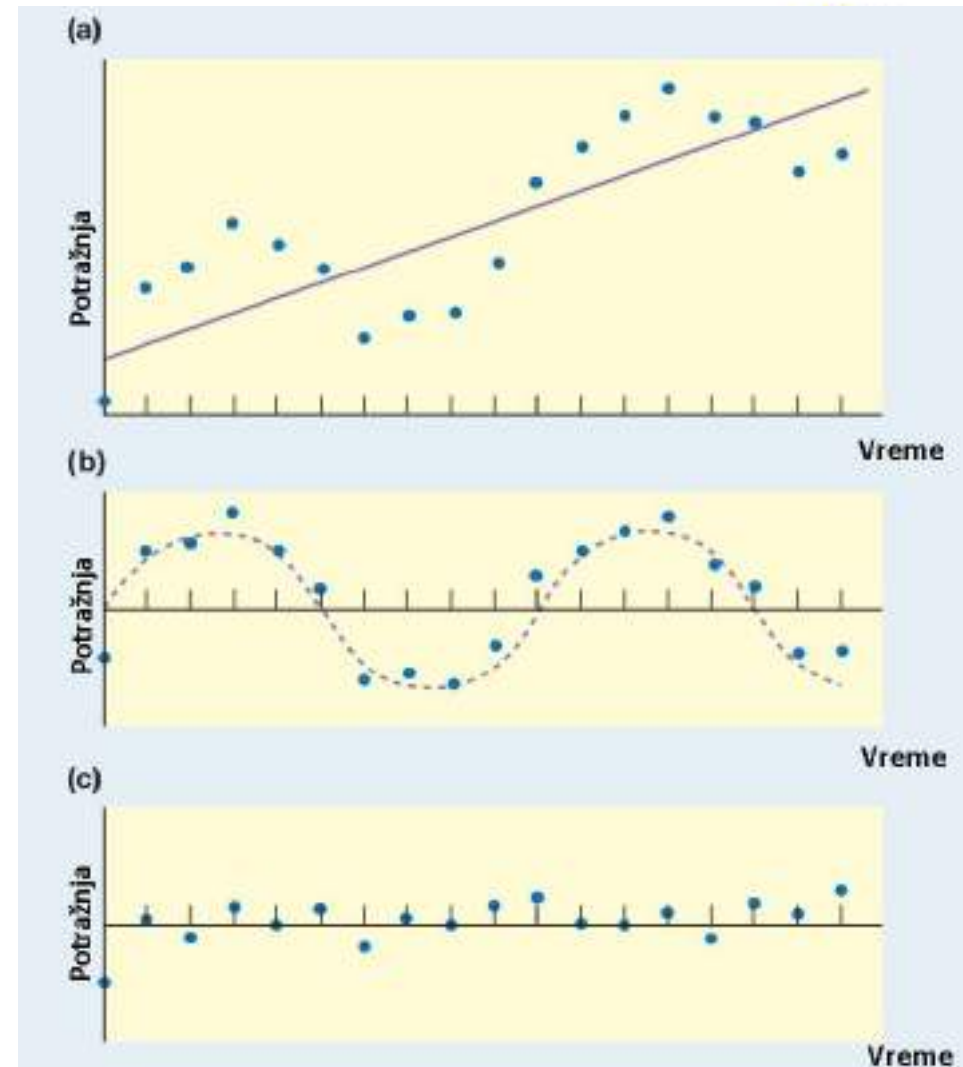
Predviđanje i prognoziranje

- **Analiza vremenskih serija**
- Jednostavne vremenske serije prikazuju vrednost promenljive zabeležen tokom vremena, odakle se uklanjanjem osnovnih varijacija korišćenjem tehnika ekstrapolacije, može izvršiti predviđanje budućeg ponašanja.
- Ključna slabost ovag pristupa je da on pojednostavljeno gleda na prošlo ponašanje da bi predvideo budućnost, zanemarujući značaj uzročnih varijabli, koje se uzimaju u obzir u drugim metodama kao što su metode kauzalnog modeliranja.

Predviđanje i prognoziranje

- Na primer, pretpostavimo da kompanija u lancu snabdevanja pokušava da predvidi buduću prodaju proizvoda, na osnovu potražnje za proizvodom u prethodnom periodu.
- Prodaja u poslednje tri godine, kvartal po kvartal, prikazana je na slici (a):
- Ovaj prikaz se može koristiti za analizu trenada podataka (najčešće **linearizacijom** podataka). Gde na osnovu slike (a) možemo zaključiti da je trend rastući. Prostim ekstrapolacijom, može se predvideti buduća tražnja.

N. Slack, S. Chambers, R. Johnston, Operations Management, Prentice Hall, 2010





Predviđanje i prognoziranje

- Ukoliko želimo da vidimo odstupanje (prosečnu varijaciju), u određenim periodima, od vrednosti koja je definisana linijom trenda, dobićemo takozvanu **sezonalnu varijaciju (seasonal variation)**, slika (b), koja je u ovom slučaju ciklična.
- Takođe, u okviru vremenske serije se mogu analizirati takozvane nasumične ili neregularne varijacije (**Random or Irregular variation**), koje predstavljaju uočeno odstupanje od uočenog trenda promene posmatrane varijable (slika (c)). To su one varijacije koje preostaju, kada se izdvoje prosečne varijacije, predstavljene pod (b).
- Nasumične varijacije koje ostaju nakon uklanjanja trenda i sezonskih efekata su bez bilo kog poznatog ili primenljivog uzroka. To, međutim, ne znači da nemaju uzrok, već samo da ne znamo šta je to.



Predviđanje i prognoziranje

- U svakom slučaju, na osnovu podataka koji su dati u obliku vremenskih serija, moguće je primeniti brojne kvantitativne metode, kako bi se vršila predikcija budućeg ponašanja promenjive, zasnovano na trendu vremenskih serija u prethodnom periodu.
- Ovde će biti predstavljene neke od njih:
 - Predviđanje na osnovu **pokretnih proseka** (moving-average forecasting);
 - Predviđanje **eksponencijalnim izглаđivanjem** (exponentially smoothed forecasting).



Predviđanje i prognoziranje

- **Predviđanje na osnovu pokretnih proseka**
- Pristup predviđanju sa pokretnim prosekom uzima ostvarenu potražnju iz prethodnih n perioda, izračunava prosečnu potražnju za tih n perioda i koristi ovaj prosek kao prognozu za potrebe sledećeg perioda.
- Bilo koji podatak stariji od posmatranih n perioda (van usvojenog okvira za n) ne igra nikakvu ulogu u prognozi za sledeći period.
- Vrednost n se može usvojiti na bilo kom nivou, ali je obično u opsegu od 4 do 7.



Predviđanje i prognoziranje

- **Primer:** Ukoliko je neko preduzeće u okviru lanca snabdevanja vršilo praćenje potrežanje za proizvodima u prethodnih 15 nedelja i želi da izvrši predviđanje zahteva u 16 nedelji, izvršiti predikciju pomoću metoda pokretnih proseka.
- *Rešenje:* Prvo je potrebno usvojiti vrednost perioda n . U ovom slučaju biće usvojeno da je $n = 4$. Samim time, vrednost predviđanja za neku od narednih nedelja (t), bio bi:
- $$F_t = \left(\frac{F_{t-1} + F_{t-2} + F_{t-3} + \dots + F_{t-n}}{n} \right)$$
- U konkretnom slučaju:
$$F_{16} = \left(\frac{F_{16-1} + F_{16-2} + F_{16-3} + F_{16-4}}{4} \right) = \left(\frac{F_{15} + F_{14} + F_{13} + F_{12}}{4} \right)$$

Predviđanje i prognoziranje

- Podaci neophodni za proračun, kao i sami rezultati dati su u tabeli:

Nedelja	Prethodna potražnja, u 000 nj	Predviđanje
1	63.3	
2	62.5	
3	67.8	
4	66	
5	67.2	64.9
6	69.9	65.875
7	65.6	67.725
8	71.1	67.175
9	68.8	68.45
10	68.4	68.85
11	70.3	68.475
12	72.5	69.65
13	66.7	70
14	68.3	69.475
15	67	69.45
16		68.625

$$F_{16} = \left(\frac{F_{15} + F_{14} + F_{13} + F_{12}}{4} \right) = \left(\frac{67 + 66.3 + 66.7 + 72.5}{4} \right) = 68.6$$

Predviđanje i prognoziranje



Pokazatelj uspešnosti logistike (LPI)

- Uveden 2007. godine i vodi se u oko 150 zemalja.
- Meri nekoliko dimenzija logističkog razvoja u nekoj zemlji.
- Uzima se kao jedan od indikatora karakteristike privrede jedne zemlje u okviru Svetske banke



Predviđanje i prognoziranje

LPI ima šest ključnih dimenzija:

- ⑩ Kvalitet infrastrukture (transportna mreža)
- ⑩ Efikasnost logističkih procesa (granične kontrole, carinu)
- ⑩ Kvalitet logističkih usluga (špedicije i sl)
- ⑩ Sposobnost praćenja i upravljanja isporukama
- ⑩ Tačnost isporuka (vreme i mesto)
- ⑩ Konkurentnost cena

<http://data.worldbank.org>

LPI za region istočne evrope

<https://lpi.worldbank.org/international/global>



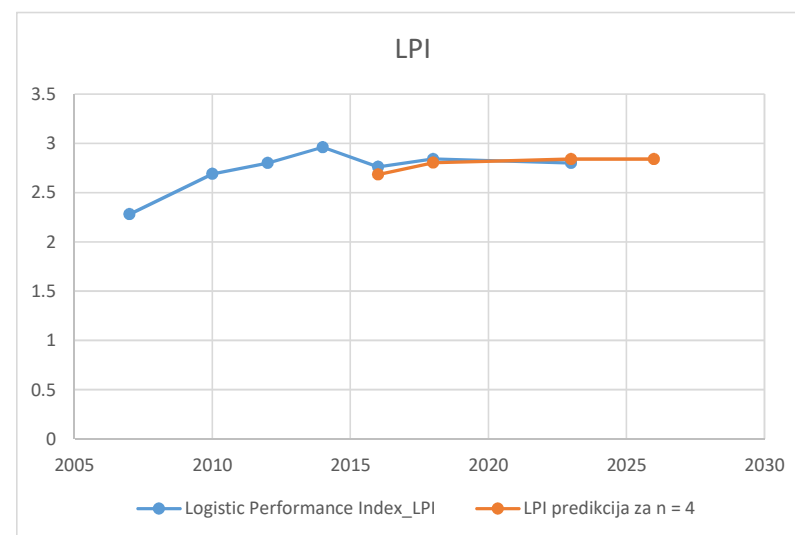
No.	Int. LPI Rank	Country	LPI	Customs	Infrastructure	International shipments	Logistics competence	Tracking & tracing	Timelines
1	30	Poland	3.44	3.12	2.98	3.22	3.26	3.45	4.52
2	37	Latvia	3.25	2.94	2.88	3.38	2.96	3.55	3.72
3	39	Turkey	3.22	2.82	3.08	3.15	3.23	3.09	3.94
4	45	Lithuania	3.13	2.79	2.72	3.19	2.85	3.27	3.92
5	59	Romania	2.84	2.36	2.25	3.24	2.68	2.9	3.45
6	62	Kazakhstan	2.83	2.38	2.66	3.29	2.6	2.7	3.25
7	63	Bulgaria	2.83	2.5	2.3	3.07	2.85	2.96	3.18
8	68	Uzbekistan	2.79	2.2	2.54	2.79	2.5	2.96	3.72
9	73	Macedonia, FYR	2.77	2.55	2.55	2.83	2.76	2.82	3.1
10	83	Serbia	2.69	2.19	2.3	3.41	2.55	2.67	2.8
11		Bosnia and Herzegovina	2.66	2.33	2.22	3.1	2.3	2.68	3.18
12	89	Azerbaijan	2.64	2.14	2.23	3.05	2.48	2.65	3.15
13	91	Kyrgyz Republic	2.62	2.44	2.09	3.18	2.37	2.33	3.1
14	93	Georgia	2.61	2.37	2.17	2.73	2.57	2.67	3.08
15	94	Russian Federation	2.61	2.15	2.38	2.72	2.51	2.6	3.23
16	102	Ukraine	2.57	2.02	2.44	2.79	2.59	2.49	3.06
17	104	Moldova	2.57	2.11	2.05	2.83	2.17	3	3.17
18	111	Armenia	2.52	2.1	2.32	2.43	2.59	2.26	3.4
19	114	Turkmenistan	2.49	2.14	2.24	2.31	2.34	2.38	3.51
20	119	Albania	2.46	2.07	2.14	2.64	2.39	2.39	3.01
21	121	Montenegro	2.43	2.17	2.45	2.54	2.32	2.44	2.65
22	131	Tajikistan	2.35	1.9	2	2.42	2.25	2.25	3.16

Predviđanje i prognoziranje

Moving average primer za slučaj Logistic Performacne Index

Fajl: LPI Serbia Mooving Average.xlsx

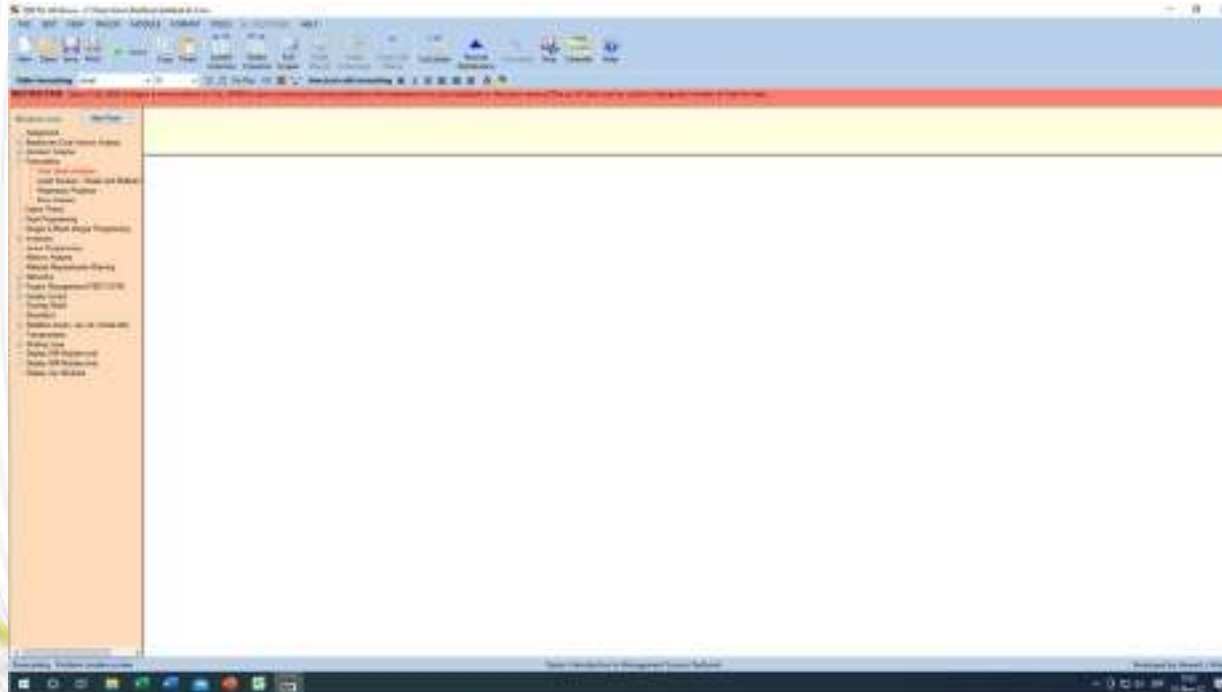
Godina	Logistic Performance Index_LPI	LPI predikcija za n = 4
2007	2.28	
2010	2.69	
2012	2.8	
2014	2.96	
2016	2.76	2.6825
2018	2.84	2.8025
2023	2.8	2.84
2026		2.84



Predviđanje i prognoziranje



- **POM QM for Windows za metodu pokretnih proseka:**
- Forecasting → Time Series Analysis → Method (Moving Averages) → Periods to average (4)



QM for Windows

FILE EDIT VIEW TAYLOR MODULE FORMAT TOOLS SOLUTIONS HELP

New Open Save Print Solve Copy Paste Autofit Columns Widen Columns Full Screen Insert Row(s) Insert Column(s) Copy Cell Down Calculator Normal Distribution Comment Snip Calendar Help

Table formatting Arial 10 Fixed Dec 0.0 Selected cells formatting

INSTRUCTION: Select FILE, NEW to begin a new problem or FILE, OPEN to open a previously saved problem or the examples from your textbook or the users manual.

Module tree Hide Panel

- Aggregate Planning
 - Assembly Line Balancing
 - Assignment
- Break-even/Cost-Volume Analysis
 - Capital Investment(NPV, IRR)
- Decision Analysis
 - Factor Rating
- Forecasting
 - Game Theory
 - Goal Programming
 - Integer & Mixed Integer Programming
- Inventory
 - Job Shop Scheduling
 - Layout
- Learning Curves
 - Linear Programming
- Location
 - Lot Sizing
 - Markov Analysis
 - Material Requirements Planning
- Networks
 - Productivity
- Project Management (PERT/CPM)
- Quality Control
- Reliability
 - Simulation
- Statistics (mean, var, sd, normal dist)
- Transportation
- Waiting Lines
- Work Measurement
 - Download QM Modules only

Create data set for Forecasting/Time Series Analysis

TITLE: [untitled] Modify default title

Number of Past Periods 7

Row Names Column Names Overview

- ☒ Past Period 1, Past Period 2, Past Period 3...
- ☐ a, b, c, d, e...
- ☐ A, B, C, D, E...
- ☐ 1, 2, 3, 4, 5...
- ☐ January, February, March...
Click here to set start month
- ☐ Other

Cancel Help OK

Forecasting Problem creation screen

Taylor's Introduction to Management Science Textbook

Developed by Howard J. Weiss

Office Windows - Data

FILE EDIT VIEW WINDOW MODULE FORMAT TOOLS SOLUTIONS HELP

New Open Save Print Solve Copy Paste AutoFill Write Columns Full Screen Insert Rows Insert Columns Order Cell Down Calculator Normal Distribution Comment Set Calculator Help

Table formatting Add 18 12 10 8 6 4 2 0 Selected cells formatting

INSTRUCTION: Enter the demand for past period 1. Any cell value is permissible.

Module from: Hide Panel

Regression
 Break-even Cost-Volume Analysis
 Decision Analysis
 Forecasting
 Game Theory
 Goal Programming
 Integer & Mixed Integer Programming
 Inventory
 Linear Programming
 Markov Analysis
 Material Requirements Planning
 Networks
 Project Management (PERT, CPM)
 Quality Control
 Scheduling
 Simulation
 Statistical Inference (est. & normal dist.)
 Transportation
 Waiting Lines
 Data: OR Module only
 Data: QM Module only
 Data: ML Module

Method

Score Method

(until End)

	Demand(y)
Past Period 1	2.26
Past Period 2	2.66
Past Period 3	2.6
Past Period 4	2.66
Past Period 5	2.26
Past Period 6	2.64
Past Period 7	2.6

Forecasting Time Series Analysis | Data Screen

Syler's Introduction to Management Science Textbook

Developed by Howard J. Wood

Type here to search

19/11 4:01 PM

QM for Windows

FILE EDIT VIEW WINDOW MODULE FORMAT TOOLS SOLUTIONS HELP IDENTIFY

New Open Save Print Add Data Copy Paste AutoFit Columns Width Columns Cell Format Insert Rows Insert Columns Copy Cell Down Calculator Normal Distribution Comment Insert Calendar Help

Table formatting: Auto + 11 12 13 No Gap 24 Selected with formatting

INSTRUCTION: There are many reports available in additional windows. These may be opened by using the SOLUTIONS menu in the main menu.

Module: Error Hide Panel

- Regression
- Breakdown Cost Volume Analysis
- Decision Analysis
- Forecasting
- Game Theory
- Goal Programming
- Integer & Mixed Integer Programming
- Inventory
- Linear Programming
- Markov Analysis
- Mixed Requirements Planning
- Networks
- Project Management (PERT/CPM)
- Quality Control
- Scoring Model
- Simulation
- Solution (press, use, and control alt)
- Transportation
- Waiting Lines
- Display QM Modules only
- Display QM Modules only
- Display All Modules

Module: Error

Measure: Error Measures

Measure	Value
Bias (Mean Error)	0.00
MAD (Mean Absolute Deviation)	0.00
MSE (Mean Squared Error)	0.00
Standard Error (Standard Error)	0.00
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	1.0000

Forecast

next period

2.84

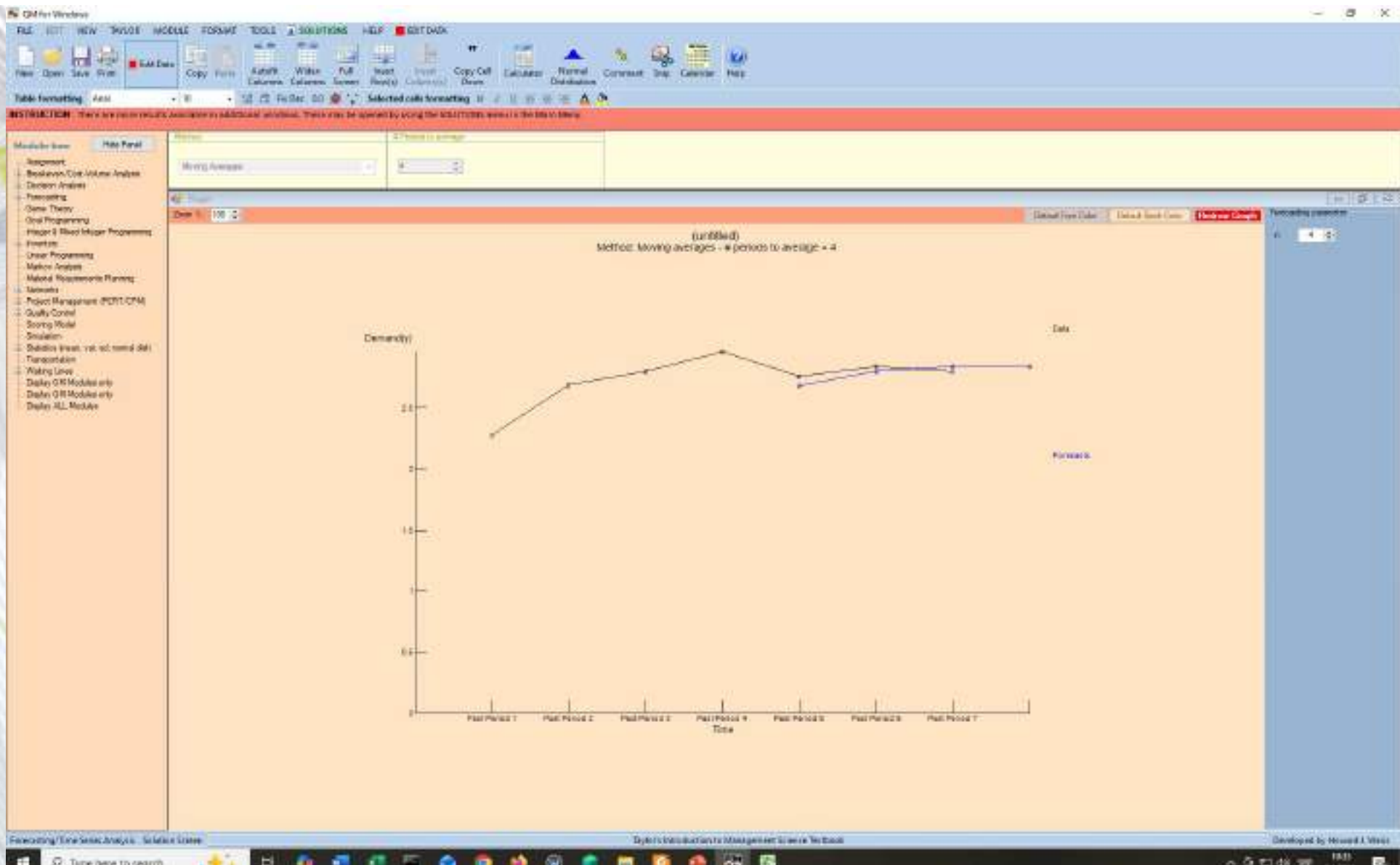
Forecasting/ Error Series Analysis / Solution Screen

Taylor's Introduction to Management Science 6e Textbook

Developed by Howard L. Wren

Type here to search

100% 11:00 AM





Predviđanje i prognoziranje

- **Eksponencijalno izглаđivanje**
- Postoje dva značajna nedostatka pristupa predviđanju sa pokretnim prosekom.
- Prvi se sastoji u tome što u svom osnovnom obliku daje jednaku težinu svim prethodnim n periodima koji se koriste u proračunu (što može prevazići dodeljivanjem različitih težina svakom od n perioda).
- Drugo, što je još važnije, ne koristi podatke iz više od n perioda kojima se izračunava pokretni prosek.
- Oba ova problema se prevazilaze eksponencijalnim izaglađivanjem.
- Pristup eksponencijalnog izgladivanja prognozira tražnju u narednom periodu uzimajući u obzir stvarnu tražnju u tekućem period i prognozu koja je prethodno napravljena za tekući period.
- Proračun se zasniva na formuli:
- $F_t = \alpha * A_{t-1} + (1 - \alpha) * F_{t-1}$, gde je α - koeficijent izgladivanja, A_{t-1} – stvarna vrednost izmerena za posmatrani period i F_{t-1} – vrednost predviđanja za isti period.



Predviđanje i prognoziranje

- Kako bi mogla da se započne kalkulacija, usvaja se da je za prvo zabeleženo merenje (t_0), vrednost $F_0 = A_0$.
- U okviru ove metode, celokupni perthodni period u kojem je vršeno merenje, ima određeni uticaj na predviđanje za naredni period.
- Analiza se može ponoviti za različite vrednosti koeficijenta izgladivanja (α).
- Na taj način, ukoliko bi se navedena metoda primenila na isti primer, kao i metoda pokretnih proseka, dobilo bi se sledeće rešenje:

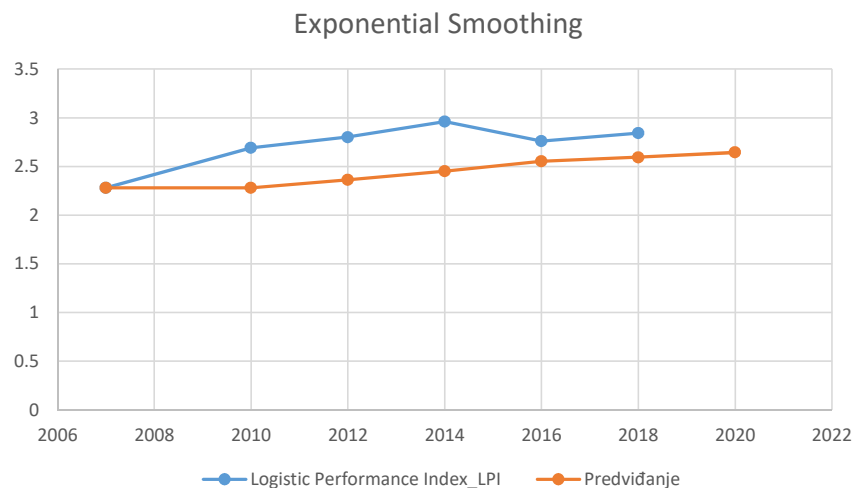
Predviđanje i prognoziranje



Pri čemu je, za 2026-tu godinu:

$$F_{2026} = 0.2 * A_{2023} + (1 - 0.2) * F_{2023} = 0.2 * 2.80 + 0.8 * 2.64 = 2.67$$

Godina	Logistic Performance Index_LPI	Predviđanje	a =	0.2
2007	2.28	2.28		
2010	2.69	2.28		
2012	2.8	2.362		
2014	2.96	2.4496		
2016	2.76	2.55168		
2018	2.84	2.593344		
2023	2.8	2.642675		
2026		2.67414		



LPI Serbia _ Exponential Smoothing.xlsx



Predviđanje i prognoziranje

- **POM QM for Windows za metodu eksponencijalnog izgladivanja:**
- Forecasting → Time Series Analysis → Method (Exponential Smoothing)



QM for Windows

File Edit View Input Module Format Tools MISSTIONS HELP

File Open Save Print Add Data Copy Paste Auto Fill Paste Fill Insert Rows Insert Columns Copy Cell Block Calculator Normal Distribution Comment Help

Table Formatting Anal -10 Selected cells formatting

INSTRUCTION: There are more results available in additional windows. These may be opened by using the MISSTIONS menu in the Main Menu.

Module Name: **Module Panel**

Assignment
Breakdown Cost Volume Analysis
Decision Analysis
Forecasting
Game Theory
Goal Programming
Inventory & Material Management
Linear Programming
Markov Analysis
Material Requirements Planning
Networks
Project Management (PERT/CPM)
Quality Control
Stochastic Models
Simulation
Statistical Process Control
Transportation
Waiting Lines
Other QM Modules only
Display QM Modules only
Display ALL Modules

Analysis: Demand Shoothing

Alpha Smoothing: 0.00

From: One analysis begins in period 2

QM for Windows - [Data] Results

and Error Statistics

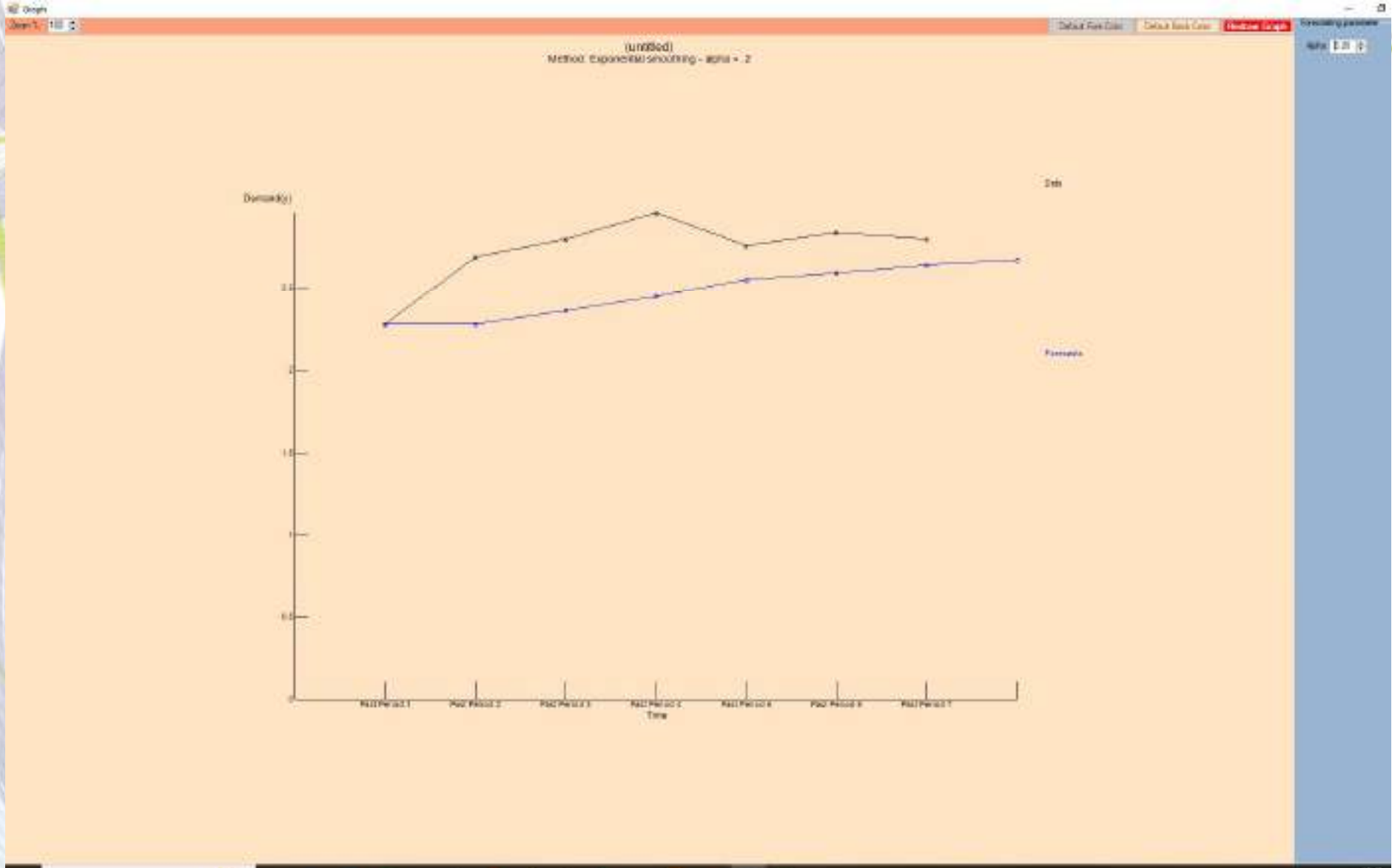
Measure	Value
Error Measures	
MSE (Mean Error)	500
MAD (Mean Absolute Deviation)	500
MSE (Mean Squared Error)	100
Standard Error (Denominator=2+4)	433
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	11.603%
Forecast	
next period	2 674

Forecasting Time Series Analysis / Solution Screen

Taylor's Introduction to Management Science Textbook

Developed by Howard J. Vahren

1942 11/2006





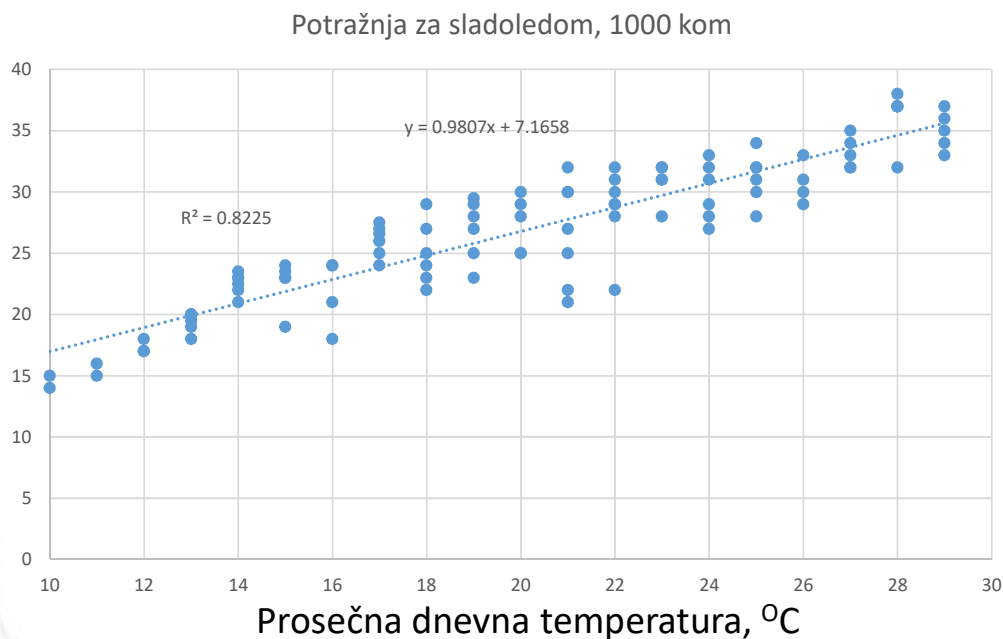
Predviđanje i prognoziranje

- **Kauzalno (uzročno) modeliranje**
- Uzročni modeli često koriste složene tehnike da bi razumeli prirodu i intenzitet odnosa između brojnih varijabli i uticaja koje one imaju jedna na drugu.
- Najjednostavniji modeli ove vreste su jednostavni **jednostruki regresioni modeli**, gde se određuje „najbolje poklapanje / best fit“ između dve varijable.

Predviđanje i prognoziranje



- **Primer:** Kako bi se ilustrovalo dati primer, biće predstavljen slučaj iz literature*, gde pretpostavljamo da kompanija u lancu snabdevanja za proizvodnju i prodaju sladoleda pokušava da predvidi svoju buduću prodaju, zavisno od temperature.



Kauzalno modelovanje primer.xlsx

*N. Slack, S. Chambers, R. Johnston, *Operations Management*, Prentice Hall, 2010



Predviđanje i prognoziranje

- Očigledno je da postoji trend rasta tražnje za sladoledima, sa porastom spoljašnje temperature.
- Najjednostavniji oblik jednačine modela, navedenog primera je u obliku linearne zavisnosti, u obliku $Y_i = f(X_i)$, gde je X_i – nezavosna promenjiva – temeperatura vazduha, dok je Y_i – zavisna promenjiva – tražnja za sladoledima.
- **Jednačina linearne zavisnosti, ovog slučaja bi bila:**
$$Y = 7.1658 + 0.9807 * X$$
- **Koeficijent determinacije ovog modela je $r^2 = 0.8225$** , što znači da je, pomoću ovog modela, moguće predvideti tražnju za sladoledom sa tačnošću modela od 82.25%, ukoliko je poznata prosečna temperatura tokom nedelje, pod uslovom da su ostali uslovi na tržištu realtivno stabilni i mogu se smatrati konstantnim.



Predviđanje i prognoziranje

- **POM QM for Windows za metodu Least Squares – Simple and Multiple Regression:**
- Forecasting → Least Squares – Simple and Multiple Regression

COM for Windows

FILE EDIT VIEW TAYLOR MODULE FORMAT TOOLS HELP

New Open Save Print Copy Paste AutoFit Columns Width Columns Fill Screen Insert Row(s) Insert Column(s) Copy Cell Down Calculator Normal Distribution Solver Calendar Help

Table formatting Arial 10 Font Desc: 0.0 Selected cells formatting

INSTRUCTION: Select FILE, NEW to begin a new problem or FILE, OPEN to open a previously saved problem or the examples from your textbook or the user's manual.

Module tree: Hide Panel

- Assignment
- Breakdown-Cost-Volume Analysis
- Decision Analysis
- Forecasting
- Game Theory
- Goal Programming
- Integer & Mixed Integer Programming
- Inventory
- Linear Programming
- Markov Analysis
- Material Requirements Planning
- Networks
- Project Management (PERT/CPM)
- Quality Control
- Scoring Model
- Simulation
- Statistics (normal, var, std, normal dist)
- Transportation
- Waiting Lines
- Display QM Modules only
- Display QM Modules only
- Display ALL Modules

Create data set for Forecasting/Least Squares - Simple and Multiple Regression

TITLE: Untitled

Modify default title

Number of Observations: 100

Number of Independent Variables: 1

Row Names: Column Names: Overview

- ☐ Observation 1, Observation 2, Observation 3, ...
- ☐ A, B, ..., K, L, ...
- ☐ A, B, C, D, E, ...
- ☐ 1, 2, 3, 4, 5, ...
- ☐ Jones, Reynolds, Mack, ...

Click here to set start month:

☒ Other: Periods (as specified)

Cancel Help OK

Forecasting - Problem creation screen

Taylor's Introduction to Management Science Textbook

Developed by Howard J. Weiss

15:48 15-Nov-02

CMiller Windows - [Data]

FILE EDIT VIEW TAYLOR MODULE FORMAT TOOLS HELP

New Open Save Print Copy Paste AutoFit Columns Width Columns Fill Screen Insert Rows Insert Columns Copy Cell Down Calculator Normal Distribution Connect Map Calendar Help

Table formatting Arial 10 Po Dec 0.0 Selected cells formatting

INSTRUCTION Enter the value of potraznja 3 for x1. Any real value is permissible.

Module tree: Hide Panel

- Assignment
- Decision-Cost Volume Analysis
- Decision Analysis
- Forecasting
 - Time Series Analysis
 - Least Squares: Simple and Multiple
 - Regression Projector
 - Cost Analysis
- Game Theory
- Goal Programming
- Integer & Mixed Integer Programming
- Inventory
- Linear Programming
- Markov Analysis
- Material Requirements Planning
- Networks
- Project Management (PERT/CPM)
- Quality Control
- Queuing Model
- Simulation
- Statistics (mean, var, st. normal dist)
- Transportation
- Waiting Lines
- Display QM Modules only
- Display QM Modules only
- Display ALL Modules

ForecastingLeast Squares - Simple and Multiple Regression Data Screen

		Depend var. Y	X1
Potraznja 1	14	10	
Potraznja 2	15	10	
Potraznja 3	15	11	
Potraznja 4	16	11	
Potraznja 5	17	12	
Potraznja 6	18	12	
Potraznja 7	17	12	
Potraznja 8	18	13	
Potraznja 9	19	13	
Potraznja 10	19.5	13	
Potraznja 11	20	13	
Potraznja 12	20	13	
Potraznja 13	21	14	
Potraznja 14	22	14	
Potraznja 15	22.5	14	
Potraznja 16	23	14	
Potraznja 17	23	14	
Potraznja 18	23.5	14	
Potraznja 19	23	15	
Potraznja 20	19	15	
Potraznja 21	24	15	
Potraznja 22	23	15	
Potraznja 23	23.5	15	
Potraznja 24	24	16	
Potraznja 25	18	16	
Potraznja 26	21	16	
Potraznja 27	24	16	
Potraznja 28	25	17	
Potraznja 29	26	17	
Potraznja 30	26.6	17	
Potraznja 31	27	17	
Potraznja 32	27.5	17	
Potraznja 33	24	17	
Potraznja 34	22	18	
Potraznja 35	23	18	
Potraznja 36	24	18	
Potraznja 37	25	18	
Potraznja 38	27	18	
Potraznja 39	29	18	

Taylor's Introduction to Management Science Textbook

Developed by Howard J. Weiss

15:03 15 Nov 02

QM for Windows

FILE EDIT VIEW TAYLOR MODULE FORMAT TOOLS SOLUTIONS HELP EDIT DATA

New Open Save Print Edit Data Copy Paste AutoFill Columns: Rows: Full Screen Insert Rows Insert Columns Copy Cell Data Calculator Normal Distribution Correlation Seq. Calculator Help

Table formatting: Arial 10 Selected cells formatting

INSTRUCTION: There are more results available in additional windows. These may be opened by using the SOLUTIONS menu in the Main Menu.

Module tree: Hide Panel

- Assignment
- Decision-Cost Volume Analysis
- Decision Analysis
- Forecasting
 - Time Series Analysis
 - Least Squares: Simple and Multiple
 - Regression: Projector
 - Cost Analysis
- Game Theory
- Goal Programming
- Integer & Mixed Integer Programming
- Inventory
- Linear Programming
- Markov Analysis
- Material Requirements Planning
- Networks
- Project Management (PERT/CPM)
- Quality Control
- Sourcing Model
- Simulation
- Statistics (mean, var, st. normal dist)
- Transportation
- Waiting Lines
- Display QM Modules only
- Display QM Modules only
- Display ALL Modules

QM for Windows - (Stat) Results

Go Back Solution

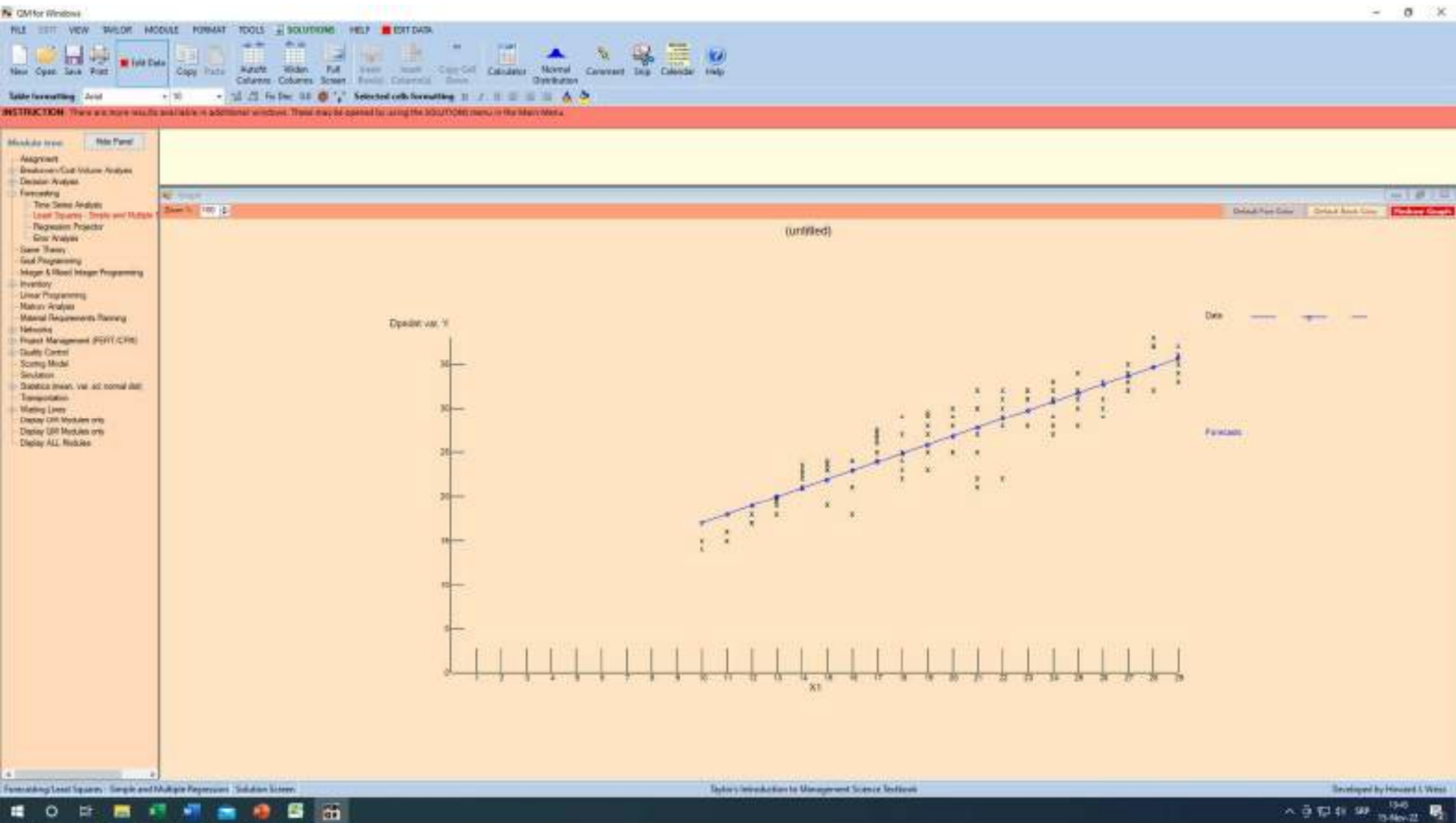
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	0
MAD (Mean Absolute Deviation)	1.678
MSE (Mean Squared Error)	5.652
Standard Error (Decision-2-93)	2.402
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	078
Regression line	
Optimal val. $Y = 7.166$	
$+ .981 * X1$	
Statistics	
Correlation coefficient	.907
Coefficient of determination (R^2)	.822

Forecasting Least Squares - Simple and Multiple Regression - Solution Screen

Taylor's Introduction to Management Science Textbook

Developed by Howard J. Weiss

15:45
15 Nov 02





Predviđanje i prognoziranje

- **POM QM for Windows za metodu Regression Projector:**
- Forecasting → Regression Projector

COM for Windows

FILE EDIT VIEW TAYLOR MODULE FORMAT TOOLS HELP

New Open Save Print Copy Paste AutoFit Columns Width Columns Full Screen Insert Row(s) Insert Column(s) Copy Cell Down Calculator Normal Distribution Solver Calendar Help

Table formatting Arial 10 Font Desc: 0.0 Selected cells formatting

INSTRUCTION: Select FILE, NEW to begin a new problem or FILE, OPEN to open a previously saved problem or the examples from your textbook or the user's manual.

Module tree: Hide Panel

- Assignment
- Breakdown-Cost-Volume Analysis
- Decision Analysis
- Forecasting
- Game Theory
- Goal Programming
- Integer & Mixed Integer Programming
- Inventory
- Linear Programming
- Markov Analysis
- Material Requirements Planning
- Networks
- Project Management (PERT/CPM)
- Quality Control
- Scoring Model
- Simulation
- Statistics (normal, var, std, normal dist)
- Transportation
- Waiting Lines
- Display QM Modules only
- Display QM Modules only
- Display ALL Modules

Create data set for Forecasting/Regression Project

TITLE: Untitled

Modify default title

Number of Independent Variables: 1

Number of Forecasts: 10

Row Names: Column Names: Overview

- ☐ X 1, X 2, X 3, ...
- ☐ A, B, C, D, E, ...
- ☐ 1, 2, 3, 4, 5, ...
- ☐ Dates, February, March, ...

Click here to set start month:

☒ Other: Previous temperature

Cancel Help OK

Forecasting: Problem creation screen

Taylor's Introduction to Management Science Textbook

Developed by Howard J. Weiss

15:14 15 Nov 02

CMH Windows - [Data]

FILE EDIT VIEW TAYLOR MODULE FORMAT TOOLS HELP

New Open Save Print Copy Paste AutoFit Columns Width Columns Fill Screen Insert Rows Insert Columns Copy Cell Down Calculator Normal Distribution Connect Map Calendar Help

Table formatting: Arial 10. Selected cells: forecasting

INSTRUCTION: Enter the values for procedure temperature 1 for forecast 10. Any real value is permissible.

Module tree: Hide Panel

- Assignment
- Decision-Cost Volume Analysis
- Decision Analysis
- Forecasting
 - Time Series Analysis
 - Least Squares: Simple and Multiple Regression Projects
 - Error Analysis
 - Game Theory
 - Goal Programming
 - Integer & Mixed Integer Programming
 - Inventory
 - Linear Programming
 - Markov Analysis
 - Material Requirements Planning
 - Networks
 - Project Management (PERT/CPM)
 - Quality Control
 - Queuing Model
 - Simulation
 - Statistics (mean, var, sd, normal dist)
 - Transportation
 - Waiting Lines
- Display QM Modules only
- Display QM Modules only
- Display ALL Modules

forecasting

	Coefficientes	Forecast 1	Forecast 2	Forecast 3	Forecast 4	Forecast 5	Forecast 6	Forecast 7	Forecast 8	Forecast 9	Forecast 10
Intercept	7.166	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Procedura temperatura 1	001	10	10	21	04	27	00	00	06	00	40

Forecasting/Regression Project - Data Screen

Taylor's Introduction to Management Science's Textbook

Developed by Howard J. Weiss

15 Nov 02

QM for Windows

FILE EDIT VIEW TAYLOR MODULE FORMAT TOOLS SOLUTIONS HELP EDIT DATA

New Open Save Print Edit Data Copy Paste AutoFill Columns Width Columns Screen Insert Rows Insert Columns Copy Cell Range Calculator Normal Distribution Correlation Seq Calculator Help

Table formatting Arial 10 Selected cells formatting

INSTRUCTION: Click on Edit Data to return to data

Module tree: Hide Panel

- Assignment
- Decision-Cost Volume Analysis
- Decision Analysis
- Forecasting
 - Time Series Analysis
 - Least Squares: Simple and Multiple Regression Projects
 - Error Analysis
 - Basic Theory
 - Goal Programming
 - Integer & Mixed Integer Programming
 - Inventory
 - Linear Programming
 - Markov Analysis
 - Material Requirements Planning
 - Networks
 - Project Management (PERT/CPM)
 - Quality Control
 - Queuing Model
 - Simulation
 - Statistics (mean, var, sd, normal dist)
 - Transportation
 - Waiting Lines
 - Display QM Modules only
 - Display QM Modules only
 - Display ALL Modules

QM for Windows - (Stat) Results

(undf) Solution

	Coefficients	Forecast 1	Forecast 2	Forecast 3	Forecast 4	Forecast 5	Forecast 6	Forecast 7	Forecast 8	Forecast 9	Forecast 10
Intercept	7.158	808	808	808	808	808	808	808	808	808	808
Prosefina temperature 1	.981	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42
Forecast		21.881	24.824	27.757	30.71	33.653	36.598	39.539	42.482	45.425	48.368

Forecasting Regression Project - Solution Screen

Taylor's Introduction to Management Science Textbook

Downloaded by Howard J. Weiss

15 Nov 22



Predviđanje i prognoziranje

- Svakako, u praksi je uglavnom neophodno razviti značajno složenije mreže modela, koji sadrže veći broj nezavisnih varijabli (ulaznih veličina modela) a često i veći broj zavisnih varijabli (izlazne veličine modela).
- *Modelovanje predstavlja proces generisanja fizičkih, konceptualnih ili matematičkih prikaza stvarnih fenomena koje je teško posmatrati direktno.*
- Pri tome je međusobni odnos svake od varijabli često kompleksan skup pretpostavki i ograničenja.
- Za razvoj kompleksnih modela i procenu važnosti svakog od faktora, kao i za razumevanje mreže međusobnih odnosa, dostupne su brojne tehnike koje pomažu menadžerima da preduzmu kompleksnije modeliranje u cilju dobijanje predikcionih modela.
- Iako je modelovanje centralna komponenta savremene nauke, naučni modeli se u najboljem slučaju mogu posmatrati kao aproksimacija objekata i sistema koje predstavljaju – oni nisu njihova egzaktna replika.
- Iz tog razloga, naučna zajednica permanentno radi na unapređenju i rafinaciji kako postojećih modela, tako i postojećih načina i metoda modelovanja.

Modeliranje i optimizacija - predviđanje i prognoziranje



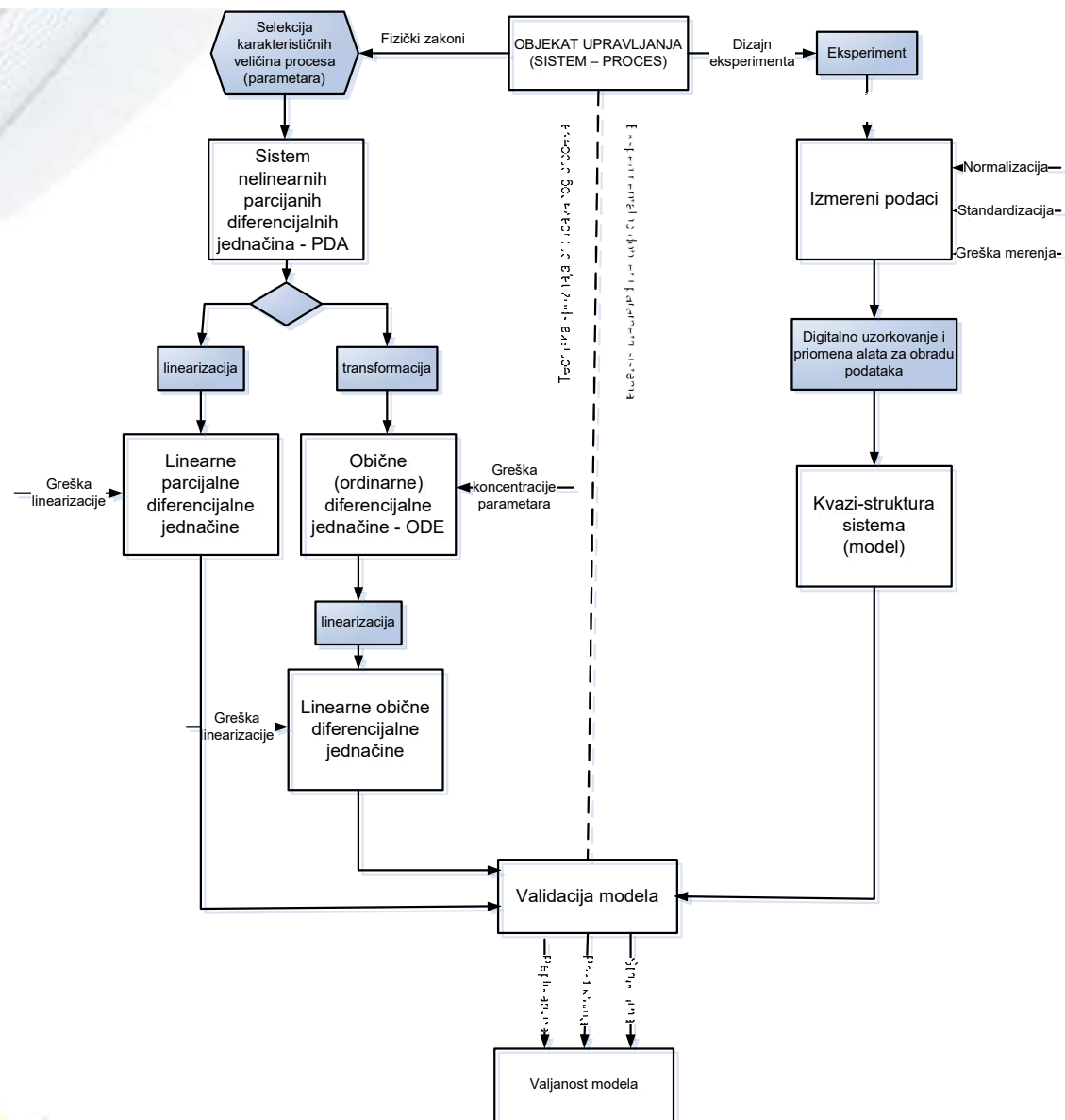
- Matematički modeli su matematička slika realnosti, odnosno opis objekta ili sistema primenom matematičkih koncepata i znakova. Najčešća definicija matematičkog modelovanja je: „*matematičko modelovanje predstavlja implementaciju matematike u rešavanju nestruktuiranih problema u realnim situacijama*“
- U suštini, gotovo sve u fizičkom i biološkom svetu – prirodni fenomen ili tehnološki / poslovni proces, može biti objekat analize primenom matematičkih modela i može se predstaviti matematičkim izrazima odnosno formulacijama. Takođe, matematički modeli su često i alat optimizacije i osnova kontrolnih mehanizama objekata upravljanja.
- Numerički modeli, kao segment matematičkih modela, koriste određenu numeričku proceduru vremenskog uzorkovanja, kako bi se dobila slika o ponašanju objekata tokom vremena. Drugim rečima – koriste vremenske serije za nezavisne i zavisne promenjive.

Galbraith P., Clatworthy N., Beyond standard models – meeting the challenge of modeling, Educational Studies in Mathematics, 21(1990) 137-163.



Predviđanje i prognoziranje

- Dalje - matematički modeli, se mogu svrstati u kategoriju **modela zasnovanih na diferencijalnim jednačima** i **statističkih** modela.
- Obe vreste modela se zasnivaju na razvoju matematičke jednačine modela koja predstavlja funkciju $Y_i = f(X_i)$, razvijenu na osnovu numeričke analize, gde se uglavnom posmatra promena ulaznih i izlaznih veličina u funkciji vremena.
- Kod **modelovanja zasnovano na diferencijalnim jednačinama**, najčešće je potrebno poznavati potpunu strukturu i prirodu međusobnih veza između promenljivih, kako bi na adekvatan način mogla da se razvije dovoljno tačna jednačina modela.
- Pri tome, postoje modeli koji se zasnivaju na direktnoj primeni i modifikaciji postojećih jednačina modela, iz baze predloženih jednačina modela. Najjednostavniji slučaj je kada se zavisnost izlazne promenljive (zavisne varijable) od ulaznih promenljivih (nezavosnih varijabli) može direktno aproksimirati nekom od standarnih funkcionalnih zavisnosti (linearna, eksponencijalna, sinusna,funkcija). Ovakav vid modelovanja, podrazumeva normalnu distribuciju ulaznih i izlaznih promenljivih, koja se testira pre primene jednačine modela.
- Nešto kompleksnija situacija je kada zavisnost $Y_i = f(X_i)$, nije moguće direktno simulirati nekom od standarnih jednačina modela. U tom slučaju, neophodo je razviti potpuno novu jednačinu, koja se zasniva na zakonitostima koje vladaju u posmatranom sistemu – kao i na poznatoj strukturi.





Predviđanje i prognoziranje

- Takođe, ukoliko je distribucija bilo koje od ulaznih promenjivih skopčana sa neizvesnošću – odnosno stohastičkim ponašanjem i ne može se aproksimirati normalnom raspodelom, može se za modelovanje primeniti princip koji uključuje analizu distribucije i zamenu opsega vrednosti takve promenjive najverovatnijim vrednostima.
- Kao predstavnik takvog načina modelovanja, izdvaja se Monte Carlo metoda modelovanja (simulacije). U okviru ove metode, vrši se selekcija najadekvatnije distribucije za svaku od ulaznih promenjivih modela (pri čemu je poznat opseg vrednosti koje promenjiva može da ima) i potom se vrši veliki broj ponovljenih simulacija – slučajnim izborima vrednosti promenjive u datom opsegu, sve dok izlazna veličina proračunata modelom ne dobije vrednosti dovoljne tačnosti u poređenju sa izmerenim vrednostima izlaznih veličina modela (zavisne promenjive).



Predviđanje i prognoziranje

- **Statistički modeli** se zasnovaju na razvoju modela međuzavisnosti ulaznih i izlaznih veličina sistema, zasnovano na statističkoj analizi.
- Kako bi se dobili modeli adekvatne tačnosti, potrebno je imati bazu podataka sa izmerenim vrednostima nezavisnih i zavisnih promenljivih (ulazne i izlazne veličine modela), sa velikim brojem linija podataka. Što je veći broj merenja, može se očekivati i veća tačnost dobijenog modela.
- Međuzavisnost između zavisne promenjive i nezavisnih promenljivih, može se dobiti primenom metoda **linearne statističke analize**, kao što je **Višestruka Linearna Regresiona Analiza (MLRA)** ili **Modeli zasnovani na Strukturnim Jednačinama (SEM)**; ili primenom nelinearne statističke analize, kao što su **Veštačke Neuronske Mreže (ANN)** ili **Adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS)**.
- U cilju dobijanja modela metodama statističke analize – posebno kod primene metoda nelinearne statistke, u procesu modelovanja kreiraju se kvazistruktуре koja simuliraju međusobne veze između ulaznih i izlaznih promenljivih.
- Nakon završenog procesa modelovanja, dobijeni rezultati predviđanja izlazne (zavisne) promenjive - dobijeni pomoću modela se upoređuju sa izmerenim veličinama zavisnih promenljivih iz polazne baze podataka. Ukoliko je poklapanje ovih veličina visoko (obično se usvaja da je neophodna vrednost koeficijenta determinacije $r^2 > 0.7$), onda se model smatra dovoljno tačnim za predikciju.



Predviđanje i prognoziranje

- Modeli predviđanja se široko koriste kod donošenja odluka u menadžmentu, gde većina odluka zahteva neku vrstu predviđanja.
- Međutim, nažalost učinak većine tipova modela je daleko od impresivnog, posebno kod kompleksnih modela sa većim brojem zavisnih i nezavisnih promenljivih.
- Svakako, određene tehnike predviđanja rade bolje pod određenim okolnostima – dok neke druge daju bolje rezultate u drugačijem setu okolnosti i ograničenja.
- Samim time, ne može se tvrditi da je model koji je razvijen za jednu organizaciju, automatski primenjiv na neku drugu – sličnu organizaciju.
- Jedan od preduslova uspešnog predviđanja, zasnovanog na modelovanju, je upravo u selekciji adekvatne metode modelovanja konkretnog sistema.
- Svakako, kombinacija većeg broja metoda modelovanja i komparacija dobijenih rezultata je takođe dobar put u pronalaženju adekvatnog načina modelovanja konkretnog sistema.



Predviđanje i prognoziranje

- Kao primer razvoja jednačine modela, zasnovano na pristupu uz korišćenje diferencijalnog računa, biće predstavljen jednostavan slučaj razvoja dinamičkog modela zaliha u poslovno – proizvodnom sistemu.
- Problem zaliha je jedan od značajnijih operacionih problema poslovno - proizvodnih sistema (PPS-a), pa mu se zato posveđuje velika pažnja i traže pogodne metode za njegovo rešavanje.
- Okolnost da se u zalihama vezuje znatan deo sredstava koja su na raspolaganju preduzeđu uticala je na povećanu pažnju privrednika (a samim time i naučnika) za racionalno upravljanje tim sredstvima.
- Količina sirovina, materijala, polupoizvoda, odnosno gotovih proizvoda, koja se nalazi na skladištu preduzeća u posmatranom trenutku vremena predstavlja zalihe.
- *Zalihe čine značajan deo ukupne imovine razmatranog sistema i predstavljaju takozvana obrtna sredstva. To su sredstva koja su privremeno izdvojena iz neposrednog proizvodnog procesa, te su u posmatranom trenutku neaktivna i neiskorišćena.*



Predviđanje i prognoziranje

- Količina zaliha u posmatranom trenutku posledica je nejednakosti u prilivu (inputu) i oticanju (outputu) odgovarajućih oblika sredstava. Na taj način se količina materijala na zalihama u određenom trenutku vremena (G_t) može odrediti kao:

$$G_t = G_0 + \sum_{i=1}^t p_i - \sum_{i=1}^t q_i$$

- Gde su: G_0 - količina materijala na zalihama na početku posmatranog intervala, p_i - priliv određenih materijala u i-tom razdoblju, q_i – oticanje/potrošnja materijala u i-tom razdoblju posmatranog intervala.



Predviđanje i prognoziranje

- Za razmatranje zaliha, sa gledišta industrijskog menadžmenta, prethodnu definiciju zaliha treba dopuniti i sledećim ograničenjima sistema:
 - zalihe predstavljaju privremeno izdvojena sredstva sa ciljem da se ona kasnije upotrebe;
 - tih sredstava nema u proizvoljnim količinama – već su ona ograničena;
 - za tim sredstvima postoji potražnja, pa ona označavaju i perspektivu u budu'em radu preduzeća obezbeđujući kontinuitet u radu.



Predviđanje i prognoziranje

- Dosadašnja proučavanja i iskustva ukazuju da su od primarnog značaja i kompleksnosti problemi upravljanja zalihama pre početka procesa proizvodnje.
- Najveći broj modela za optimizaciju upravljanja zalihama su razvijeni upravo za ovu kategoriju zaliha, s tim što se uz odgovarajuća prilagođavanja, na isti način i istim modelima može upravljati i ostalim oblicima zaliha (zalihe tekuće proizvodnje i zalihe gotovih proizvoda).
- Zalihe svih vrsta materijala najčešće se nalaze u magacinima i skladištima.



Predviđanje i prognoziranje

- Ukoliko se količina materijala na zalihama označi sa G (pri čemu je jedinica mere: komad, kg, tona, dm^3 , itd), tada se može postaviti sledeća jednačina materijalnog bilansa količine zaliha u određenom skladištu:
 - $\frac{dm(t)}{dt} = G_u(t) - G_i(t) \quad (7.0)$
 - gde su:
 - $\frac{dm(t)}{dt}$ - promena količine materijala na zalihama u funkciji vremena;
 - $G_u(t)$ – ulaz materijala – priliv, u funkciji vremena
 - $G_i(t)$ – potrošnja materijala – odliv, u funkciji vremena
 - U ravnotežnom – nominalom (stacionarnom) stanju $G_{u_0} = G_{i_0}$, odnosno $\frac{dm(t)}{dt} = 0$.



Predviđanje i prognoziranje

- Pošto sistem najčešće nije u stacionarnom režimu, priliv materijala na skladište (koji ujedno predstavlja i prvu ulaznu promenjivu ovog sistema) se može predstaviti kao:
- $$p(t) = \frac{Gu_o - Gu(t)}{Gu_o} = Xu_1(t) \quad (7.1)$$
- Takođe, potrošnja (oticanje) materijala sa skladišta – što je druga ulazna promenjiva – može se predstaviti kao:
- $$q(t) = \frac{Gi_o - Gi(t)}{Gi_o} = Xu_2(t) \quad (7.2)$$
- Nivo materijala na zalihama, koji predstavlja izlaznu veličinu sistema- se može predstaviti kao:
- $$\frac{m_{max} - m(t)}{m_{max}} = Xi(t) \quad (7.3),$$
- gde je m_{max} – maksimalni kapacitet skladišta



Predviđanje i prognoziranje

- Iz jednačine 7.3, može se napisati:
- $m(t) = m_{\max} * [1 - X_i(t)]$
- Odakle je: $\frac{dm(t)}{dt} = - m_{\max} * \frac{dX(t)}{dt}$
- Iz jednačine 7.1, može se napisati:
- $G_u(t) = G_{u_0} * [1 - X_{u_1}(t)]$
- Iz jednačine 7.2, može se napisati:
- $G_i(t) = G_{i_0} * [1 - X_{u_2}(t)]$



Predviđanje i prognoziranje

- Kada se navedeni izrazi uvrste u jednačinu (7.0), dobija se:
- $\frac{dm(t)}{dt} = Gu(t) - Gi(t)$
- $-m_{\max} * \frac{dX(t)}{dt} = Gu_0 * [1 - Xu_1(t)] - Gi_0 * [1 - Xu_2(t)]$
- Za stacionarni režim važi da je $Gu_0 = Gi_0$, te je:
- $-m_{\max} * \frac{dXi(t)}{dt} = Gu_0 [1 - Xu_1(t) - 1 + Xu_2(t)]$
- $-m_{\max} * \frac{dXi(t)}{dt} = Gu_0 [Xu_2(t) - Xu_1(t)]$, odnosno
- $m_{\max} * \frac{dXi(t)}{dt} = Gu_0 [Xu_1(t) - Xu_2(t)]$, što je dalje
- $\frac{m_{\max}}{Gu_0} * \frac{dX(t)}{dt} = [Xu_1(t) - Xu_2(t)]$, odnosno
- $K * \frac{dXi(t)}{dt} = [Xu_1(t) - Xu_2(t)] \quad (7.4)$



Predviđanje i prognoziranje

- Diferencijalna jednačina (7.4) predstavlja polaznu jednačinu modela, zasnovanu na poznatim zakonitostima koji važe u posmatranom sistemu kontrole zaliha.
- Kako bi se dobio numerički model pogodan za simulaciju rada razmatranog sistema, potrebno je iz vremenskog preći u kompleksni oblik, što se postiže primenom Laplasove transformacije.
- Laplasova transformacija jednačine (7.4) je:
 - $$\mathcal{L}\left\{K * \frac{dX_i(t)}{dt}\right\} = \mathcal{L}\{X_{u_1}(t) - X_{u_2}(t)\}$$

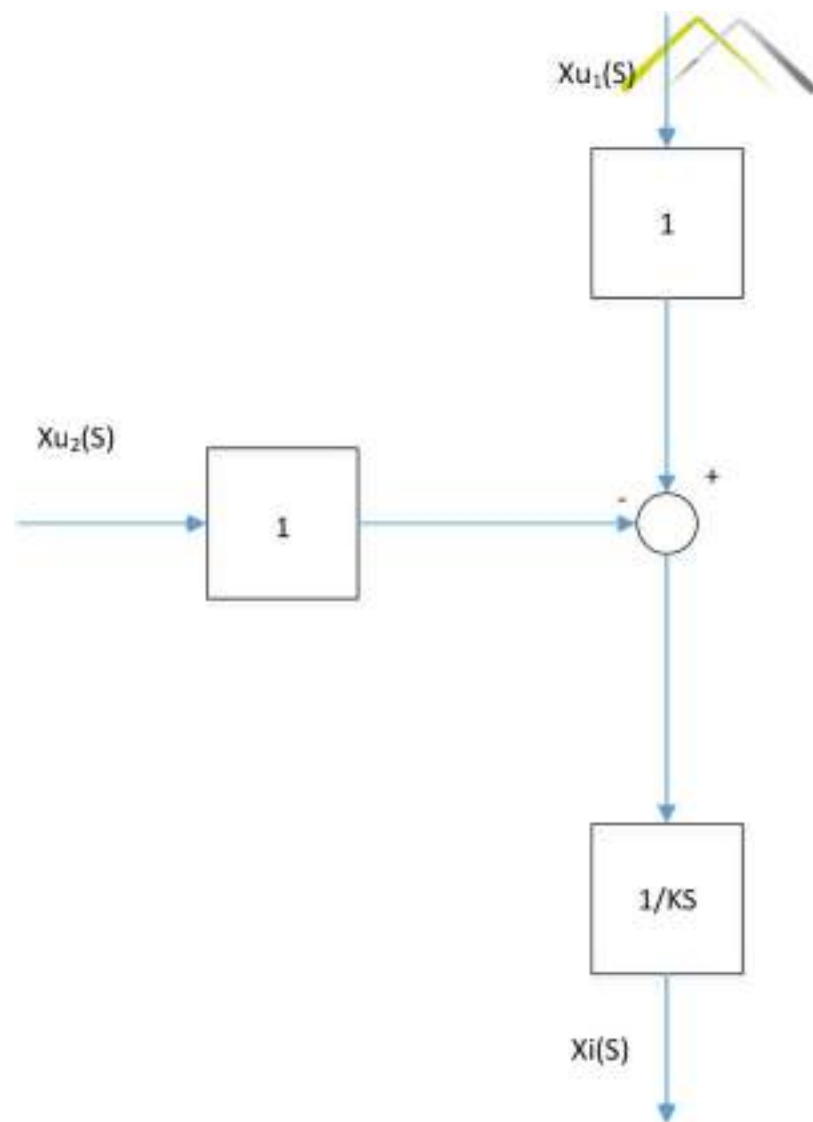


Predviđanje i prognoziranje

- $K * \mathcal{L}\{X_i(t)\} = \mathcal{L}\{X_{u_1}(t)\} - \mathcal{L}\{X_{u_2}(t)\}$
- Tako da je konačna jednačina modela sistema zaliha:
- $K * S * X_i(S) = X_{u_1}(S) - X_{u_2}(S)$
- Prenosne funkcije sistema:
- Pošto sistem ima dve ulazne promenjive, ima i dve prenosne funkcije:
- $W_1(S) = \frac{X_i(S)}{X_{u_1}(S)} = \frac{1}{KS}$; $W_2(S) = \frac{X_i(S)}{X_{u_2}(S)} = -\frac{1}{KS}$

Predviđanje i prognoziranje

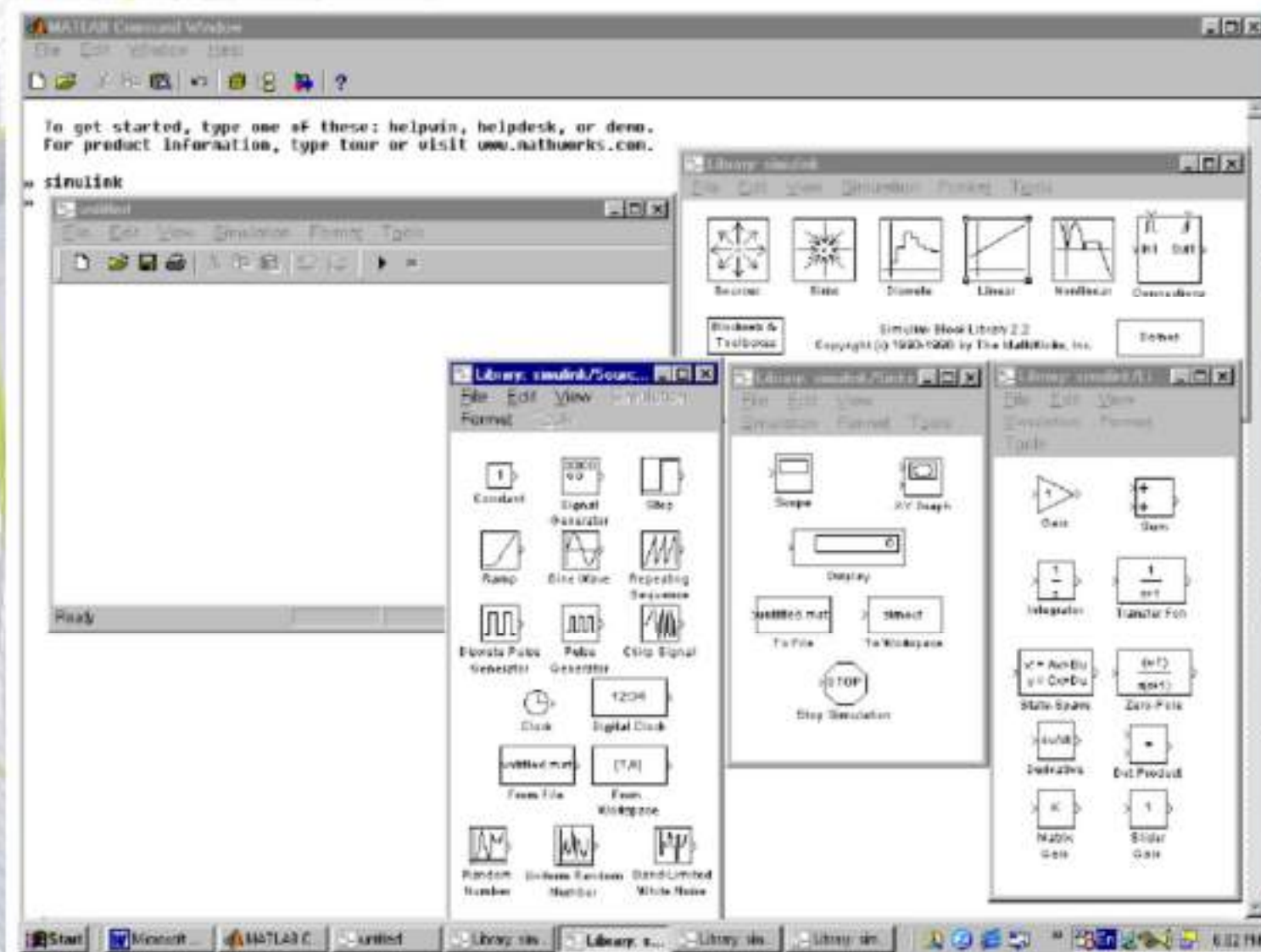
- Blok dijagram ovog sistema bi imao oblik:





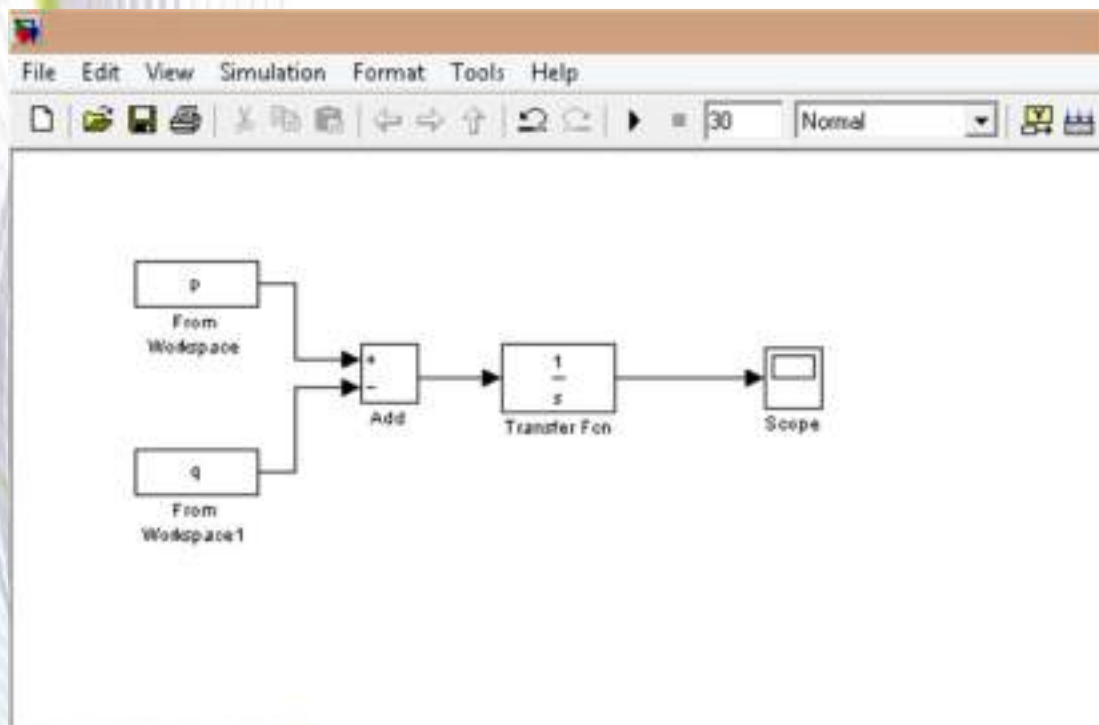
Predviđanje i prognoziranje

- Ovako predstavljen model sistema zaliha, može se upotrebiti za simulaciju i predikciju količine materijala na zalihama, za bilo koju kombinaciju ulaznih veličina $Xu1 = p$ i $Xu2 = q$
- Za simulaciju rada sistema, najčešće se koristi Simulink.
- SIMULINK je toolbox MATLAB-a koji omogućuje programiranje u grafičkom okruženju (modu).
- Posebno je pogodan za simulaciju rada linearnih i/ili nelinearnih, kontinualnih i/ili diskretnih sistema.
- SIMULINK se pokreće bilo izvršenjem naredbe (simulink) u command window MATLABA, ili pokretanjem ikonice simulink sa toolbara.
- Nakon toga se na ekranu pojavljuje prozor sa osnovnim menijem simulink-a.



Predviđanje i prognoziranje

- Izgled simulacionog modela u Simulink-u, za posmatrani sistem je:



Ukoliko se usvoji da je količina materijala koja dolazi kao priliv na skladište $p = 1000$ kom. Tada, za varijaciju količine materijala koja se preuzima sa skladišta, u opsegu $q \in \{0, 1000\}$, u period od 30 dana dobija izgled nivoa zaliha, kao na sledećem slajdu.

Simulaciju – odnosno predviđanje nivoa zaliha, moguće je raditi za bilo koju kombinaciju vrednosti p i q , prostom izmenom vrednosti u vektoru istoimenih varijabli u MatLab radnom prostoru (sledeći slajd).

Takođe, inicijalni model je kreiran za vrednost konstante $K = m_{\max}/Gu_0 = 1$.



Min

Max

1

1000

0

1000

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	1	0															
2	2	700															
3	3	600															
4	4	200															
5	5	100															
6	6	1000															
7	7	200															
8	8	500															

untitled1

FileEditViewSimulationFormatToolsHelp

10.0Normal

Scope

scope1

Configuration Parameters: untitled Configuration (Active)

Select

- Solver
- Data Input/Export
- Optimization
- Diagnosics
 - Single Time
 - Data Validity
 - Type Conversion
 - Connectivity
 - Compatibility
 - Model Referencing
 - Saving
- Hardware Implementation
- Model Referencing
- Real Time Workshop
 - Concepts
 - Symbols
 - System Code
 - Debug
 - Interface

Simulation time

- Start time: 1
- Stop time: 30

Solver options

- Type: Variable-step
- Max step size: 1
- Min step size: auto
- Initial step size: 1
- Zero crossing control: Use local settings
- ☐ Automatically handle data transfers between tasks
- ☐ Higher priority value indicates higher task priority

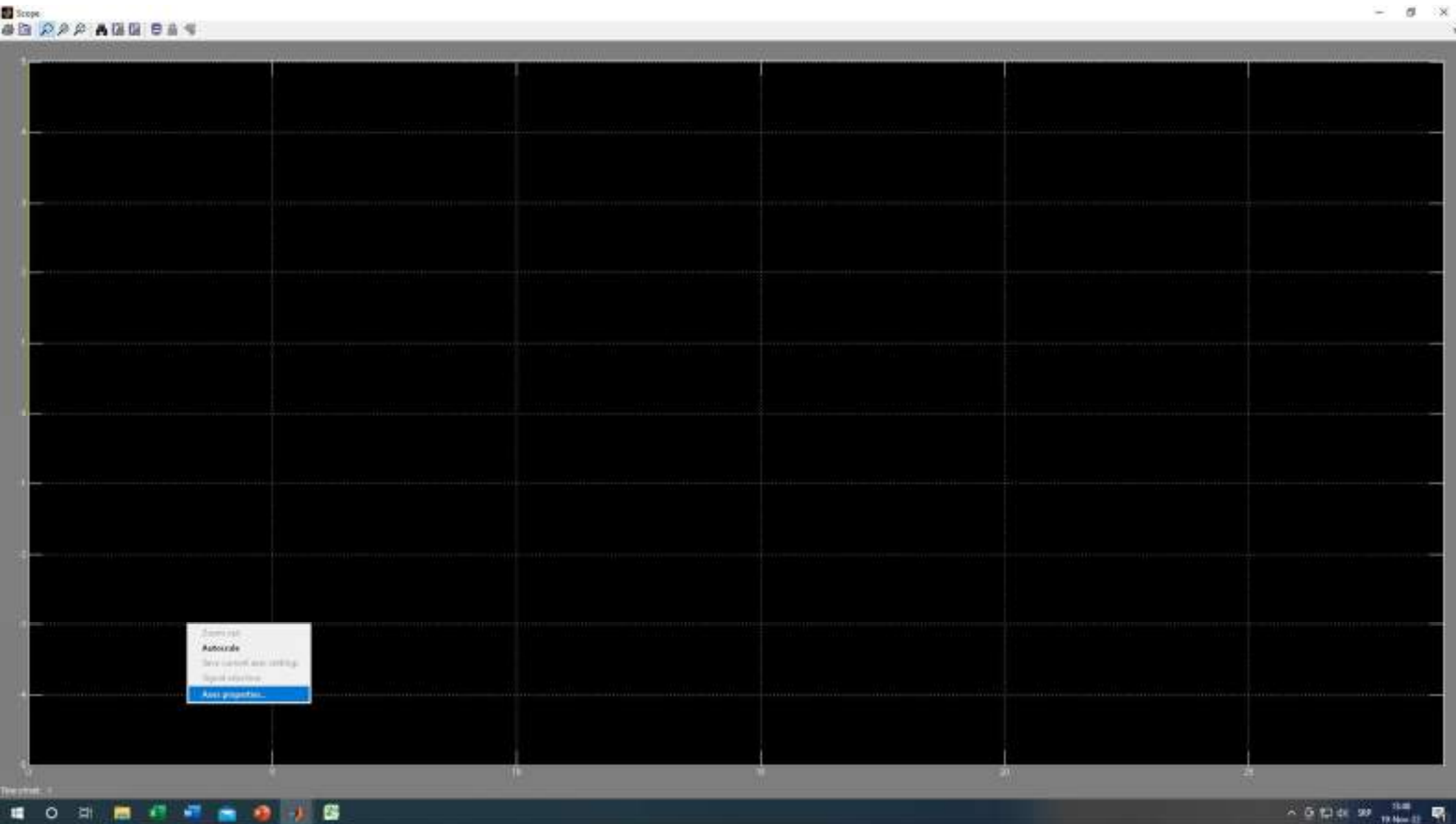
Solver diagnostic controls

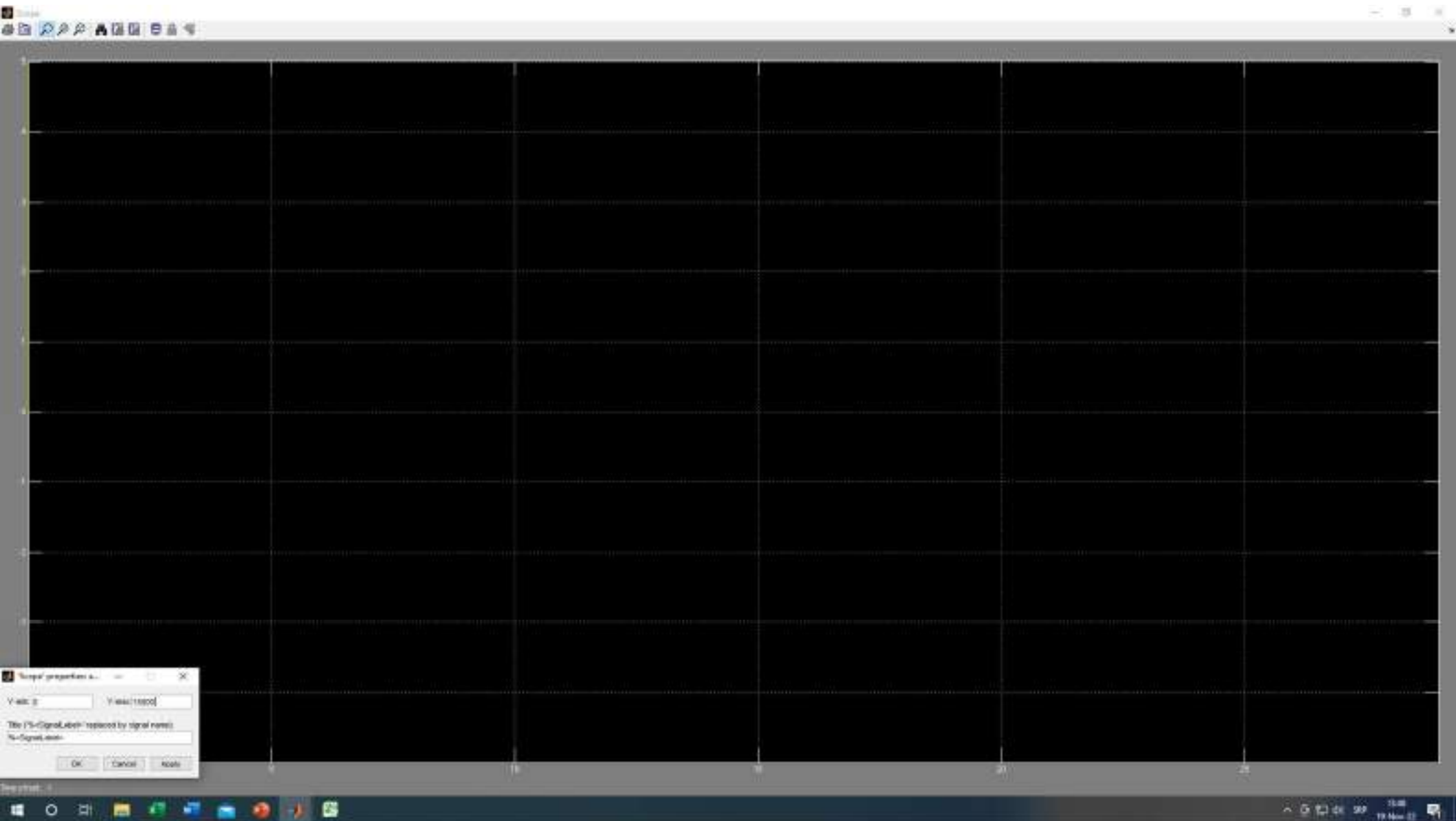
- Number of consecutive max step size violations allowed: 1
- Consecutive zero crossings relative tolerance: 10^-12 steps
- Number of consecutive zero crossings allowed: 1000

OKCancelHelpApply

13:07

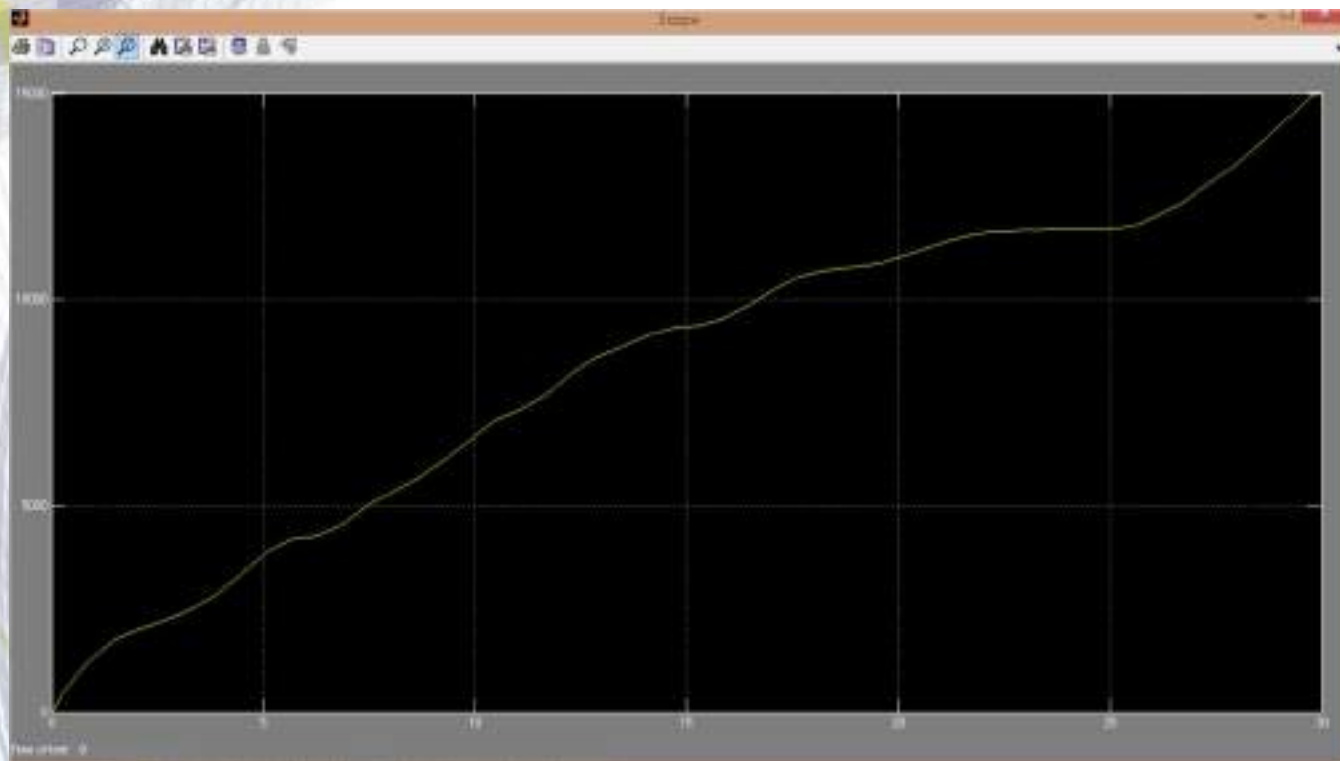
19-Nov-22



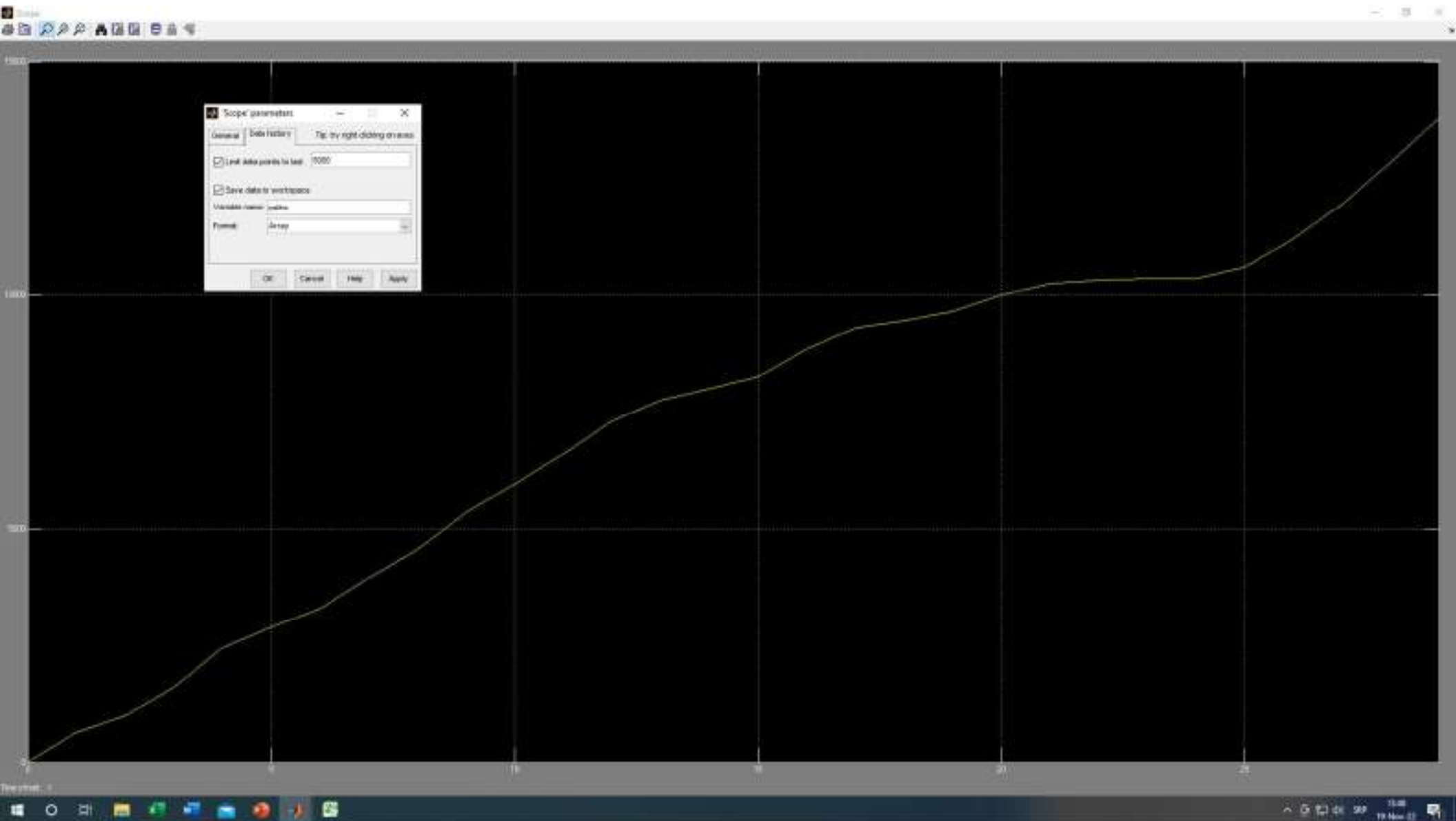




Predviđanje i prognoziranje



Izlaz simulink-a sa grafika je moguće sačuvati u vidu vektora u radnom prostoru MatLaba. U ovom slučaju, naziv vektora je Zalihe



- Za izvršenje simulacije, neophodno je kreirati dve nove varijable u radnom prostoru MatLab-a, koje se trebaju nazvati isto kao ulazni signal u model simulinka, što je u ovom slučaju p i q.



The screenshot displays the MATLAB 7.5.0 (R2007b) environment. The **Workspace** window shows three variables: `Zalhe` (61x2 double), `p` (30x2 double), and `q` (30x2 double). The **Array Editor** window for variable `q` shows a 15x10 matrix with the following data:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2		2	700							
3		3	600							
4		4	200							
5		5	100							
6		6	1000							
7		7	200							
8		8	500							
9		9	300							
10		10	100							
11		11	700							
12		12	0							
13		13	600							
14		14	500							
15		15	1000							

The **Command History** window shows the following commands:

```
-- 19.7.22. 21.39 -->
-- 19.7.23. 21.41 -->
-- 8.8.22. 11.69 -->
simulink
plot(tout(1:61,1), 'DisplayName', 'tout(1:61,1)', 'YD
plot(p, 'DisplayName', 'p', 'YDataSource', 'p'); figu
plot(Zalhe(1:61,1:2), 'DisplayName', 'Zalhe(1:61,1
-- 8.8.22. 21.01 -->
```

The **Command Window** displays a message: "New to MATLAB? Watch this [Video](#), see [Demos](#), or read [Getting Started](#)."



Predviđanje i prognoziranje

- Sledeći primer odnosi se na kreiranje predikcionog modela primenom metode statističke analize. Primer će biti predstavljen primenom najjednostavnije tehnike ove vrste modelovanja – MLRA metode.
- U cilju modelovanja, vršena je analiza zavisnosti Logistic Performance Index-a LPI (kao zavisne promenjive – izlazne veličine modela - Y) u funkciji: efikasnosti procesa carinjenja– X1; kvaliteta infrastrukture – X2; međunarodnog prevoza pošiljki– X3; kvaliteta logističkih usluga – X4; efikasnosti kretanja i praćenja pošiljki – X5; blagovremenosti isportuke– X6.
 - Podaci o vrednostima LPI i ulaznih promenjivih za zemlje Evrope, dostupni su na: <https://lpi.worldbank.org/>

Fajl: LPI Zemlje Evrope.xls



Predviđanje i prognoziranje

- Analiza višestruke linearne regresije (MLRA) je statistička metoda koja se koristi za modelovanje odnosa između zavisne promenljive (ishoda) i dve ili više nezavisnih promenljivih (prediktora). Ona predstavlja proširenje jednostavne linearne regresije, koja uključuje samo jednog prediktora.

Predviđanje i prognoziranje

- **Teorijske osnove MLRA metode**

- MLRA se zasniva na jednačini hiperravni u n-dimenzionalnom prostoru, koja se može izraziti kao:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon$$

- Gde su:
- Y: Zavisna promenljiva (izlaz modela, ishod)
- $X_1, X_2, \dots, X_n$: Nezavisne varijable (prediktori)
- β_0 : Presek Y ose (vrednost Y kada su sve vrednosti X_i jednake 0)
- $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$: Koeficijenti prediktora (brzina promene Y za jediničnu promenu odgovarajućeg X, uz pretpostavku da se ostali prediktori drže konstantnim)
- ϵ : Greška modela (obuhvata varijabilnost modela koja se ne može opisati promenama prediktora)
- Cilj je da se procene koeficijenti (β) tako da predviđene vrednosti promenljive Y minimizuju zbir kvadrata grešaka (reziduala):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)^2}$$



Predviđanje i prognoziranje

- **Pretpostavke za MLRA**
- Da bi MLRA dala pouzdane i interpretabilne rezultate, moraju biti ispunjene određene pretpostavke:
 - **Linearnost:** Odnos između prediktora i zavisne promenljive je linearan.
 - **Nezavisnost:** Posmatranja su međusobno nezavisna.
 - **Homoscedastičnost:** Varijansa reziduala je konstantna na svim nivoima prediktora.
 - **Normalnost reziduala:** Reziduali su normalno raspodeljeni.
 - **Bez multikolinearnosti:** Nezavisne promenljive nisu visoko međusobno korelisane.



Predviđanje i prognoziranje

- **Koraci kod MLRA**
- **Specifikacija modela:**
 - Identifikujte zavisnu promenljivu (Y).
 - Izaberite relevantne nezavisne promenljive ($X_1, X_2, \dots, X_n$) na osnovu teorijskog znanja ili eksploratorne analize.
- **Procena koeficijenata:**
 - Koristite OLS (metod najmanjih kvadrata) ili drugu odgovarajuću metodu za procenu β koeficijenata.
- **Evaluacija modela:**
 - Procijenite koliko dobro model odgovara podacima pomoću metrika kao što su R^2 (koeficijent determinacije), prilagođeni R^2 i F-statistika.
- **Dijagnostička provera:**
 - Analizirajte grafikone reziduala u potrazi za obrascima koji ukazuju na kršenje pretpostavki.
 - Izračunajte faktor inflacije varijanse (VIF) da biste proverili prisustvo multikolinearnosti.
- **Predikcija:**
 - Koristite model za predviđanje ishoda na novim podacima ili za procenu prediktivne tačnosti pomoću validacionih skupova podataka.



Predviđanje i prognoziranje

- **Prednosti MLRA:**

- Jednostavna i lako interpretabilna.
- Korisna za procenu relativne važnosti prediktora putem standardizovanih koeficijenata.
- Široko primenjiva u mnogim stvarnim situacijama.

- **Ograničenja MLRA:**

- Osetljiva na kršenje pretpostavki modela.
- Nije efikasna kada je odnos između promenljivih nelinearan (što se može korigovati transformacijama ili dodavanjem polinomskih članova).
- Podložna problemu multikolinearnosti među prediktorima.
- Može imati lošije performanse kada je skup podataka mali ili kada broj prediktora premašuje broj posmatranja.



Predviđanje i prognoziranje

- **Primene MLRA:**

- Predviđanje ishoda na osnovu više faktora (npr. prodaja u zavisnosti od ulaganja u oglašavanje, cene proizvoda i tržišnih uslova).
- Razumevanje uticaja različitih prediktora na određeni ishod.
- Selekcija važnih promenljivih za izgradnju modela u oblastima kao što su tehničke nauke, medicina, društvene nauke ili ekonomija.



Predviđanje i prognoziranje

- **Primena MLRA na prileru LPI:** Podaci o vrednostima (X_1 - X_6 , Y) preuzeti su za godinu 2023., koja je poslednja godina za koju je izvršeno merenje na godišnjem nivou. Deskriptivna statistika podataka je:

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
LPI	43	3	4	3,31	,512
Carina	43	2	4	3,12	,554
Infrastruktura	43	2	4	3,23	,630
Međunarodni prevoz pošiljaka	43	2	4	3,21	,386
Kvalitet logističkih usluga	43	2	4	3,27	,560
Pracenje i kretanje pošiljke	43	2	4	3,36	,547
Blagovremenost isporuke	43	3	4	3,71	,456
Valid N (listwise)	43				

Predviđanje i prognoziranje



- Prvi korak u selekciji linearne ili nelinearne statističke analize je u ispitivanju vrste distribucije posmatranih promenljivih. Ukoliko je distribucija normalna, moguće je primeniti metode linearne statističke analize. U suprotnom, bira se nelinearna statistička analiza. Test distribucije je moguće uraditi u programu SPSS (opcija: **Analyze → Nonparametric Tests → 1 Sample K-S**). Dakle bira se Kolmogorov – Smirnov test, za svaku promenjivi zasebno. U okviru ovog testa moguće je testirati normalnu, uniformnu, Puasonovu i eksponencijalnu distribuciju. Rezultati navedenog testa, za testiranje normalne distribucije, posmatranog skupa promenljivih su:

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		LPI	Carina	Infrastruktura	Medjunarodni prevoz pošiljaka	Kvalitet logistickih usluga	Pracenje i kretanje pošiljke	Blagovremen ost isporuke
N		43	43	43	43	43	43	43
Normal Parameters ^{a, b}	Mean	3,31	3,12	3,23	3,21	3,27	3,36	3,71
	Std. Deviation	,512	,554	,630	,386	,560	,547	,456
Most Extreme Differences	Absolute	,126	,110	,142	,131	,120	,119	,122
	Positive	,091	,110	,101	,105	,109	,083	,059
	Negative	-,126	-,105	-,142	-,131	-,120	-,119	-,122
Kolmogorov-Smirnov Z		,826	,719	,928	,857	,790	,778	,803
Asymp. Sig. (2-tailed)		,502	,679	,355	,455	,561	,580	,539

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Kako su vrednosti Asymp. Sig. (2-tailed) > 0.05 za većinu promenljivih, može se primeniti Linearna statistička analiza.

- Sledeći parametar koji se može koristiti za anлізу mogućnosti primene linearne metode modelovanja je analiza koralcionih koeficijenata. Kako je dokazana normalnost stupa, primeniće se Pearsonovi koerelacioni koeficijenti. U SPSS-u se ova analiza pokreće preko opcije: **Analyze → Correlate → Bivariate → i čekira se Pearson**. Rezultati ovog testa su:

Correlations

		LPI	Carina	Infrastruktura	Medjunarodni prevoz pošiljaka	Kvalitet logistickih usluga	Pracenje i kretanje pošiljke	Blagovremenost isporuke
LPI	Pearson Correlation	1	,982**	,988**	,980**	,992**	,980**	,977**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	43	43	43	43	43	43	43
Carina	Pearson Correlation	,982**	1	,980**	,945**	,973**	,956**	,947**
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,000	,000	,000	,000
	N	43	43	43	43	43	43	43
Infrastruktura	Pearson Correlation	,988**	,980**	1	,949**	,980**	,972**	,947**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,000	,000	,000	,000
	N	43	43	43	43	43	43	43
Medjunarodni prevoz pošiljaka	Pearson Correlation	,980**	,945**	,949**	1	,972**	,961**	,976**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000		,000	,000	,000
	N	43	43	43	43	43	43	43
Kvalitet logistickih usluga	Pearson Correlation	,992**	,973**	,980**	,972**	1	,970**	,965**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000		,000	,000
	N	43	43	43	43	43	43	43
Pracenje i kretanje pošiljke	Pearson Correlation	,980**	,956**	,972**	,961**	,970**	1	,954**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000		,000
	N	43	43	43	43	43	43	43
Blagovremenost isporuke	Pearson Correlation	,977**	,947**	,947**	,976**	,965**	,954**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	
	N	43	43	43	43	43	43	43

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



Predviđanje i prognoziranje

- Navedeno se potvrđuje i faktorskom analizom, jer se sve nezavisne promenjive (X) nalaze u istoj faktorskoj grupi. Faktorska analiza u SPSS-u se pokreće preko: Analyze → Dimension Reduction → Factor. Rezultati faktorske analize:

Component Matrix^a

	Component
	1
Carina	,982
Infrastruktura	,987
Međunarodni prevoz pošiljaka	,983
Kvalitet logističkih usluga	,992
Pracenje i kretanje pošiljke	,984
Blagovremenost isporuke	,980

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. 1 components extracted.

Predviđanje i prognoziranje

- Sam MLRA model, u SPSS-u se pokreće preko komande: Analyze → Regression → Linear.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,999 ^a	,998	,998	,023

a. Predictors: (Constant), Blagovremenost isporuke, Infrastruktura, Pracenje i kretanje pošiljke, Medjunarodni prevoz pošiljaka, Carina, Kvalitet logističkih usluga

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1 (Constant)	-,019	,048		-,394	,696		
Carina	,125	,035	,135	3,545	,001	,034	29,192
Infrastruktura	,219	,040	,270	5,532	,000	,021	47,553
Medjunarodni prevoz pošiljaka	,233	,053	,175	4,409	,000	,032	31,643
Kvalitet logističkih usluga	,193	,044	,211	4,367	,000	,021	46,628
Pracenje i kretanje pošiljke	,071	,033	,076	2,123	,041	,039	25,446
Blagovremenost isporuke	,165	,040	,147	4,181	,000	,040	24,774

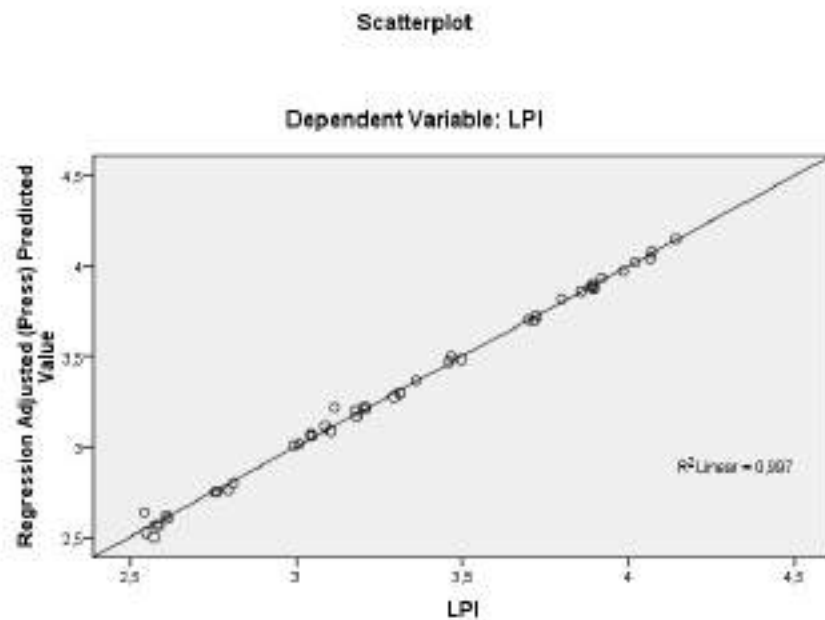
a. Dependent Variable: LPI

Jednačina modela bi, na osnovu MLRA bila:

$$Y = -0.19 + 0.125 * X1 + 0.219 * X2 + 0.233 * X3 + 0.193 * X4 + 0.071 * X5 + 0.165 * X6$$

Predviđanje i prognoziranje

- Softver ukazuje na značajnu preciznost, nevedenog modela:



Prema datom dijagramu, MLRA model može predvideti vrednost zavisne promenjive Y sa tačnošću od 99%

Međutim, kako je VIF veće od 5 kod većine varijabli, model ima problem multikolinearnosti

Coefficients ^a								
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	-,019	,048		-,394	,696		
	Carina	,125	,035	,135	3,545	,001	,034	29,192
	Infrastruktura	,219	,040	,270	5,532	,000	,021	47,553
	Međunarodni prevoz pošiljaka	,233	,053	,175	4,409	,000	,032	31,643
	Kvalitet logističkih usluga	,193	,044	,211	4,367	,000	,021	46,628
	Pracenje i kretanje pošiljke	,071	,033	,076	2,123	,041	,039	25,446
	Blagovremenost isporuke	,165	,040	,147	4,181	,000	,040	24,774

a. Dependent Variable: LPI

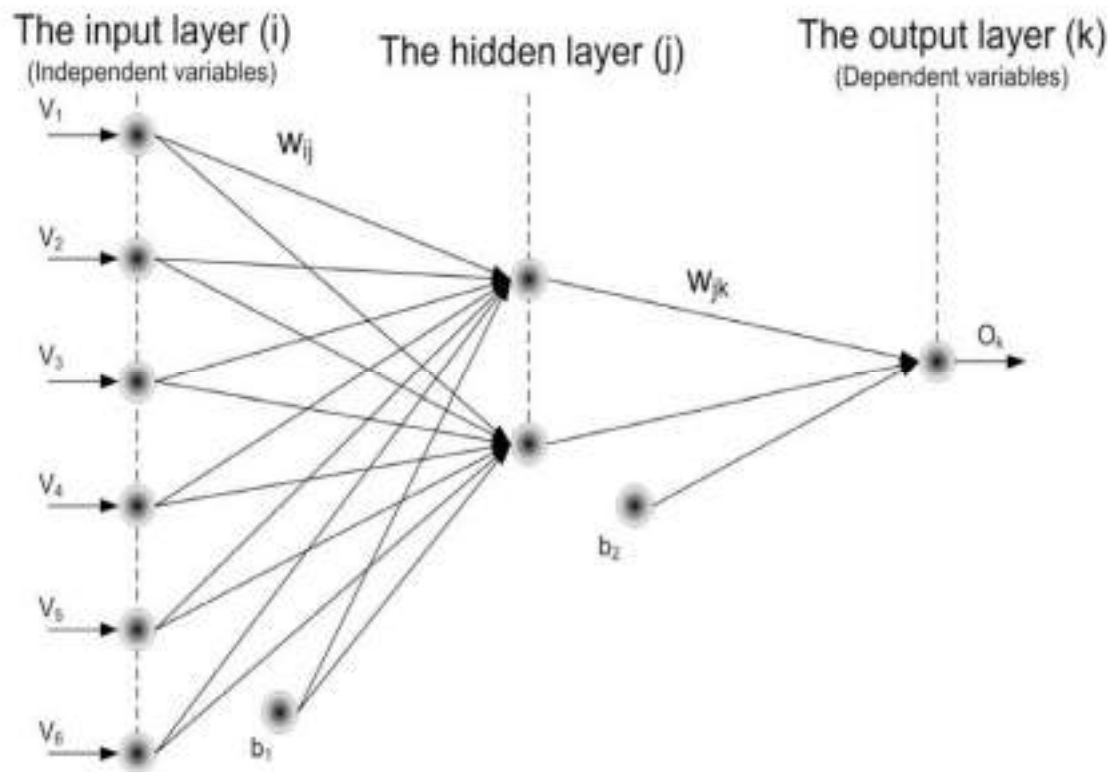


Predviđanje i prognoziranje

- **Teorijska osnova ANN:**
- Veštačke neuronske mreže (ANN) su računarski modeli inspirisani biološkim neuronskim mrežama u mozgu. One služe za rešavanje složenih problema kao što su klasifikacija, regresija, prepoznavanje obrazaca i slično, naročito kada su odnosi između ulaznih i izlaznih podataka nelinearni.
- ANN se sastoje od skupa povezanih čvorova (neurona) organizovanih u slojeve:
- **Ulazni sloj** – prima podatke iz spoljnog sveta,
- **Skriveni slojevi** – vrše transformaciju i učenje reprezentacija,
- **Izlazni sloj** – daje rezultat, predikciju ili klasifikaciju.
- Svaka veza između neurona ima pridruženu težinu koja se tokom procesa učenja prilagođava da bi se minimizirao greška između predikcije i stvarnih vrednosti.

Predviđanje i prognoziranje

- Primer veštačke neuronske mreže, koja se najčešće koristi u razvoju modela prikazana je na slici:





Predviđanje i prognoziranje

- Mreža se obično sastoji od tri sloja čvorova. Ti slojevi su opisani kao ulazni (input), skriveni (hidden) i izlazni (output) i sadrže po i , j i k broj procesnih čvorova, redom.
- Svaki čvor u ulaznom (skrivenom) sloju povezan je sa svim čvorovima u skrivenom (izlaznom) sloju pomoću veza sa težinskim koeficijentima.
- Pored i i j broja ulaznih i skrivenih čvorova, ANN arhitektura također sadrži i bias čvor (sa fiksnim izlazom +1) u svojim ulaznim i skrivenim slojevima; bias čvorovi su također povezani sa svim čvorovima narednog sloja i omogućavaju dodatne podesive parametre (težine) za prilagođavanje modela.



Predviđanje i prognoziranje

- Broj čvorova (i) u ulaznom sloju ANN mreže jednak je broju ulaza u procesu (nezavisnih promenjivih), dok je broj izlaznih čvorova (k) jednak broju izlaza procesa (zavisnih promenjivih).
- Međutim, broj skrivenih čvorova (j) je podesiv parametar, čija se veličina određuje na osnovu faktora kao što su željene sposobnosti aproksimacije i generalizacije modela mreže.
- Algoritam propagacije unazad (backpropagation) menja težinske koeficijente mreže kako bi se minimizovala srednja kvadratna greška između željenih i stvarnih izlaza mreže.
- Propagacija unazad koristi nadgledano učenje (supervised learning), pri čemu se mreža trenira pomoću podataka za koje su poznati ulazi i željeni izlazi.



Predviđanje i prognoziranje

- Korišćenje ANN obično obuhvata tri faze:
 - Prva je faza treniranja, koja se sprovodi nad 70 do 80% nasumično izabranih podataka iz početnog skupa podataka. Tokom ove faze, korigovanje težinskih parametara veza vrši se kroz potreban broj iteracija, sve dok srednja kvadratna greška između izračunatih i izmerenih izlaza mreže ne postane minimalna.
 - Tokom druge faze, preostalih 20 do 30% podataka koristi se za testiranje „istrenirane“ mreže. U ovoj fazi mreža koristi težinske parametre određene u prvoj fazi. Novi podaci, koji nisu korišćeni tokom učenja mreže, sada se unose kao novi ulazni podaci X_i , koji se zatim transformišu u nove izlaze Y_k . Evaluacija mreže vrši se nakon izračunavanja greške između izlaza mreže i stvarnih vrednosti dobijenih merenjem.
 - Treća faza je validacija mreže na novom skupu podataka. Ovaj skup se sastoji od već izmerenih podataka ili podataka dobijenih novim eksperimentalnim merenjima. Faza validacije predstavlja konačan nivo uspešnosti ili neuspešnosti predikcija mreže razvijene u prethodne dve faze, na budućim skupovima podataka.



Predviđanje i prognoziranje

- **Multilayer Perceptron (MLP)**

- **MLP** je najčešće korišćena arhitektura veštačkih neuronskih mreža za nadzirano učenje. Sastoji se od najmanje tri sloja:
- **Ulazni sloj:** Prima ulazne podatke.
- **Jedan ili više skrivenih slojeva:** Izvršavaju nelinearnu transformaciju ulaza.
- **Izlazni sloj:** Generiše predikciju.

- **Karakteristike MLP-a:**

- **Propagacija unapred (feedforward):** Podaci se kreću samo u jednom pravcu – od ulaza ka izlazu.
- **Funkcija aktivacije:** U skrivenim slojevima koristi se nelinearna funkcija aktivacije (npr. sigmoid, ReLU) koja omogućava mreži da uči nelinearne obrasce.
- **Učenje unazad (backpropagation):** Algoritam učenja koji koristi gradijentni spust da podešava težine, minimizirajući grešku.

- MLP se koristi za:

- Klasifikaciju (npr. da/ne, višeklasne),
- Regresiju (predviđanje numeričkih vrednosti).



Predviđanje i prognoziranje

- **MLP u SPSS-u**

- SPSS ima ugrađeni modul za veštačke neuronske mreže koji omogućava korišćenje MLP metoda kroz grafički interfejs bez potrebe za programiranjem.
- Sam SPSS ima i opciju izrade modeli i metodama nelinearne statistike – Veštačkih Neuronskih Mreža (ANN)
- Modelovanje u SPSS-u, primenom ANN metode, se pokreće preko opcije: Analyze → Neural Networks → Multilayer Perceptron

Predviđanje i prognoziranje

Parametri samog modela su dati u sledećim tabelama:

Case Processing Summary

		N	Percent
Sample	Training	34	79,1%
	Testing	9	20,9%
Valid		43	100,0%
Excluded		0	
Total		43	

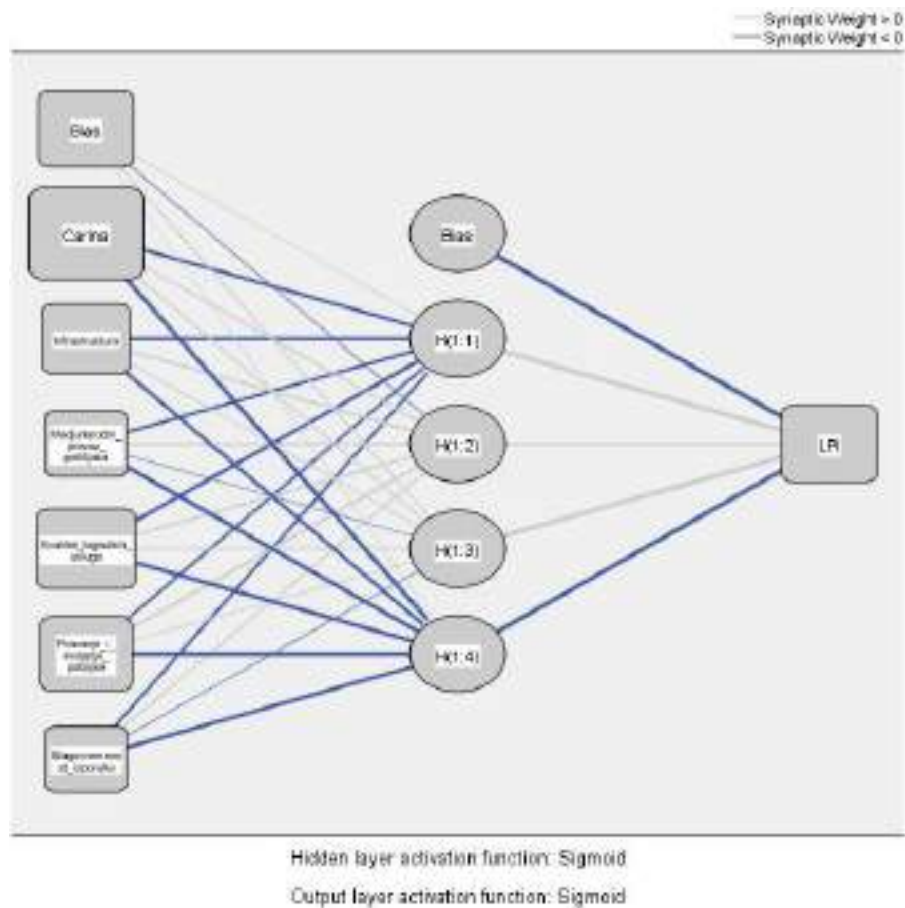
Network Information

Input Layer	Covariates	1	Carina
		2	Infrastruktura
		3	Međunarodni prevoz pošiljaka
		4	Kvalitet logističkih usluga
		5	Pracenje i kretanje pošiljke
		6	Blagovremenost isporuke
Hidden Layer(s)		Number of Units ^a	6
		Rescaling Method for Covariates	Standardized
		Number of Hidden Layers	1
		Number of Units in Hidden Layer 1 ^a	4
		Activation Function	Sigmoid
Output Layer	Dependent Variables	1	LPI
	Number of Units		1
	Rescaling Method for Scale Dependents		Normalized
	Activation Function		Sigmoid
	Error Function		Sum of Squares

a. Excluding the bias unit

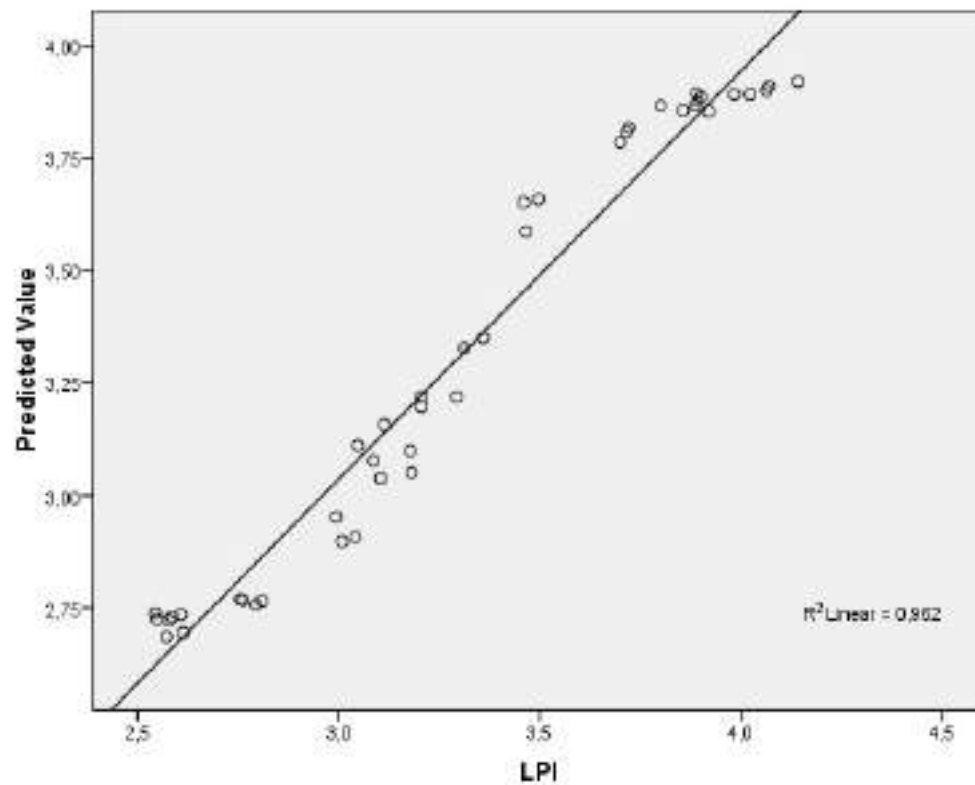
Predviđanje i prognoziranje

Arhitektura neuronske mreže je:



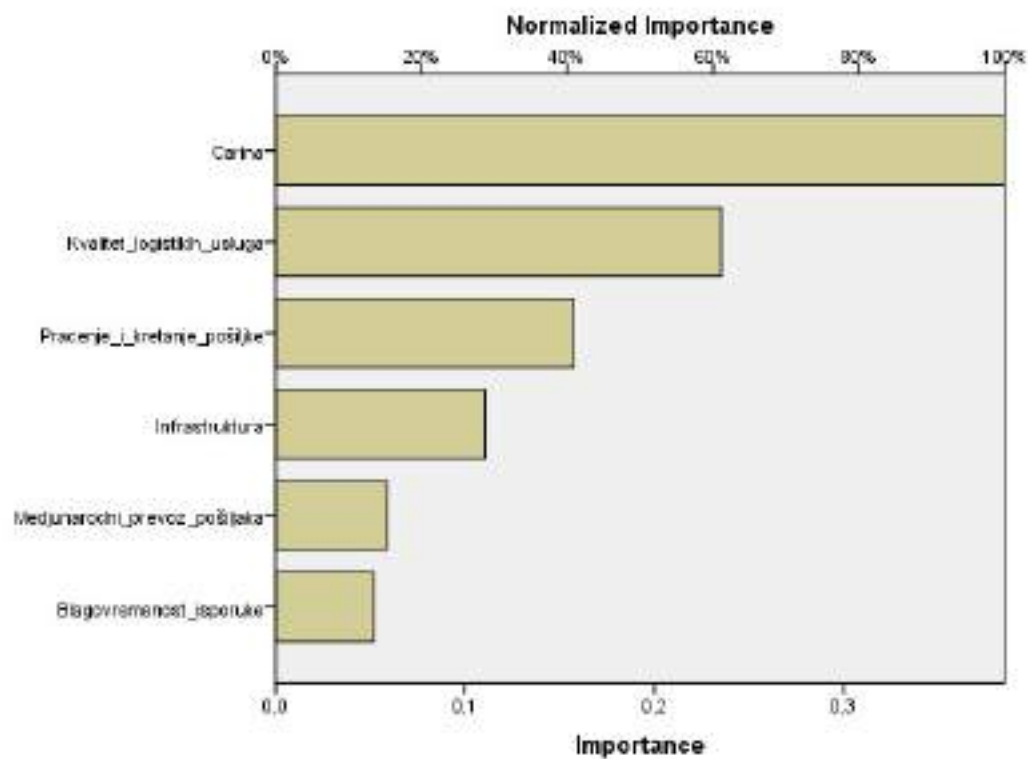
Predviđanje i prognoziranje

- Rezultati predikcije:



Predviđanje i prognoziranje

Značaj uticaja nezavisnih varijabli
na rezultate predikcije je:





Predviđanje i prognoziranje

- **Zadatak za studente:** Za rešavanje ovog zadatka, koristiti podatke koji su dati u dokumentu: Primer_SupplyChain_Data.xlsx
- Izlazna (zavisna) promenjiva je: Ukupni trošak logistike
- Ulazne (nezavisne promenjive) su: Broj isporuka, Udaljenost, Veličina porudžbine, Vreme isporuke, Kašnjenja, potrošnja Goriva.
- Potrebno je:
 - uraditi proračun deskriptivne statistike datih podataka
 - Predvideti vrednosti Ukupnih troškova logistike za Januar i Februar 2026. godine, primenom metoda Moving average; Exponential Smoothing i Modelima linerane regresije – za svaku pojedinačnu nezavisno varijablu zasebno
 - Ispitati primenljivost MLRA metode i sprovesti MLRA analizu $Y = f(X_i)$
 - Kreirati ANN model $Y = f(X_i)$
 - Dati komentar svakog dobijenog rezultata modelovanja