



INDUSTRIJSKI MENADŽMENT

Prof. Dr Ivan Mihajlović

Univerzitet u Beogradu - Mašinski fakultet u Beogradu

Kabinet: 401

Imihajlovic@mas.bg.ac.rs



Sadržaj predmeta

- Menadžment i preduzetništvo: spoljašnje okruženje, društvena odgovornost i poslovna etika.
- Tipovi menadžera. Menadžerske uloge.
- Industrija i njena transformacija.
- Planiranje, strateško planiranje i strateški menadžment.
- **Predviđanje i prognoziranje.**
- Organizacija i organizovanje kao menadžerski resurs.
- Odlučivanje kao proces rešavanja problema.
- Ljudski resursi kao imovina preduzeća. Konflikti i upravljanje konfliktima.
- Upravljanje kreativnošću i inovacijama. Koncept "učeće organizacije". Principi upravljanja tehnološkim inovacijama.
- Osnovni principi upravljanja znanjem (knowledge management).
- Vođenje. Stilovi vođenja. Motivacija. Sistemi komunikacija.
- Kontrolisanje kao povratna sprega upravljanja.
- Upravljanje industrijskim projektima.
- Kvalitet kao upravljačka varijabla.
- 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 primiti ili koliko kupaca će se obratiti sa zahtevima sutra, sledećeg meseca ili sledeće godine.
- Takve prognoze su, međutim, neophodne kao pomoć menadžerima-donosiocima odluka, kod odlučivanja vezano za resurse organizacije u bližoj i daljoj budućnosti.



Predviđanje i prognoziranje

- Nije dovoljno samo znati da potražnja za vašim proizvodima ili uslugama raste ili opada. Od mnogo većeg značaja za poslovno planiranje je poznavanje brzine promena.
- Npr. menadžer fabrike koji treba da donese odluku o kupovini nove opreme, usled rastuće potražnje.
- 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 nam 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, potrebno je jednostavno pogledajte statistiku kupovine za prethodnih pet godina, za dato ciljano tržište – **da li je to tačno?**
- **Edward Lorenz**



Predviđanje i prognoziranje

- Međutim, takve jednostavne tehnike ekstrapolacije su sklone greškama i zaista takvi pristupi dovele su do toga da su neke kompanije 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 promenljivu/promenjive (Y_i).



Predviđanje i prognoziranje

- Postoje dva glavna pristupa predviđanju.
- Menadžeri 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 rezultovati 100% tačnom prognozom, kombinacija kvalitativnih i kvantitativnih pristupa može se koristiti sa velikim efektom bazirano na kombinaciji stručnih mišljenja (ekspertskih mišljenja) i kvantitativnih prediktivnih modela.



Predviđanje i prognoziranje

- **Kvalitativne metode:**
- Zamislite da, iz nekog razloga, želite da predvidite ishod predstojeće fudbalske utakmice. Jednostavno gledajući učinak timova u poslednjih nekoliko nedelja i ekstrapolirajući 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 spekušu o mogućim ishodima – pre značajnih utakmica, tako se okupljaju i političari, poslovni lideri, berzanski analitičari, menadžeri banaka i avio kompanija.
- 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 (kontigencijsko planiranje)**
- 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. (korelaciona i regresiona analiza)



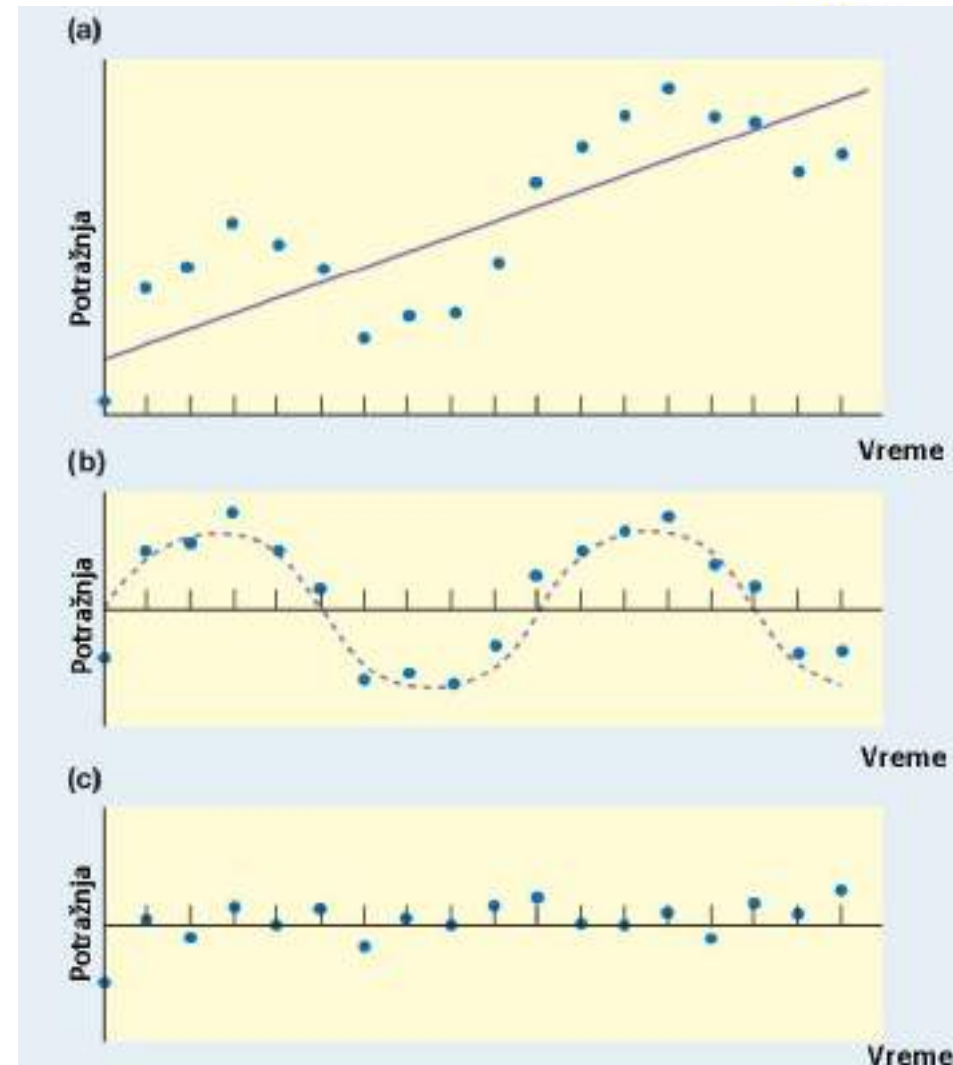
Predviđanje i prognoziranje

- **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 ovog 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 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 izgladivanjem** (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 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

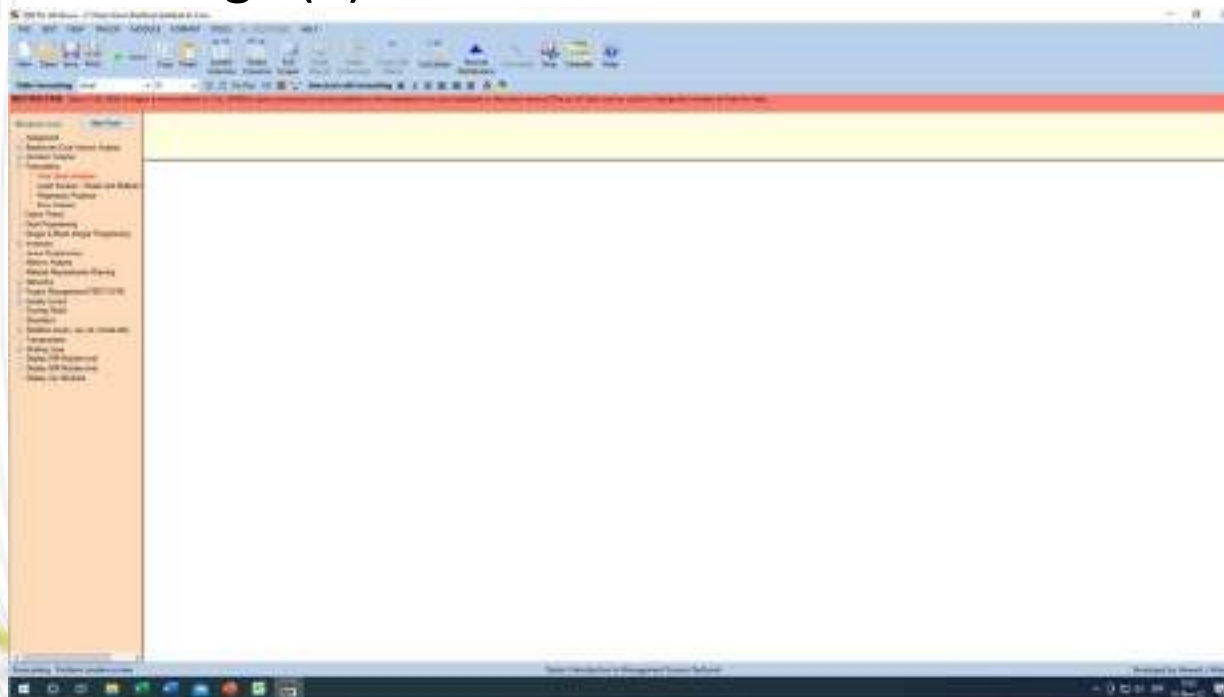
$$F_{16} = \left(\frac{F_{15} + F_{14} + F_{13} + F_{12}}{4} \right) = \left(\frac{67 + 68.3 + 66.7 + 72.5}{4} \right) = 68.6$$

Moving average prmer.xlsx



Predviđanje i prognoziranje

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



The image displays the 'TQM for Windows' software interface. The top menu bar includes FILE, EDIT, VIEW, TAYLOR, MODULE, FORMAT, TOOLS, and HELP. Below the menu is a toolbar with icons for New, Open, Save, Print, Copy, Paste, Autosave, Widen, Full Screen, Insert Row(s), Insert Column(s), Create Cell Name, Calculator, Normal Distribution, Custom, Map, Calendar, and Help. A status bar at the top indicates 'Table forecasting' and 'Selected cells forecasting'. A red instruction bar reads: '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.'

On the left side, there is a 'Module tree' with a 'Hide Panel' button. The tree lists various modules: Assignment, Decision Cost Volume Analysis, Decision Analysis, Forecasting, Game Theory, Goal Programming, Integer & Mixed Integer Programming, Inventory, Linear Programming, Master Analysis, Material Requirements Planning, Networks, Project Management (PERT/CPM), Quality Control, Scheduling, Simulation, Statistics (mean, var, std, normal dist), Transportation, Waiting Lines, Display QM Modules only, Display QM Modules only, and Display ALL Modules.

The main workspace is currently empty. A dialog box titled 'Create data set for Forecasting/Time Series Analysis' is open in the center. It features a 'TITLE' field with the value 'Lotted'. A 'Number of Post Periods' field is set to '15'. A 'Modify default title' button is present. Below these are tabs for 'Row Names', 'Column Names', and 'Overview'. The 'Overview' tab is active, showing a list of radio buttons for row name patterns: 'Post Period 1, Post Period 2, Post Period 3...', 'A, B, ..., K, L...', 'A, B, C, D, E...', '1, 2, 3, 4, 5...', and 'Dates, February, March...'. A 'Click here to set start month' button is located below the last option. At the bottom of the dialog, there is a 'Date' field with the value '1/1/2014' and three buttons: 'Cancel', 'Help', and 'OK'.

The bottom status bar shows 'Forecasting - Publish creation screen', 'Taylor's Introduction to Management Science Textbook', and 'Downloaded by Howard J. Weiss'.

CMHr Windows - [Data]

FILE EDIT VIEW TAYLOR MODULE FORMAT TOOLS HELP

New Open Save Print Copy Paste AutoFit Columns Width Full Screen Insert Rows Insert Columns Create Cell Range Calculator Normal Distribution Comment Wrap Calculate Help

Table formatting Arial 10 Fox Doc 0.0 Selected cells formatting

INSTRUCTION: Enter the name for this column. Almost any character is permissible.

Module tree Hide Panel

- Assignment
- Decision-Cell Volume Analysis
- Decision Analysis
- Forecasting
 - Time Series Analysis
 - Least Squares - Simple and Multiple
 - Regression Predictor
 - Case Analysis
 - Case Tables
 - Goal Programming
 - Integer & Mixed Integer Programming
 - Inventory
 - Linear Programming
 - Market Analysis
 - Material Requirements Planning
 - Networks
 - Project Management (PERT/CPM)
 - Quality Control
 - Supply Model
 - Simulation
 - Statistical Inference (normal dist)
 - Transportation
 - Waiting Lines
 - Display OR Modules only
 - Display OR Modules only
 - Display ALL Modules

Method: Moving Average # Periods to average: 3

Period	Demand
Period 1	63.3
Period 2	62.5
Period 3	67.8
Period 4	66
Period 5	67.2
Period 6	69.9
Period 7	65.6
Period 8	71.1
Period 9	65.8
Period 10	68.4
Period 11	70.3
Period 12	72.5
Period 13	66.7
Period 14	68.3
Period 15	67

Forecasting Time Series Analysis - Data Screen

Taylor's Introduction to Management Science, 10th Edition

Developed by Howard J. Wehr

12:29 15-Nov-22

QMty Windows

FILE EDIT VIEW TAYLOR MODULE FORMAT TOOLS SOLUTIONS HELP EDIT DASH

New Open Save Print Edit Date Copy Paste AutoFill Columns: Values Full Screen Insert Rows Insert Columns Copy Cell Styles Calculator Normal Distribution Connected Log Calculator Help

Table formatting Auto 10 Selected cells formatting

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

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

Method: Moving Average

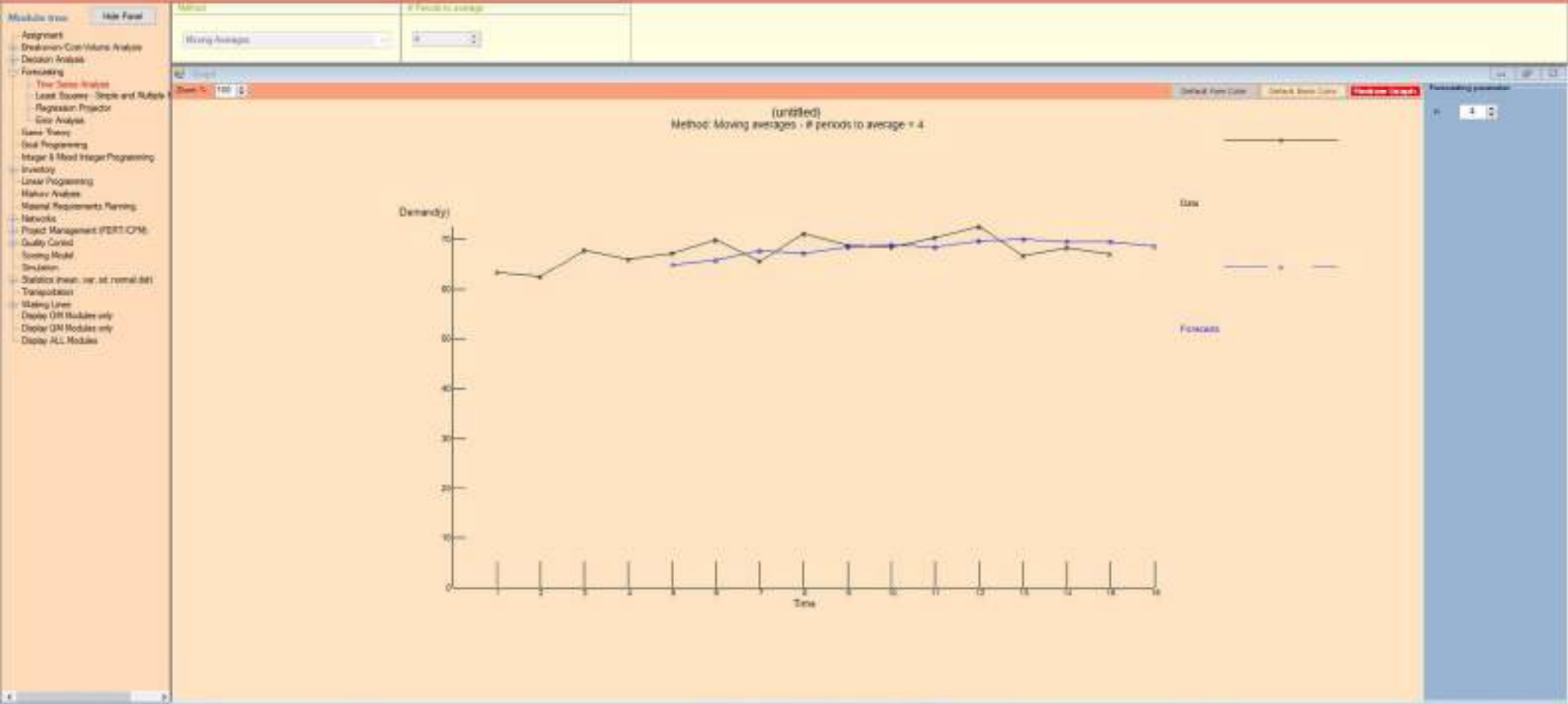
Periods to average: 5

QMty Windows - Best Results

und[Best] Solution

Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	525
MAD (Mean Absolute Deviation)	2.250
MSE (Mean Squared Error)	8.497
Standard Error (Decision-2-9)	2.918
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	3.259%
Forecast	
next period	68.625

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





Predviđanje i prognoziranje

- **Eksponencijalno izgladivanje**
- 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 (to se 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 izgladivanjem**.
- Pristup eksponencijalnog izgladivanja prognozira tražnju u narednom periodu, uzimajući u obzir stvarnu tražnju u tekućem periodu 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 prethodni 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



Nedelja	Prethodna potražnja, u 000 nj	Predviđanje	$\alpha =$	0.2
1	63.3	63.3		
2	62.5	63.3		
3	67.8	63.14		
4	66	64.072		
5	67.2	64.4576		
6	69.9	65.00608		
7	65.6	65.984864		
8	71.1	65.9078912		
9	68.8	66.94631296		
10	68.4	67.31705037		
11	70.3	67.53364029		
12	72.5	68.08691224		
13	66.7	68.96952979		
14	68.3	68.51562383		
15	67	68.47249906		
16		68.17799925		

Pri čemu je, za 16-tu nedelju:

$$F_{16} = 0.2 * A_{15} + (1 - 0.2) * F_{15} = 0.2 * 67 + 0.8 * 68.47 = 68.177$$

Exponential smoothing primer.xlsx



Predviđanje i prognoziranje

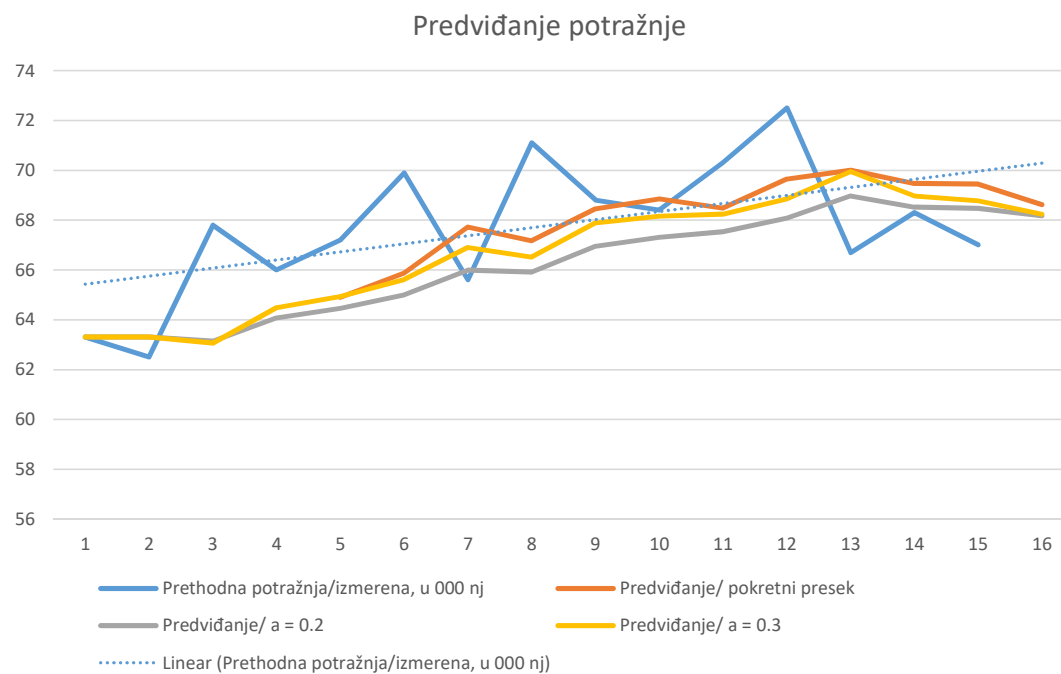
- Vrednost α upravlja ravnotežom između odziva predviđanja na promene stvarnih potražnje i vrednosti prethodnih predviđanja. Što je α bliže 0, to će predviđanje biti više pod uticajem prethodnih predviđanja, što je bliža 1 to će više biti pod uticajem stvarnih vrednosti.
- Na sledećoj slici, predstavljeno je upoređenje stvarnih vrednosti potražnje sa vrednostima predviđanja dobijenim metodom pokretnih preseka, kao i metodom eksponencijalnog izgladivanja, za vrednosti $\alpha = 0.2$ i $\alpha = 0.3$.

Predviđanje i prognoziranje



Predviđanje_poredjenje.xlsx

Nedelja	Prethodna potražnja/izmerena, u 000 nj	Predviđanje/ pokretni presek	Predviđanje/ a = 0.2	Predviđanje / a = 0.3
1	63.3		63.3	63.3
2	62.5		63.3	63.3
3	67.8		63.14	63.06
4	66		64.072	64.482
5	67.2	64.9	64.4576	64.9374
6	69.9	65.875	65.00608	65.61618
7	65.6	67.725	65.984864	66.90133
8	71.1	67.175	65.9078912	66.51093
9	68.8	68.45	66.94631296	67.88765
10	68.4	68.85	67.31705037	68.16135
11	70.3	68.475	67.53364029	68.23295
12	72.5	69.65	68.08691224	68.85306
13	66.7	70	68.96952979	69.94714
14	68.3	69.475	68.51562383	68.973
15	67	69.45	68.47249906	68.7711
16		68.625	68.17799925	68.23977





Predviđanje i prognoziranje

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

INSTRUCTION: Enter the name for this column. Avoid any character is prohibited.

Method: Exponential Smoothing Alpha for smoothing: 0.25

- Module tree
- Hide Panel
- Assignment
- Decision-Cell Volume Analysis
- Decision Analysis
- Forecasting
 - Time Series Analysis
 - Least Squares - Simple and Multiple
 - Regression Predictor
 - Corr. Analysis
 - Basic Time Series
 - Goal Programming
 - Integer & Mixed Integer Programming
 - Inventory
 - Linear Programming
 - Markov Analysis
 - Material Requirements Planning
 - Networks
 - Project Management (PERT/CPM)
 - Quality Control
 - Supply Model
 - Simulation
 - Statistical Inference (est. and normal dist)
 - Transportation
 - Waiting Lines
 - Display OR Modules only
 - Display OR Modules only
 - Display ALL Modules

(continued)

	Demand(t)	Forecast
Periods 1	53.3	0
Periods 2	52.5	0
Periods 3	57.8	0
Periods 4	66	0
Periods 5	57.2	0
Periods 6	59.9	0
Periods 7	55.6	0
Periods 8	71.1	0
Periods 9	58.8	0
Periods 10	58.4	0
Periods 11	70.3	0
Periods 12	72.5	0
Periods 13	60.7	0
Periods 14	58.3	0
Periods 15	67	0

QM Windows

FILE EDIT VIEW MAJOR MODULE FORMAT TOOLS SOLUTIONS HELP TEST DATA

New Open Save Print Edit Data Copy Paste Auto Columns Width Full Insert Insert Copy Cell Calculator Normal Distribution Connect Log Calendar Help

Table Formatting Auto Selected cells formatting

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

Module tree: Regression, Regression/Least Volume Analysis, Decision Analysis, Forecasting, Time Series Analysis, Least Squares - Single and Multiple, Regression Reporter, 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, Sourcing Model, Simulation, Statistical Inference, var, etc normal dist, Transportation, Waiting Lines, Display QM Modules only, Display QM Modules only, Display All Modules

Exponential Smoothing 2.25

Error analysis begins in period 2.

QM Windows - [Data] Results

(unlabeled) Solution

Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	1.742
MAD (Mean Absolute Deviation)	2.477
MSE (Mean Squared Error)	8.500
Standard Error (denominator=2*12)	3.211
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	5.58%
Forecast	
next period	60.178

Forecasting Time Series Analysis - Solution Screen

Taylor's Introduction to Management Science Toolbox

Developed by Howard J. Wain

12:39 13-Nov-22

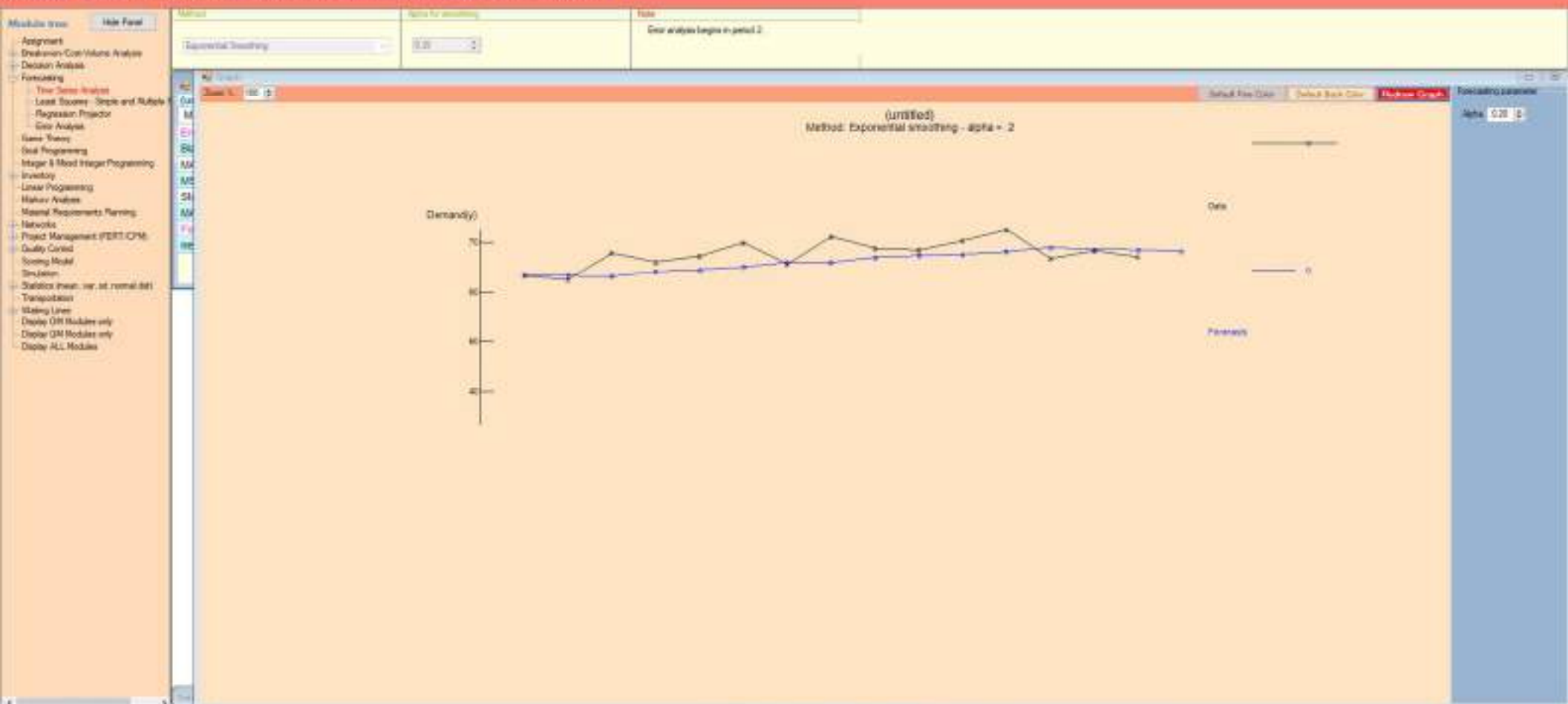
Office Windows

FILE EDIT VIEW TAYLOR MODULE FORMAT TOOLS SOLUTIONS HELP EDIT DASH

New Open Save Print **Exit Data** Copy Paste AutoFill Columns Wipes Full Screen Smart Board(s) Insert Columns(s) Copy Cell Down Calculator Normal Distribution Unconnect Setup 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 Work View.





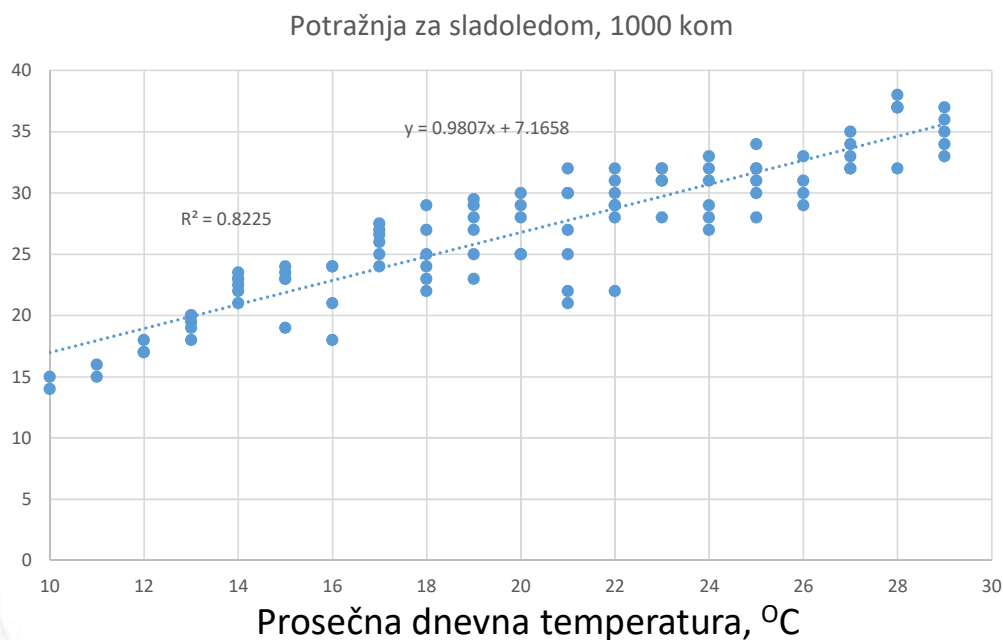
Predviđanje i prognoziranje

- **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 vrste 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 za proizvodnju 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

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
- Decision-Cal 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
- Statistical Inference: Estimation
- 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:

Number of Observations:

Number of Independent Variables:

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, ...
- Dates, February, March, ...
- User:

CMHr Windows - [Data]

FILE EDIT VIEW TAYLOR MODULE FORMAT TOOLS HELP

Table formatting Auto | 10 | Selected cells formatting

INSTRUCTION: Enter the value of parameter 1 for x1. Any real value is permissible.

Module tree:

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

	Dprofit var. Y		
Parameter 1	14	10	31
Potrasnya 1	15	10	
Potrasnya 2	15	11	
Potrasnya 3	16	11	
Potrasnya 4	17	12	
Potrasnya 5	18	12	
Potrasnya 6	17	12	
Potrasnya 7	18	13	
Potrasnya 8	19	13	
Potrasnya 9	19.5	13	
Potrasnya 10	20	13	
Potrasnya 11	20	13	
Potrasnya 12	21	14	
Potrasnya 13	22	14	
Potrasnya 14	22.5	14	
Potrasnya 15	23	14	
Potrasnya 16	23	14	
Potrasnya 17	23.5	14	
Potrasnya 18	24	15	
Potrasnya 19	24	15	
Potrasnya 20	24	15	
Potrasnya 21	25	15	
Potrasnya 22	25	15	
Potrasnya 23	25.5	15	
Potrasnya 24	26	16	
Potrasnya 25	26	16	
Potrasnya 26	26	16	
Potrasnya 27	26.5	16	
Potrasnya 28	27	17	
Potrasnya 29	27	17	
Potrasnya 30	27.5	17	
Potrasnya 31	28	17	
Potrasnya 32	28	18	
Potrasnya 33	29	18	
Potrasnya 34	29	18	
Potrasnya 35	29	18	
Potrasnya 36	29	18	
Potrasnya 37	29	18	
Potrasnya 38	29	18	
Potrasnya 39	29	18	

Forecasting Least Squares - Simple and Multiple Regression - Data Screen

Taylor's Introduction to Management Science Textbook

Developed by Howard J. Wehr

11:43
15-Nov-22

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

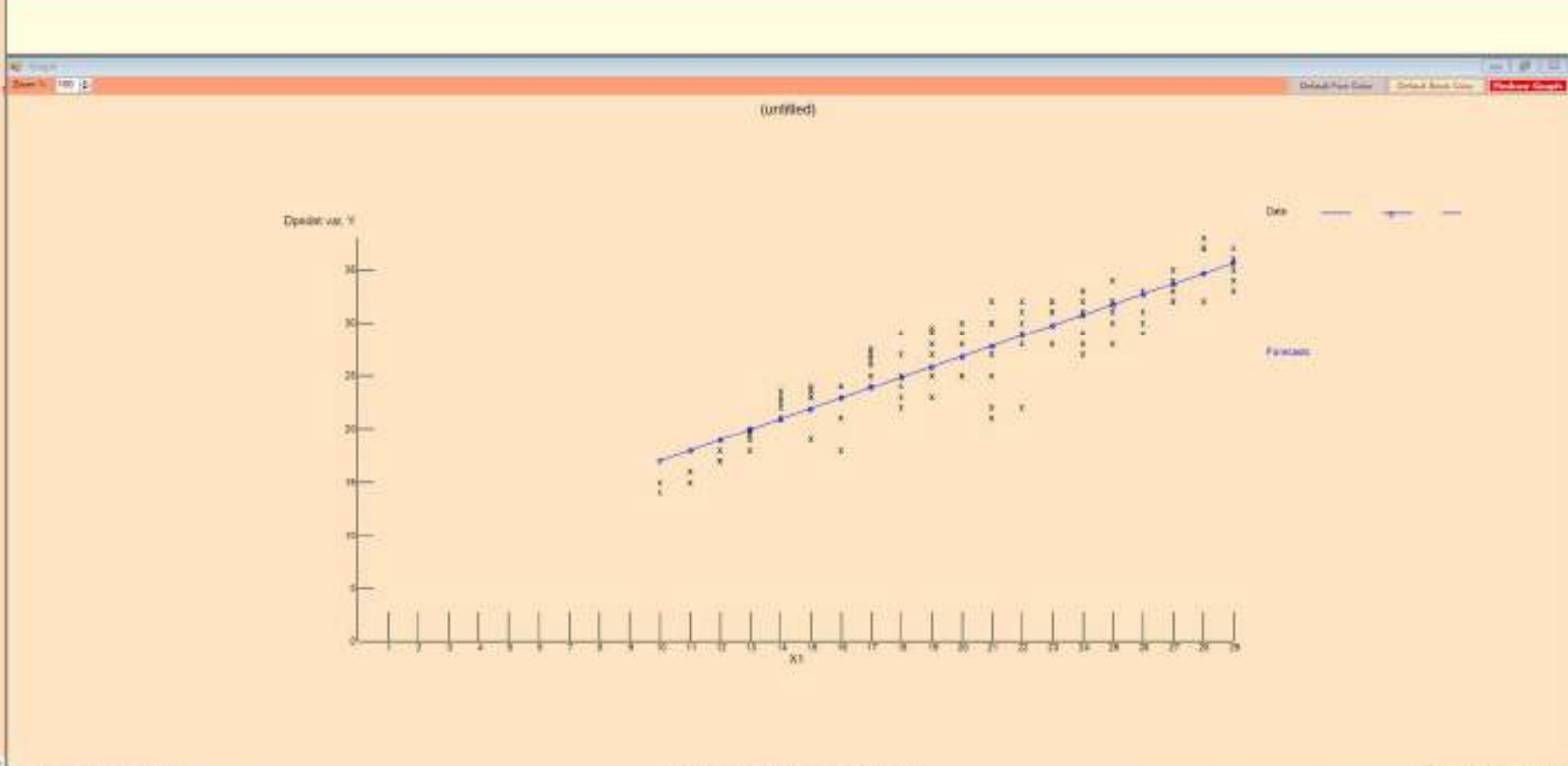
Module tree Hide Panel

Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	0
MAD (Mean Absolute Deviation)	1.675
MSE (Mean Squared Error)	5.652
Standard Error (Decision-2-95)	2.402
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	078
Regression line	
Optimal w/c: $Y = 7.156$	
$+ .981 * X1$	
Statistics	
Correlation coefficient	.907
Coefficient of determination (R ²)	.822

Table forecasting: Auto Selected cells forecasting

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

- Module tree
- Assignment
- Breakdown Cost Volume Analysis
- Decision Analysis
- Forecasting
 - Time Series Analysis
 - Least Squares: Single and Multiple
 - Regression Projector
 - Queue Analysis
- 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
- Statistical Inference: var. and normal dist.
- Transportation
- Waiting Lines
- Display QM Modules on
- Display QM Modules on
- Display ALL Modules

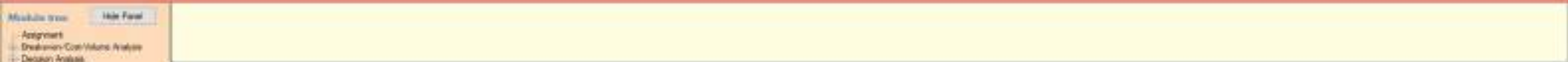




Predviđanje i prognoziranje

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

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
- Decision-Cell 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
- Statistical Inference: var, std, normal dist
- Transportation
- Waiting Lines
- Display QM Modules only
- Display QM Modules only
- Display All Modules

Creates data set for Forecasting/Regression Projects

TITLE: Lotted

Modify default file

Number of Independent Variables: 1

Number of Forecasts: 10

Row Names: Column Names: Overwrite

- X 1 X 2 X 3 ...
- A B C D E ...
- A B C D E ...
- 1 2 3 4 5 ...
- Dates, Weekly, Month ...

Click here to set start month

OK: Previous temperature

Cancel Help OK

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

Module tree:

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

	Coefficients	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
Prospectiva temperatura 1	081	10	16	21	24	27	30	33	36	39	42

QM for Windows

FILE EDIT VIEW TAYLOR MODULE FORMAT TOOLS SOLUTIONS HELP EDIT DATA

Table forecasting: A:\d... | Fox Doc 0.0 | Selected cells forecasting

Module tree: Hide Panel

- Assignment
- Decision-Cost Volume Analysis
- Decision Analysis
- Forecasting
 - Time Series Analysis
 - Least Squares: Simple and Multiple
 - Regression: Programs
 - Cost Analysis
- Game Theory
- Goal Programming
- Integer & Mixed Integer Programming
- Inventory
- Linear Programming
- Market Analysis
- Material Requirements Planning
- Networks
- Project Management (PERT/CPM)
- Quality Control
- Inventory 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 - Excel Results

QM for Windows - Solution

	Coefficients	Forecast 1	Forecast 2	Forecast 3	Forecast 4	Forecast 5	Forecast 6	Forecast 7	Forecast 8	Forecast 9	Forecast 10
Intercept	7.198	808	808	808	808	808	808	808	808	808	808
Proselina temperatura 1	.981	15	16	21	24	27	30	35	36	39	42
Forecast		21.881	24.824	27.757	30.71	33.653	36.598	39.539	42.482	45.425	48.368



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 modelovanje 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.



Predviđanje i prognoziranje

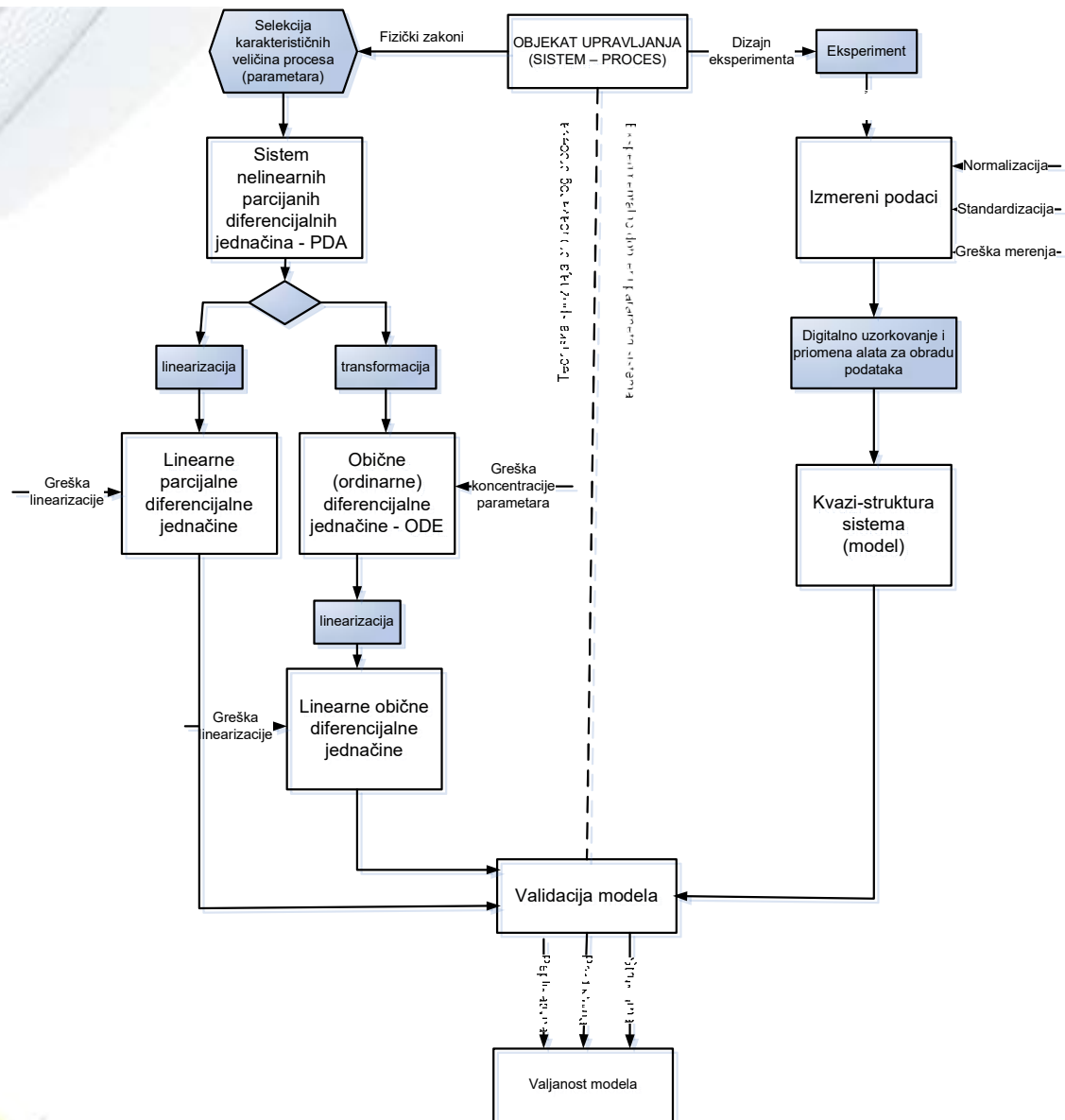
- Matematički modeli su matematička slika realnosti, odnosno opis objekta ili sistema primenom matematičkih koncepata i znakova. Najčešća definicija matematičkog modelovanja je: „*matematičko modelovanje predstavlja implementaciju matematike u rešavanju nestruktuiranih problema u realnim situacijama*“
- 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 vrste 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 promenjive (zavisne varijable) od ulaznih promenljivih (nezavosnih varijabli) može direktno aproksimirati nekom od standarnih funkcionalnih zavisnosti (linearna, eksponencijalna, sinusna, polinomijalna,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 psegu, 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 statistike, u procesu modelovanja kreiraju se kvazistruktura 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 promenjivih.
- Svakako, određene tehnike predviđanja rade bolje pod određenim okolnostima – dok neke druge dalju 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 preduzeću 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 budućem 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:

- $$\frac{dm(t)}{dt} = Gu(t) - Gi(t) \quad (7.0)$$

- gde su:

- $\frac{dm(t)}{dt}$ - promena količine materijala na zalihama u funkciji vremena;
- $Gu(t)$ – ulaz materijala – priliv, u funkciji vremena
- $Gi(t)$ – potrošnja materijala – odliv, u funkciji vremena

- U ravnotežnom – nominalom (stacionarnom) stanju $Gu_0 = Gi_0$, 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:
- $$p(t) = \frac{Gu_0 - Gu(t)}{Gu_0} = Xu_1(t) \quad (7.1)$$
- Takođe, potrošnja (oticanje) materijala sa skladišta – što je druga ulazna promenjiva – može se predstaviti kao:
- $$q(t) = \frac{Gi_0 - Gi(t)}{Gi_0} = Xu_2(t) \quad (7.2)$$
- 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:

- $- m_{\max} * \frac{dXi(t)}{dt} = Gu_0 [1 - Xu_1(t) - 1 + Xu_2(t)]$

- $- m_{\max} * \frac{dX(t)}{dt} = Gu_0 [Xu_2(t) - Xu_1(t)]$, odnosno

- $m_{\max} * \frac{dXi(t)}{dt} = Gu_0 [Xu_1(t) - Xu_2(t)]$, što je dalje

- $\frac{m_{\max}}{Gu_0} * \frac{dXi(t)}{dt} = [Xu_1(t) - Xu_2(t)]$, 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:

$$\mathcal{L}\left\{K * \frac{dX_i(t)}{dt}\right\} = \mathcal{L}\{X_{u_1}(t) - X_{u_2}(t)\}$$

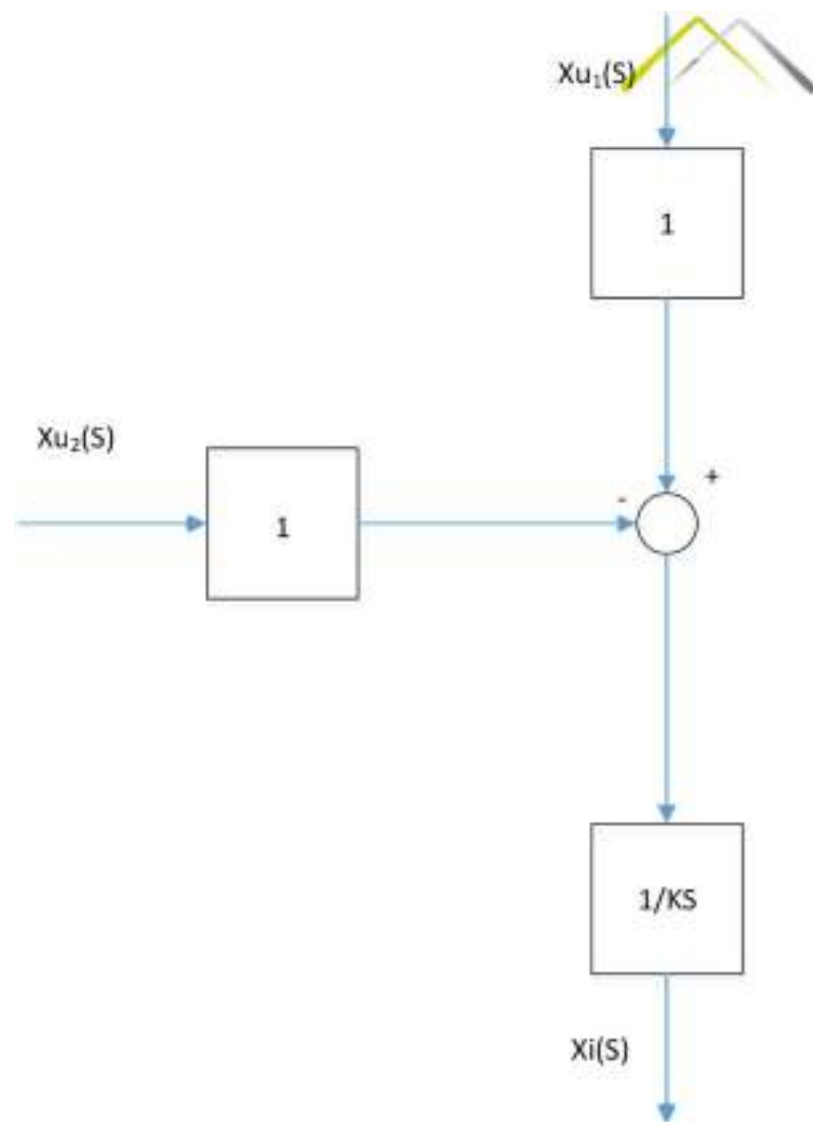


Predviđanje i prognoziranje

- $K * \mathcal{L}\{X_i(t)\} = \mathcal{L}\{Xu_1(t)\} - \mathcal{L}\{Xu_2(t)\}$
- Tako da je konačna jednačina modela sistema zaliha:
- $K * S * X_i(S) = Xu_1(S) - Xu_2(S)$
- Prenosne funkcije sistema:
- Pošto sistem ima dve ulazne promenjive, ima i dve prenosne funkcije:
- $W_1(S) = \frac{X_i(S)}{X_{u1}(S)} = \frac{1}{KS}$; $W_2(S) = \frac{X_i(S)}{X_{u2}(S)} = -\frac{1}{KS}$

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.



MATLAB Command Window

The Command Window displays the following text:

To get started, type one of these: helpwin, helpdesk, or demo.
For product information, type `look` or visit www.mathworks.com.

`>> simulink`

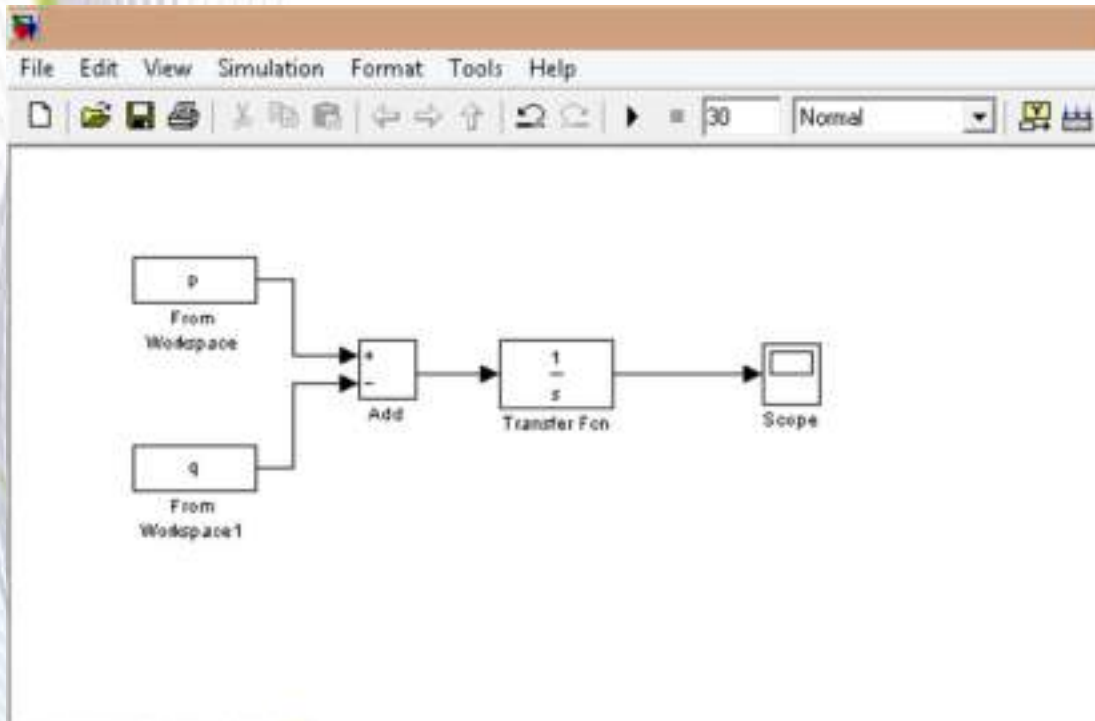
The `simulink` window shows the Simulink environment with several library panes:

- Library: simulink**: Contains blocks for Source, Sink, Scope, Linear, Nonlinear, and Continuous.
- Library: simulink/Sources**: Contains blocks for Constant, Signal Generator, Step, Ramp, Sine Wave, Repeating Sequence, Pulse Width Modulator, Pulse Generator, Clock Signal, Clock, Digital Clock, To File, and From Workspace.
- Library: simulink/Blocks**: Contains blocks for Scope, Display, To File, and Stop Simulation.
- Library: simulink/Arithmetic**: Contains blocks for Gain, Sum, Integrator, Transfer Function, State Space, Zero-Pole, Inference, and Dot Product.
- Library: simulink/Control**: Contains blocks for Matrix Gain and State Gain.

The MATLAB taskbar at the bottom shows the Start button, Microsoft Word, MATLAB C, and several open windows.

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 periodu 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).

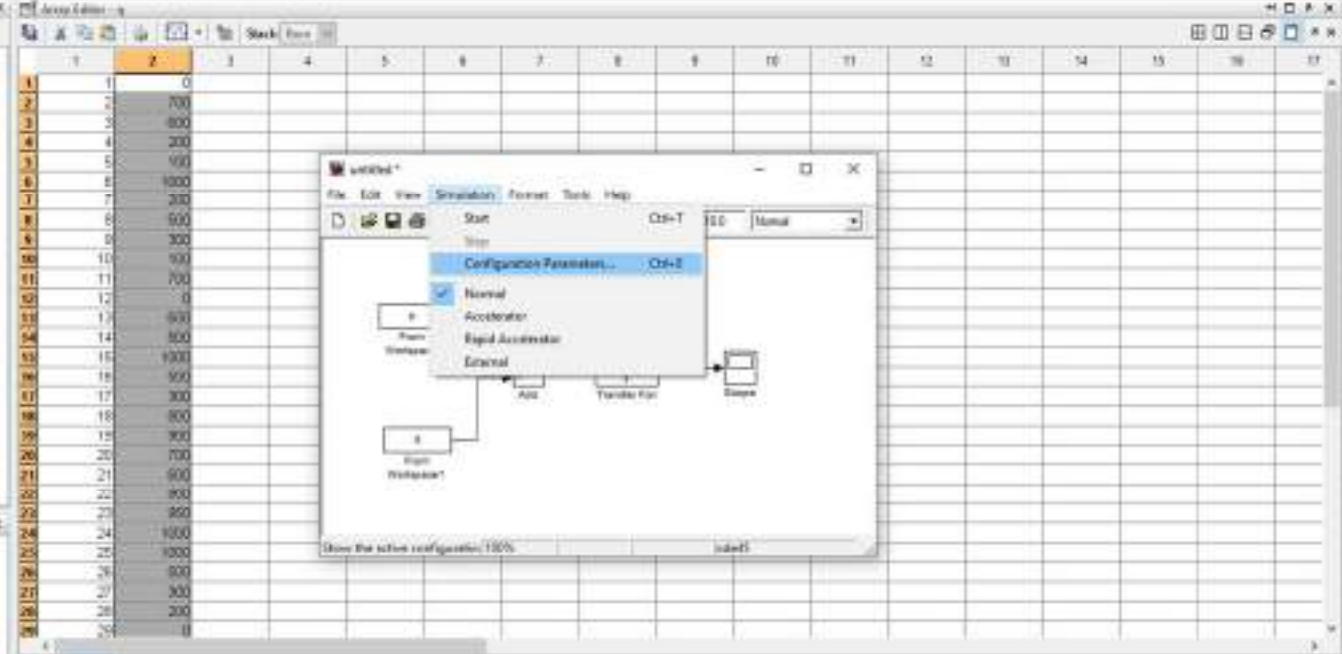
Takođe, inicijalni model je kreiran za vrednost konstante $K = m_{\max}/Gu_0 = 1$.

Name	Type	Min	Max
f	<30x2 double>	1	1000
k	<30x2 double>	0	1000

Command History

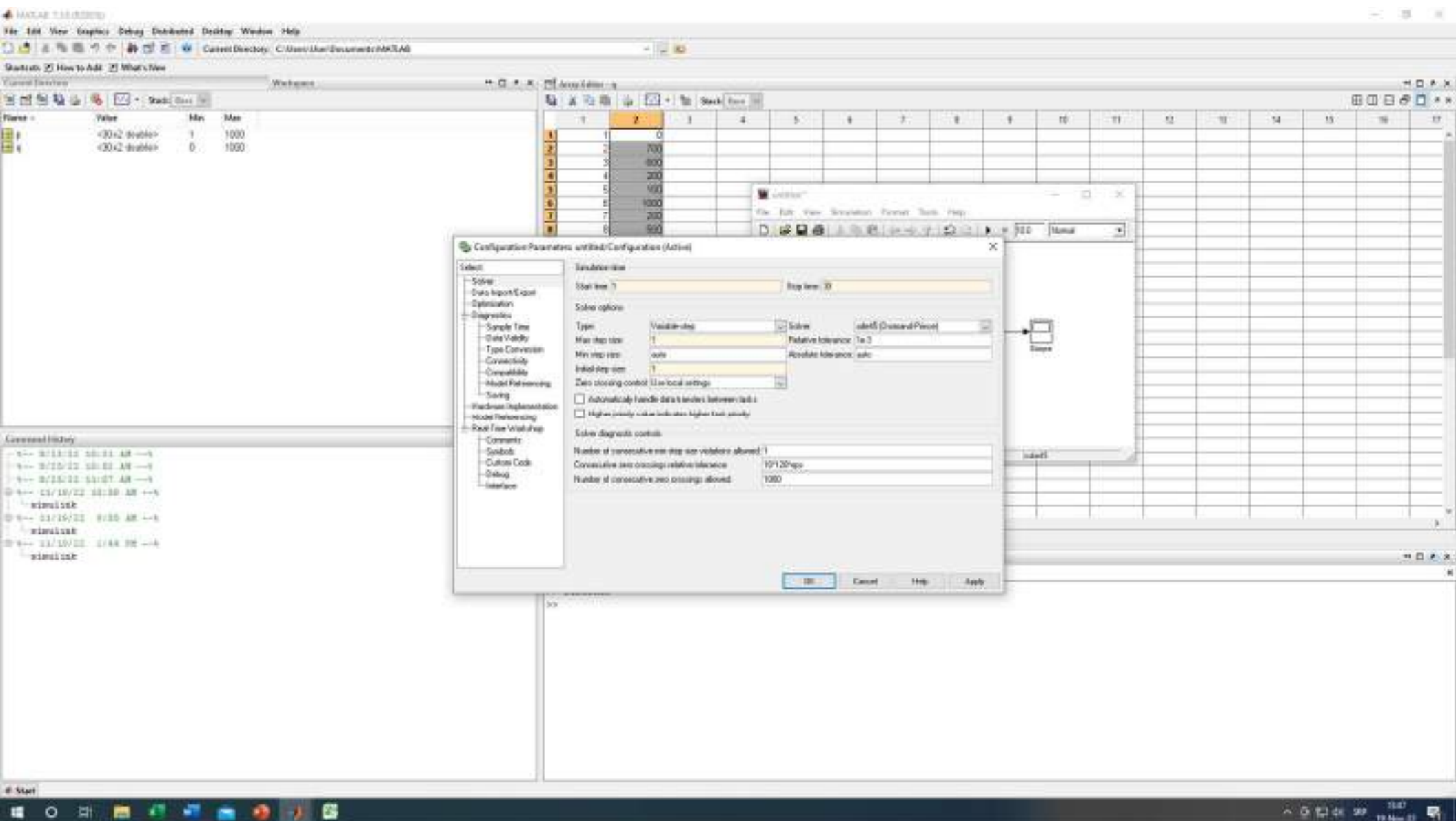
- 8/11/22 10:31 AM -->
- 8/12/22 10:02 AM -->
- 8/13/22 11:07 AM -->
- 8/19/22 00:50 AM -->
- 8/19/22 0:50 AM -->
- 8/19/22 0:50 AM -->
- 8/19/22 0:44 AM -->

```
>> simulink
>> simulink
>> simulink
```



Command Window

```
>> simulink
>>
```



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

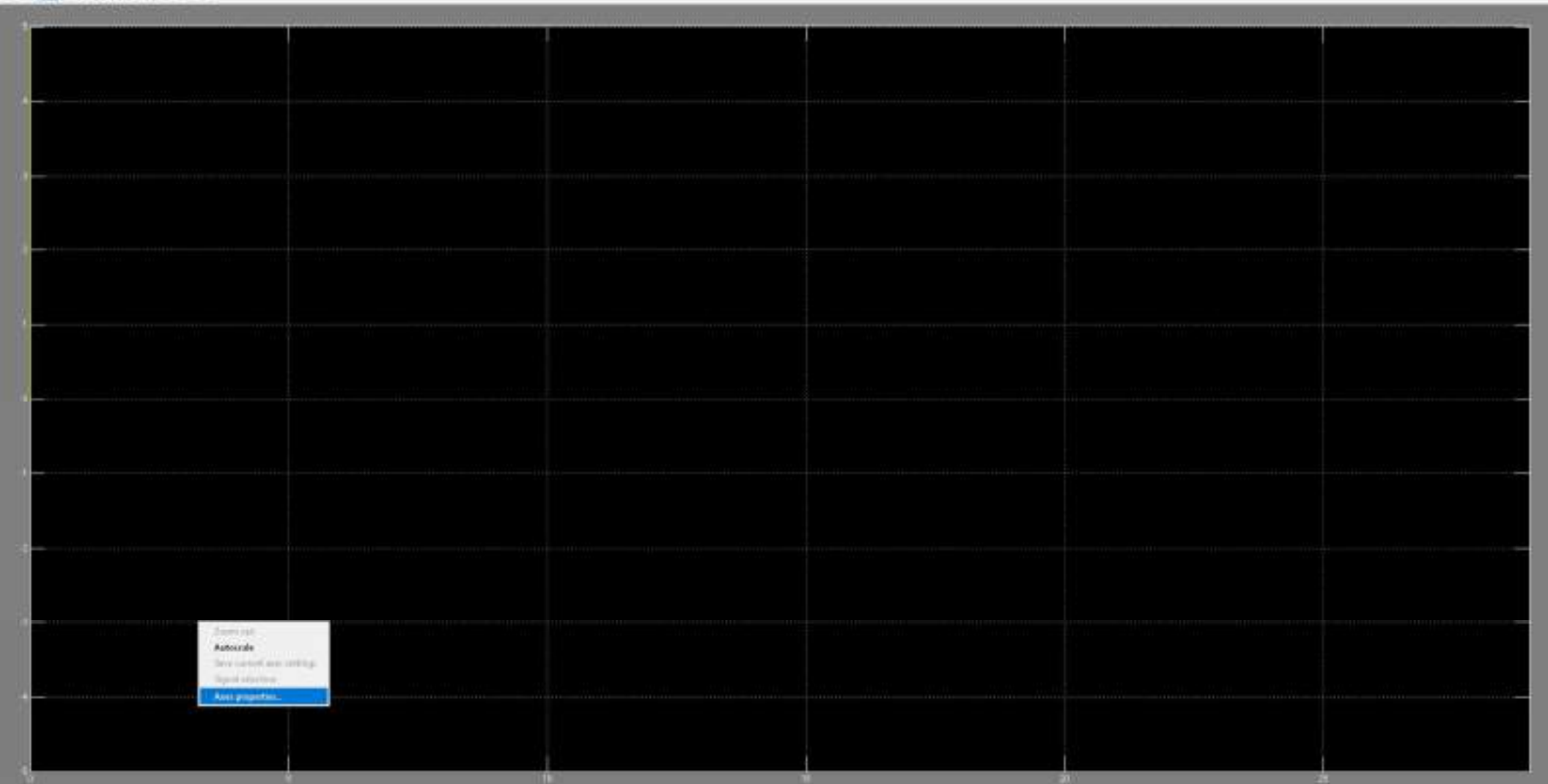


The screenshot displays the MATLAB 7.5.0 (R2007b) environment. The workspace window shows three variables: Zalhe (61x2 double), p (30x2 double), and q (30x2 double). The Array Editor for variable 'q' shows a 15x10 grid with values in the first three columns. The Command History window shows the execution of the 'simulink' command and subsequent plotting commands.

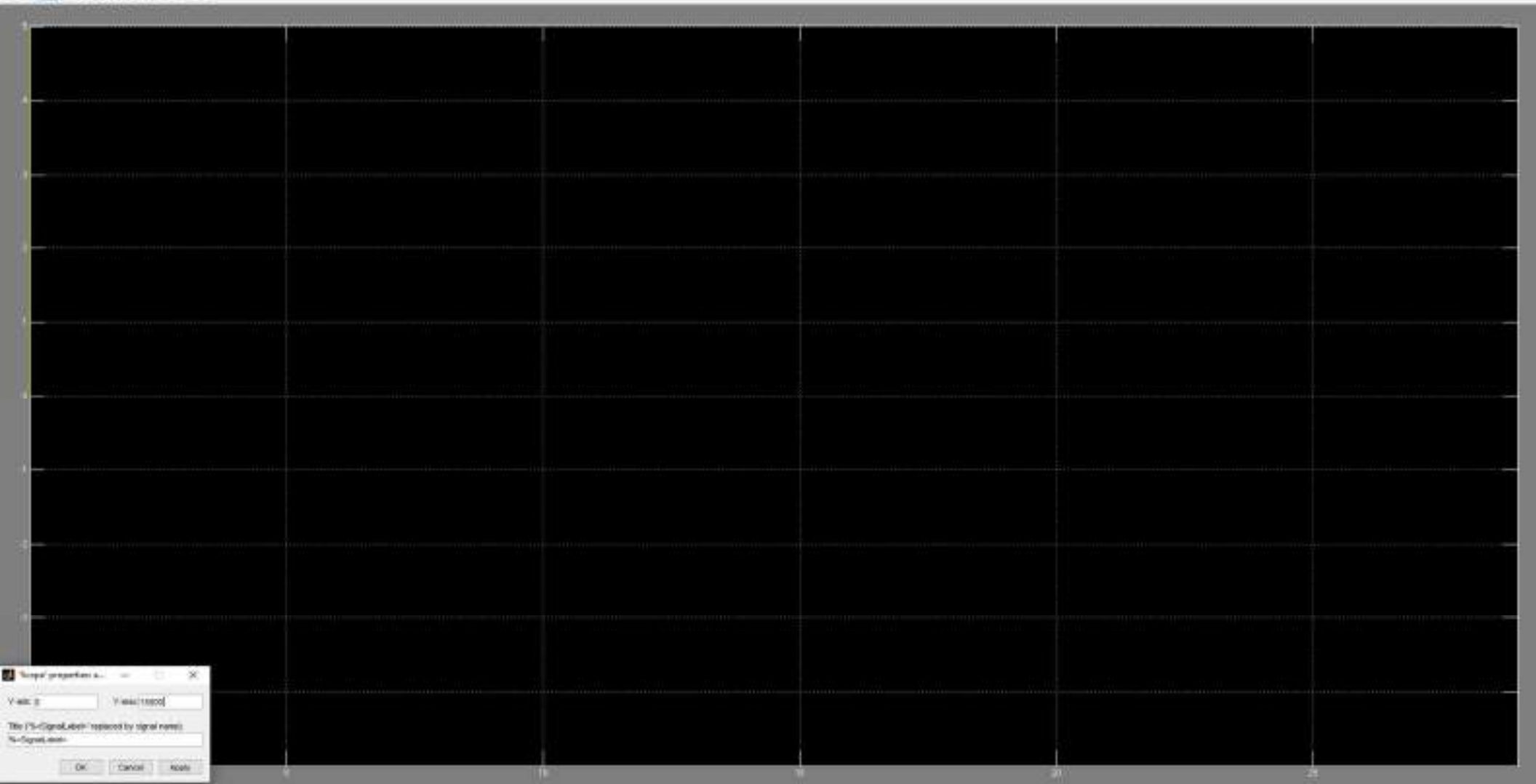
Row	Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9	Column 10
1			0							
2	2		700							
3	3		600							
4	4		200							
5	5		100							
6	6		1000							
7	7		200							
8	8		500							
9	9		300							
10	10		100							
11	11		700							
12	12		0							
13	13		600	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

```
Command History
1-- 19.7.22. 21.39 -->
2-- 19.7.22. 21.41 -->
3-- 8.8.22. 11.69 -->
simulink
plot(tout(1:61,1), 'DisplayName', 'tout(1:61,1)', 'YD
plot(p, 'DisplayName', 'p', 'DataSource', 'p'); figu
plot(Zalhe(1:61,1:2), 'DisplayName', 'Zalhe(1:61,1
4-- 8.8.22. 21.01 -->
```

Command Window
New to MATLAB? Watch this [Video](#), see [Demo](#), or read [Getting Started](#).
>>



Zoom out
Autoscale
Zero current axis settings
Signal selection
[Axis properties...](#)

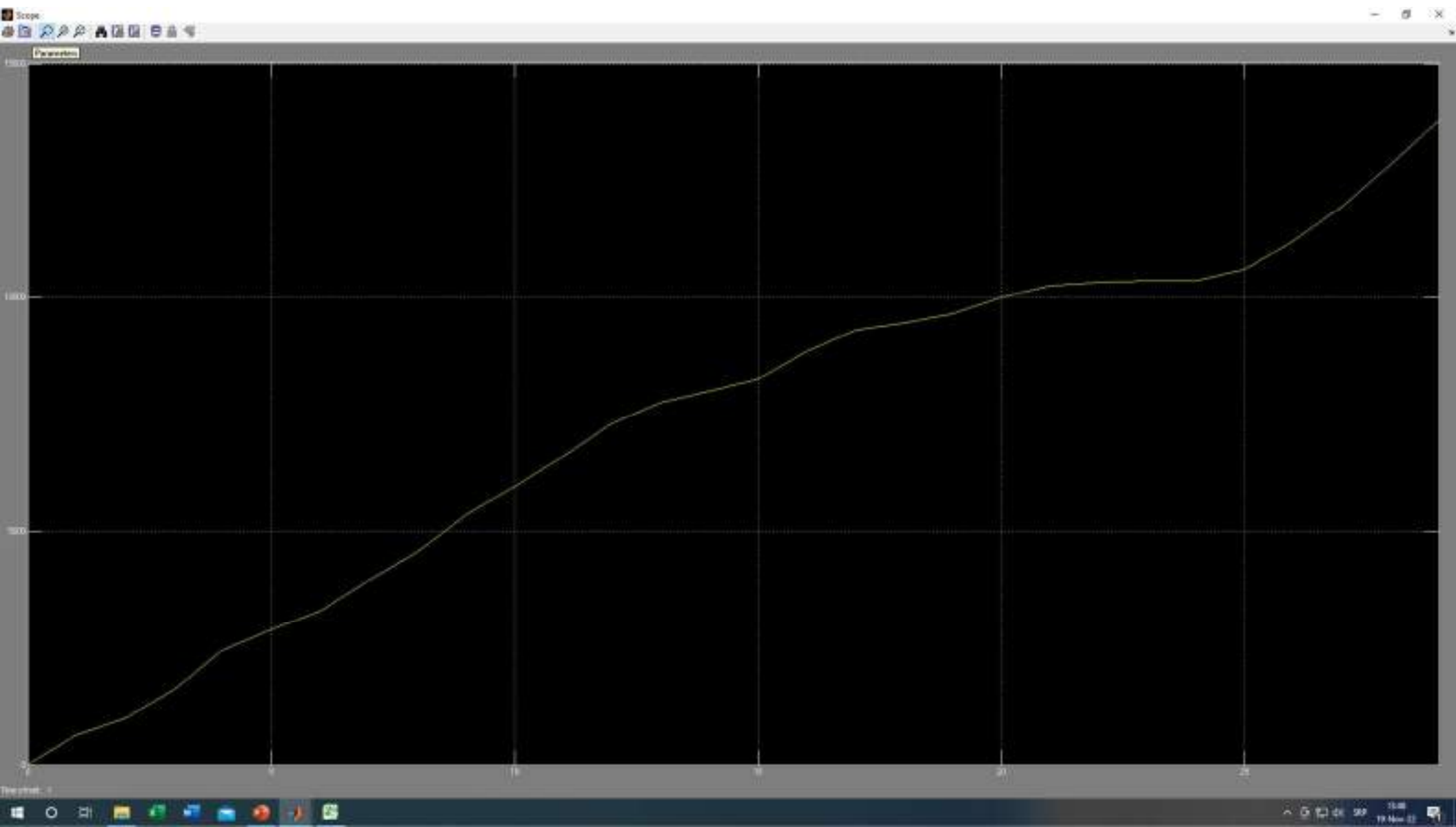


Signal properties dialog box:

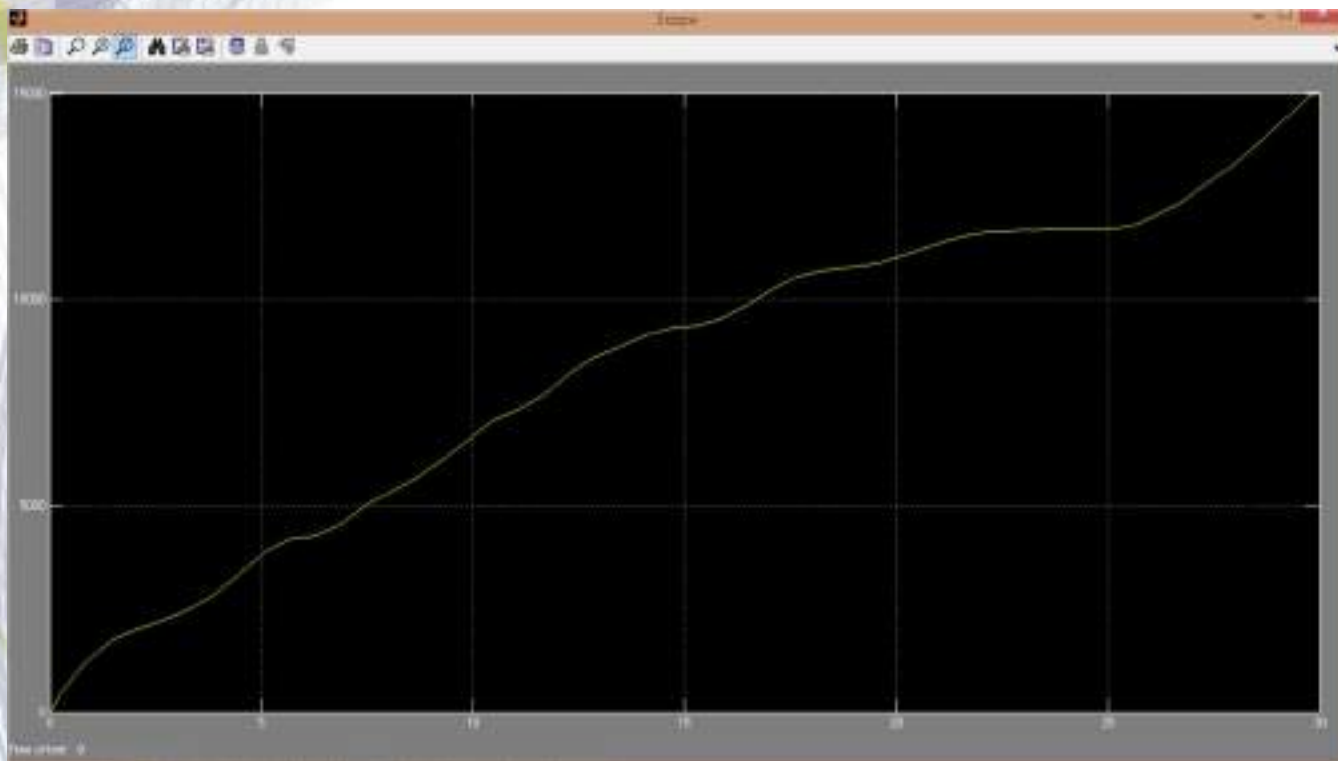
Y axis: Y axis:

Title (%SignalLabel% replaced by signal name):

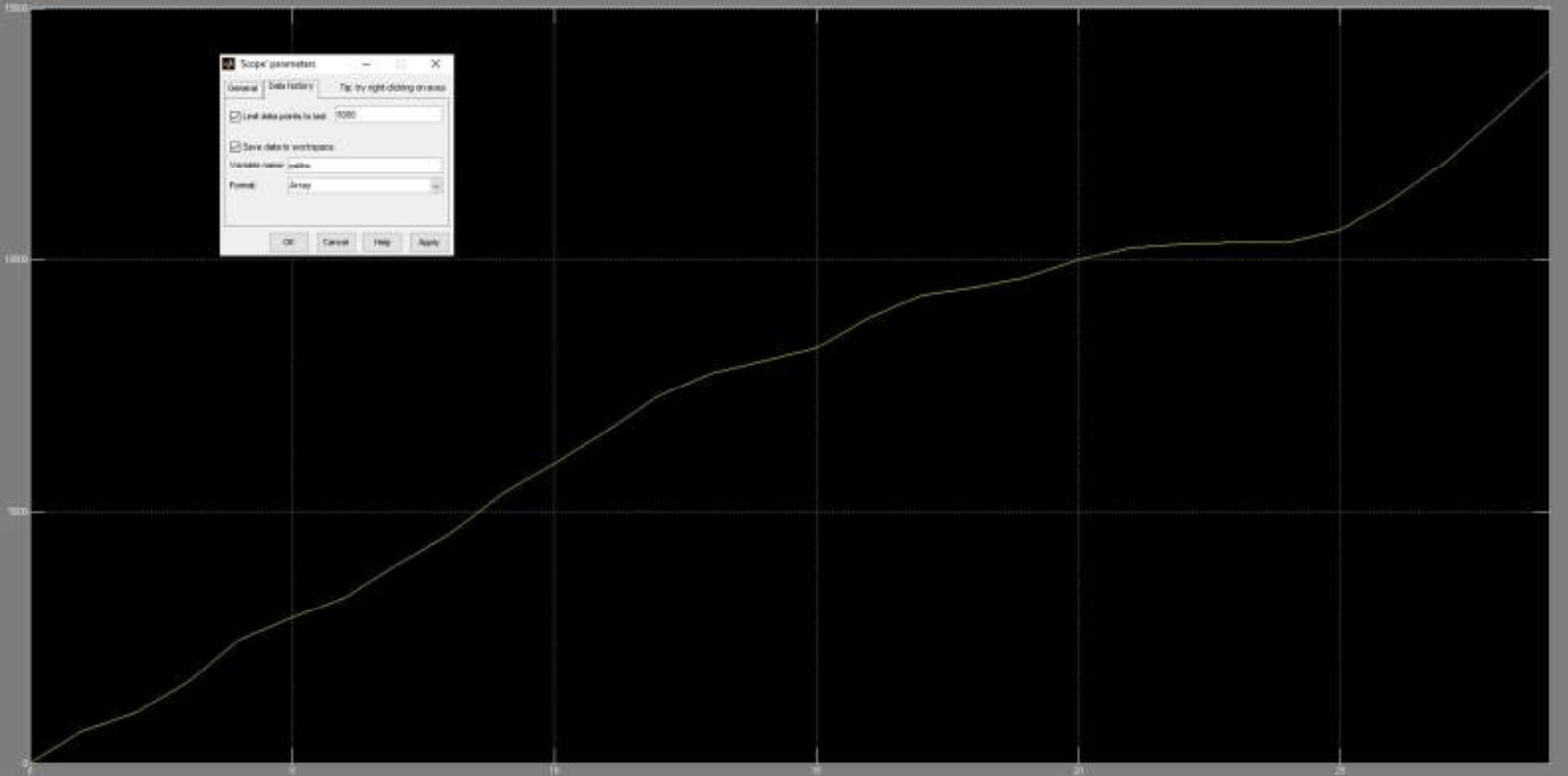
Buttons:



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



Scope parameters

General | Data history | Tip: try right-clicking on axes

Limit data points to last: 1000

Save data to workspace

Variable name:

Format:

OK Cancel Help Apply



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 globalnog Ekološkog otiska (kao zavisne promenjive – izlazne veličine modela - Y) u funkciji: godišnje proizvodnje električne energije iz uglja – X1; godišnje proizvodnje električne energije iz hidro izvora – X2; godišnje proizvodnje električne energije iz prirodnog gasa – X3; godišnje proizvodnje električne energije iz nuklearnih izvora – X4; godišnje proizvodnje električne energije iz nafte – X5; godišnje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora – X6.
 - Podaci o godišnjoj proizvodnji energije – iz različitih izvora, dostupni su na: <https://ourworldindata.org/energy-mix>
 - Podaci o ekološkom otisku, na globalnom nivou, dostupni su na: https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.183424358.1978748646.1660036586-1186613510.1660036586#/compareCountries?type=EFCpc&cn=5001&yr=2014
 - Podaci o broju stanovnika – svetskoj populaciji, na: <https://www.worldometers.info/world-population/#table-historical>



Predviđanje i prognoziranje

- Podaci o vrednostima (X1-X6, Y) preuzeti su za period 1971-2019. godine, na godišnjem nivou. Deskriptivna statistika podataka je:

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
X1_EI_prod_coal_PWh	49	30,33	44,11	37,1501	3,98682
X2_EI_prod_hydro_PWh	49	9,83	20,29	16,7584	2,59685
X3_EI_prod_nat_gas_PWh	49	7,60	39,29	16,6161	8,63586
X4_EI_prod_nuc_sources_PWh	49	2,00	17,59	11,8450	4,77205
X5_EI_prod_oil_PWh	49	28,21	53,62	40,9558	6,94780
X6_EI_prod_ren_sources_PWh	49	,25	8,09	1,9672	2,06858
Y_total_EF	48	10401560000	21138122181	1,54E10	3,313E9
Valid N (listwise)	48				



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 sve promenjive. 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

		X1_EI_prod_ coal	X2_EI_prod_ hydro	X3_EI_prod_ nat gas	X4_EI_prod_ nuc sources	X5_EI_prod_ oil	X6_EI_prod_ ren sources	Y total EF
N		44	44	44	44	44	44	44
Normal Parameters ^{a, b}	Mean	36,4090	17,5058	14,3051	12,4323	10,6029	1,4539	1,49E10
	Std. Deviation	3,49604	1,38587	5,41786	4,68600	5,14480	1,41251	3,040E9
Most Extreme Differences	Absolute	,156	,147	,202	,146	,165	,209	,102
	Positive	,091	,147	,202	,135	,165	,209	,102
	Negative	-,156	-,122	-,109	-,146	-,116	-,196	-,087
Kolmogorov-Smirnov Z		1,038	,975	1,337	,969	1,092	1,388	,673
Asymp. Sig. (2-tailed)		,232	,298	,056	,305	,184	,042	,755

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. Eventualni problem kod modela može se javiti kod promenjive X6

- Sledeći parametar koji se može koristiti za anлізу mogućnosti primene linearne metode modelovanja je analiza koralcionih koeficijenata. Kako je dokazana normalnost skupa, 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

		X1_EI_prod_coal_PWh	X2_EI_prod_hydro_PWh	X3_EI_prod_nat_gas_PWh	X4_EI_prod_nuc_sources_PWh	X5_EI_prod_oil_PWh	X6_EI_prod_ren_sources_PWh	Y total EF
X1_EI_prod_coal_PWh	Pearson Correlation	1	-,812**	,904**	,311*	,935**	,833**	,942**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,030	,000	,000	,000
	N	49	49	49	49	49	49	48
X2_EI_prod_hydro_PWh	Pearson Correlation	-,812**	1	-,907**	,071	-,844**	-,857**	-,804**
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,630	,000	,000	,000
	N	49	49	49	49	49	49	48
X3_EI_prod_nat_gas_PWh	Pearson Correlation	,904**	-,907**	1	-,048	,913**	,920**	,892**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,741	,000	,000	,000
	N	49	49	49	49	49	49	48
X4_EI_prod_nuc_sources_PWh	Pearson Correlation	,311*	,071	-,048	1	,168	-,147	,217
	Sig. (2-tailed)	,030	,630	,741		,248	,314	,139
	N	49	49	49	49	49	49	48
X5_EI_prod_oil_PWh	Pearson Correlation	,935**	-,844**	,913**	,168	1	,883**	,985**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,248		,000	,000
	N	49	49	49	49	49	49	48
X6_EI_prod_ren_sources_PWh	Pearson Correlation	,833**	-,857**	,920**	-,147	,883**	1	,906**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,314	,000		,000
	N	49	49	49	49	49	49	48
Y_total_EF	Pearson Correlation	,942**	-,804**	,892**	,217	,985**	,906**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,139	,000	,000	
	N	48	48	48	48	48	48	48

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

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Samo X4 nema statističkog značaja u korelaciji sa Y, pošto je Sig. (2-tailed) > 0.05 samo za ovu promenjivu



Predviđanje i prognoziranje

- Navedeno se potvrđuje i faktorskom analizom, jer se jedino promjenjiva X4 izdvaja kao zasebni faktor, dok su ostale nezavisne promjenjive u istoj faktorskoj grupi. Faktorska analiza u SPSS-u se pokreće preko: Analyze → Dimension Reduction → Factor. Rezultati faktorske analize:

Component Matrix^a

	Component	
	1	2
X1_EI_prod_coal_PWh	,946	,268
X2_EI_prod_hydro_PWh	-,927	,143
X3_EI_prod_nat_gas_PWh	,975	-,103
X4_EI_prod_nuc_sources_PWh	,058	,994
X5_EI_prod_oil_PWh	,964	,123
X6_EI_prod_ren_sources_PWh	,942	-,209

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. 2 components extracted.



Predviđanje i prognoziranje

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

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,996 ^a	,992	,991	3,078E8

a. Predictors: (Constant), X6_EI_prod_ren_sources_PWh, X4_EI_prod_nuc_sources_PWh, X2_EI_prod_hydro_PWh, X3_EI_prod_nat_gas_PWh, X5_EI_prod_oil_PWh, X1_EI_prod_coal_PWh

b. Dependent Variable: Y_total_EF

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-1,320E10	1,754E9		-7,527	,000
	X1_EI_prod_coal_PWh	3,936E8	5,595E7	,464	7,035	,000
	X2_EI_prod_hydro_PWh	7,350E7	4,134E7	,054	1,778	,083
	X3_EI_prod_nat_gas_PWh	-1,544E8	2,470E7	-,376	-6,251	,000
	X4_EI_prod_nuc_sources_PWh	-6,753E7	2,049E7	-,097	-3,296	,002
	X5_EI_prod_oil_PWh	3,772E8	2,257E7	,771	16,716	,000
	X6_EI_prod_ren_sources_PWh	3,801E8	7,419E7	,216	5,123	,000

a. Dependent Variable: Y_total_EF

Jednačina modela bi, na osnovu MLRA bila:

$$Y = -1.32 \times 10^{10} + 3.936 \times 10^8 * X1 + 7.35 \times 10^7 * X2 - 1.544 \times 10^8 * X3 - 6.753 \times 10^7 * X4 + 3.772 \times 10^8 * X5 + 3.801 \times 10^8 * X6$$

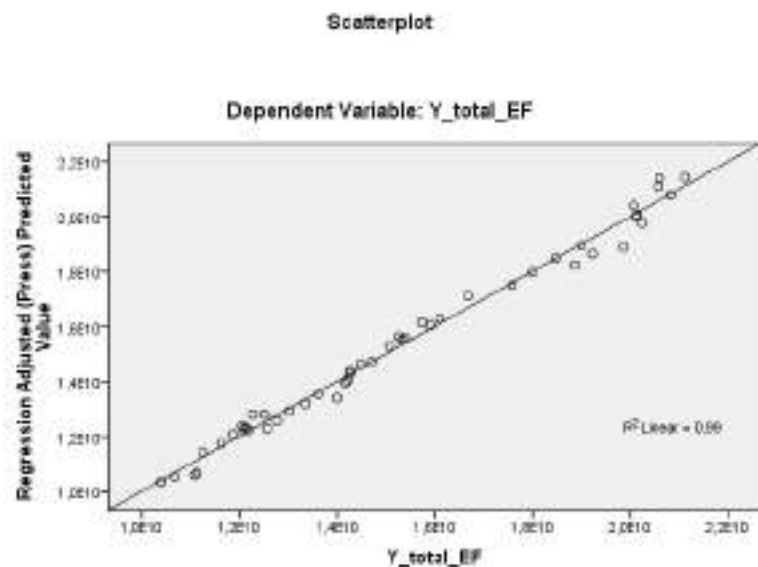


Predviđanje i prognoziranje

- 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)	-1.319E10	1.754E9		-7.519	.000		
	X1_EI_prod_coal_PWh	3.934E8	5.594E7	.464	7.032	.000	.042	23.700
	X2_EI_prod_hydro_PWh	7.318E7	4.133E7	.054	1.771	.084	.196	5.106
	X3_EI_prod_nat_gas_PWh	-1.544E8	2.470E7	-.376	-6.254	.000	.051	19.675
	X4_EI_prod_nuc_sources_PWh	-6.740E7	2.048E7	-.097	-3.290	.002	.211	4.734
	X5_EI_prod_oil_PWh	3.771E8	2.256E7	.771	16.715	.000	.086	11.574
	X6_EI_prod_ren_sources_PWh	3.805E8	7.416E7	.217	5.131	.000	.103	9.709

a. Dependent Variable: Y_total_EF



Predviđanje i prognoziranje

- Sam SPSS ima i opciju predviđanja, na osnovu baze podataka koja je kreirana za prethodni period. Primena ove opcije biće predstavljena na istom primeru.
- Predviđanje u SPSS-u se pokreće preko opcije: Analyze → Forecasting
- Kada se na određenoj bazi podataka prvi put primenjuje ovaj alat, bira se opcija Analyze → Forecasting → Create Models
- SPSS nudi dve opcije za predviđanje: Expert Modeler (gde sam softver bira najoptimalniju metod predviđanja) i ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average – koja je nadogradnja opisane metode pokretnih proseka).
- U tabu SAVE treba odabrati mesto na kome će biti sačuvan model, kako bi kasnije mogao da se koristi. Takođe, moguće je čekirati opciju da se sačuvaju predviđene vrednosti (save – Predicted Values) u istoj bazi podataka u kojoj su i polazne izmerene vrednosti.
- Kada se prvi put pokrene opcija Forecasting – SPSS će tražiti da se definiše prva godina za koju postoje izmereni podaci. U razmatranom slučaju to je 1971. Softver će automatski napraviti niz ostalih godina sve do 2018. pošto je to poslednja godina za koju postoje izmereni podaci.
- Takođe, kod podešavanja predviđanja, u Tabu Options - može se uneti period za koji želimo da softver uradi predikciju. U ovom slučaju odabrana je 2025. godina kao krajnji period.

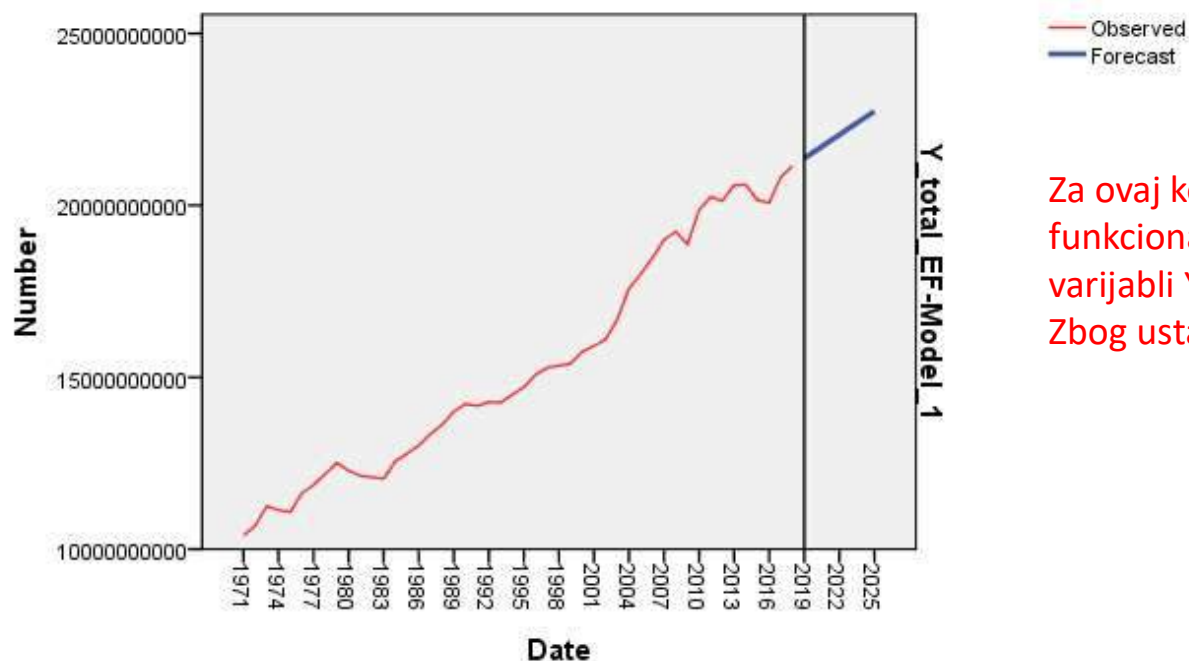


Predviđanje i prognoziranje

Forecast

Model		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Y_total_EF-Model_1	Forecast	21366559674	21594997167	21823434661	22051872154	22280309647	22508747140	22737184633
	UCL	21966447228	22443366283	22862470383	23251647262	23621698997	23978165551	24324337917
	LCL	20766672120	20746628052	20784398938	20852097045	20938920297	21039328729	21150031350

For each model, forecasts start after the last non-missing in the range of the requested estimation period, and end at the last period for which non-missing values of all the predictors are available or at the end date of the requested forecast period, whichever is earlier.

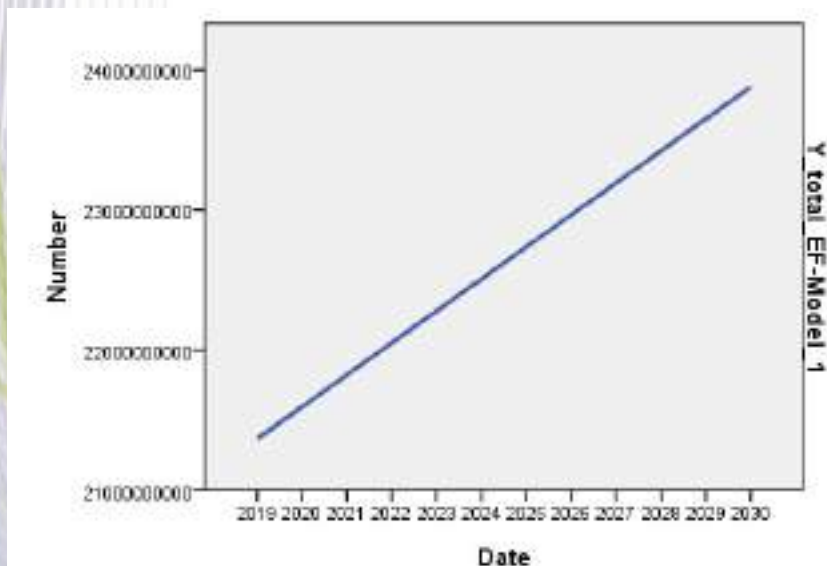


Za ovaj konkretni slučaj, dobija se funkcionalni model samo za zavisnost varijabli $Y = f(X1-X3)$.
Zbog ustanovljene multikolinearnosti



Predviđanje i prognoziranje

- Takođe, jednom kreiran model, može se koristiti za nove predikcije. Tada se koristi opcija: Analyze → Forecasting → Apply Models.
- Tada se odabere model koji je prethodno kreiran i konačna godina do koje se želi da uradi predikcija zavisne varijable (izlaza modela). U ovom slučaju odabrana je 2030. godina. Dobijeni rezultati su:



Svakako, treba imati u vidu da se sa dužim intervalima predviđanja smanjuje tačnost. Tako da ne treba preterivati sa dužinom perioda za predikciju.