Planiranje elektroenergetskih sistema

2. Prognoza potrošnje

Prognoza potrošnje

- **Prognoza potrošnje je aktivnost predviđanja razvoja potreba potrošača električne energije u budućnosti**, uz korišćenje posebnih matematičkih postupaka, čiji je rezultat odgovarajuća objektivna procena budućih potreba energije i snage sa dovoljno kvantitativnih detalja.
- Ona predstavlja jednu od osnovnih aktivnosti u procesu planiranja razvoja i eksploatacije u svakom elektroenergetskom sistemu.
- U procesu planiranja dugoročnog razvoja elektroenergetskog sistema prognoza potrošnje predstavlja prvi korak, koji prethodi planiranju razvoja izvora i prenosne mreže.
- Razvoj potrošnje električne energije podleže određenim zakonitostima i predvidiv je, jer su potrebe potrošača direktno ili indirektno vezane za čitav niz uticajnih faktora (koji su poznati ili se mogu proceniti u procesu prognoze), kao što su:
  - ostvareni trend porasta potrošnje u prošlosti,
  - opšta ekonomska i socijalna situacija,
  - vremenske prilike,
  - komplementarnost sa potrošnjom ostalih vrsta energije itd.

- Većina **uticajnih faktora** zavisi od niza promenljivih slučajnog karaktera. Jasno je da sva predviđanja potrošnje električne energije u budućnosti u sebi nose mnogo neizvesnosti.
- Važno da se prognoza potrošnje s vremena na vreme aktualizuje, uzimajući pri tome u obzir nova saznanja i zapažene promene u tendenciji razvoja potrošnje.
- Preciznost prognoze veoma je značajna, jer ona **diktira vreme, veličinu i ostale karakteristike objekata koje treba izgraditi u sistemu**.

Posledice neostvarene prognoze potrošnje

1. **Kada je ostvarena potrošnja veća od prognozirane potrošnje**
   To ima za posledicu neuspeh u planiranju dovoljne generatorske rezerve, kao i neophodnost angažovanja skupljeg uvoza ili skuplje proizvodnje iz vršnih elektrana.
2. **Kada je ostvarena potrošnja manja od prognozirane potrošnje**
   To znači da je došlo do predimenzionisanja ukupne snage izvora i velikih investicija ranije nego što je to bilo nužno.

- Prognoza potrošnje može se posmatrati kao problem koji daje rešenje u vremenu, za određeni period ili horizont u budućnosti.
- Istovremeno, to je problem za koji se može tražiti i rešenje u prostoru, tj. geografski (ili prostorni) raspored prognozirane potrošnje u nekom tačno definisanom periodu razvoja određenog elektroenergetskog sistema.

- **Prognoziraju se tri osnovne veličine koje opisuju potrošnju električne energije:**

    1. potreba sistema u električnoj energiji;
    2. maksimalna (vršna) i minimalna opterećenja;
    3. kompletna (normalizovana) krive trajanja opterećenja.

- Tako na primer, za planiranje izgradnje elektrana potrebna je prognoza potrošnje električne energije i vršnog opterećenja za ceo EES, kao i prognoza krive trajanja opterećenja.

- U studijama razvoja prenosne mreže, mora se raspolagati sa prognozama vršnih i minimalnih (aktivnih i reaktivnih) opterećenja u svim čvorovima.

- U studijama razvoja distributivnih mreža, potrošnja se mora razložiti na još finije i manje blokove, do nivoa distributivnih napojnih vodova, ili sitnih distributivnih potrošača.

- **Tri glavne kategorije prognoze potrošnje u zavisnosti od posmatranog vremenskog horizonta su:**

1. **Kratkoročna prognoza,** sa horizontom od jednog dana do jedne sedmice i satnom vremenskom diskretizacijom.
2. **Srednjeročna prognoza**, sa horizontom do pet godina, sa nedeljnom ili mesečnom vremenskom diskretizacijom.
3. **Dugoročna prognoza**, sa horizontom od 5 do 30 godina sa godišnjom vremenskom diskretizacijom.

1. Kratkoročna prognoza, sa horizontom od jednog dana do jedne sedmice i satnom vremenskom diskretizacijom.

-Neophodna je pri rešavanju problema vezanih za dnevno i nedeljno planiranje rada elektroenergetskih sistema:

- izrada programa rada elektrana,
- planiranje razmene električne energije,
- određivanje operativne rezerve,
- proračuni pouzdanosti i sigurnosti itd.

- Ovaj tip prognoze karakteriše eksploataciju elektroenergetskih sistema, pa se neće detaljnije razmatrati.

2. Srednjeročna prognoza, sa horizontom do pet godina, sa nedeljnom ili mesečnom vremenskom diskretizacijom.

-Neophodna je pri rešavanju problema vezanih za:

- srednjeročno operativno planiranje
- simulaciju mesečnog i godišnjeg rada elektroenergetskog sistema.

(mesečni i godišnji bilansi, izrada planova rasporeda remonata, zamene goriva u nukleamim termoelektranama, punjenje i pražnjenje akumulacija hidroelektrana, razmene garantovanih količina električne energije, nabavke goriva, studije sigurnosti, ekonomske analize poslovanja itd.).

-Ova prognoza predstavlja sponu između eksploatacije i planiranja razvoja EES-a.

3. Dugoročna prognoza, sa horizontom od 5 do 30 godina sa godišnjom vremenskom diskretizacijom.

-Neophodna je pri rešavanju problema:

- dugoročnog planiranja investicija, odnosno izgradnje sistema,
- posebno pri izradi plana izgradnje novih, ili proširenja postojećih, proizvodnih i prenosnih kapaciteta.

- Potrošnja se može prognozirati na nekoliko nivoa. To su prognoze:
  - na generatoru (bruto potrošnja sistema);
  - na pragu generatora (elektrane);
  - na pragu prenosa;
  - na pragu distribucije;
  - na pragu potrošača (neto-potrošnja).

- Razlike u tim prognozama pojavljuju se zbog načina uračunavanja, ili izostavljanja, sopstvene potrošnje elektrana i gubitaka u mreži u prognozi ukupnih potreba.

- Za planiranje potreba sistema u električnoj energiji, vršnih i/ili minimalnih opterećenja, odnosno kompletne krive trajanja opterećenja, koriste se veoma slične metode **u domenu dugoročne i srednjeročne prognoze**.

- **Ove metode mogu se svrstati u sledece tri kategorije:**
  - kvalitativne metode;
  - nezavisne (ekstrapolacione) metode;
  - zavisne (korelacione) metode.

- Dok su kvalitativne metode uglavnom opisnog karaktera i dosta neprecizne, nezavisne i zavisne metode (koje zajednički čine grupu kvantitativnih metoda) koriste matematičke modele i daju preciznije podatke o budućim potrebama.

- S druge strane, metode za **kratkoročno planiranje** potrošnje u eksploataciji EES-a međusobno se razlikuju po tome da li uključuju :
  - postupke koji uvažavaju i meteorološke (vremenske) informacije;
  - postupke koji koriste jedino podatke o potrošnji u prošlosti.

- U dugoročnim kvantitativnim modelima prognoze potrošnje koriste se razne tehnike predviđanja (ekstrapolacija, korelacija i njihova kombinacija) i različiti postupci proračuna (deterministički i probabilistički).

- Bez obzira na izabrani metod prognoze, sam postupak predviđanja u svim modelima za prognozu potrošnje može se svesti na sledeće korake:
  1. specifikacija problema;
  2. analiza ostvarenja iz prošlosti;
  3. izbor metoda i analiza uticajnih faktora;
  4. proračun budućih trendova u potrošnji (trend je relativni priraštaj posmatrane promenljive između dva uzastopna vremenska intervala) i specifikacija matematičkog modela za rešenje problema;
  5. analiza rezultata proračuna i konačna ocena budućih potreba;
  6. analiza osetljivosti rešenja na promene pojedinih parametara modela prognoze.

METODE ZA DUGOROČNU PROGNOZU POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE I SNAGE

❖ Dugoročna prognoza potrošnje električne energije i snage je prvi i osnovni korak koji se preduzima u procesu planiranja razvoja EES-a.

❖ Ukupna potrošnja energije sastoji od više različitih kategorija i sektora potrošnje, čije se karakteristike međusobno razlikuju.
- Pri dugoročnoj prognozi potrošnje ona se mora razdvojiti i posebno sprovesti za sve komponente, da bi se onda ukupna prognozirana potrošnja sistema za pojedine godine u budućnosti dobila objedinjavanjem odgovarajućih prognoza po pojedinim komponentama.

❖ Razdvajanje potrošnje obično se vrši po kategorijama, ili sektorima potrošnje.

U važećem Tarifnom sistemu za prodaju električne energije u Srbiji razlikuju se sledeće kategorije potrošača:

- Domaćinstva
- Industrija, zanatstvo i trgovina
- Poljoprivreda
- Komunalna potrošnja
- Saobraćaj
- Ostala potrošnja

- Sa druge strane, u dokumentu OECD/IEA* i Evropske komisije iz 2004. godine, potrošnja se razvrstava u pet sektora:
  - Domaćinstva
  - Komercijalna i javna potrošnja
  - Industrija
  - Saobraćaj
  - Poljoprivreda
- Prognoza potrošnje u sektorima industrije, saobraćaja i komercijalne potrošnje vezuje se za planove razvoja tih privrednih sektora, gde se moraju konsultovati odgovarajuće odgovorne institucije (ministarstva industrije i saobraćaja, privredna komora, preduzeća iz tih sektora itd.).
  - Dugoročne prognoze za ova tri sektora mogu se u odnosu na planove dugoročnog razvoja razlikovati samo u vremenskoj dinamici realizacije planova i geografskoj lokaciji novih potrošača.
  - Prognostički modeli za te sektore jednostavni i deterministicki.
- Široka potrošnja (u kojoj dominira potrošnja u domaćinstvima) sa gledišta prognoze je najinteresantniji sektor i svi modeli koji će biti analizirani odnose se na taj sektor (ili na ukupnu potrošnju elektroenergetskog sistema, kada je taj sektor dominantan).

**Organizacija za ekonomsku saradnju i razvoj (OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development), IEA (International Energy Agency)*

- Metode za dugoročnu prognozu gubitaka u mreži nisu posebno razrađeni.
- Gubici u mrežama mogu se pridružiti sektoru široke potrošnje, ili se prognoziraju kao odgovarajuća funkcija od neto-potrošnje (za gubitke u distribucijama), odnosno od potrošnje na pragu prenosa električne energije (za gubitke u prenosu).
- U velikim elektroenergetskim sistemima potrošnja po kategorijama ili sektorima se prvo objedinjuje na nivou pojedinih regiona, a zatim na nivou celog EES-a.

- Postoje postoje dva tipa prognostičkih modela, baziranih na podacima iz prošlosti:

  - prvi je "odozgo na dole" ("Top-Down"), a
  - drugi "odozdo na gore" ("Bottom-Up").

- U prvom slučaju se svi potrošači objedinjuju u jedno jedino sistemsko opterećenje, za koje se vrši globalna prognoza, a
  - u drugom ona se sprovodi po različitim komponentama (na primer, po kategorijama ili sektorima), koje se na kraju objedinjuju za ceo elektroenergetski sistem.

KVALITATIVNE METODE

- Kvalitativne metode ne koriste matematičke modele, već vrše prognozu potrošnje električne energije putem:
  - anketiranja eksperata, ili merodavnih faktora i ponderisanja njihovih mišljenja;
  - analogijom sa razvojem potrošnje električne energije u zemljama koje su u prethodnom periodu prošle kroz sličnu fazu razvoja.

- Ove metode su još uvek široko u primeni, bilo kao samostalne, ili udružene sa drugim metodama prognoze.

- Zasnovane su na ljudskom rasuđivanju i nedostatak im je što su subjektivne.

- Ove metode koriste preimućstva ljudske intuicije, pa mogu uključiti i informacije koje se matematički teško mogu kvantifikovati.

NEZAVISNE (EKSTRAPOLACIONE) METODE

- Ove metode koriste podatke o ostvarenoj potrošnji energije i snage u prošlosti i njihovom ekstrapolacijom procenjuju potrebe u budućnosti, nezavisno od drugih uticaja.

- Tehnika prognoziranja sastoji se u analizi vremenskog razvoja potrošnje električne energije ili opterećenja u prošlosti, u cilju otkrivanja ponašanja potrošača i u njihovoj ekstrapolaciji u budućnost preko odgovarajućeg matematičkog modela.

- U zavisnosti od toga da li se neizvesnosti u pogledu potrošnje električne energije uzimaju u obzir ili ne, ove metode mogu biti:

    - determinističkog karaktera (bazirane na analizi vremenskih nizova);
    ili
    - probabilističkog karaktera.

DETERMINISTIČKI MODELI

- Determinističke metode zasnivaju se na modelima vremenskog niza. Posmatranjem potrošnje električne energije registrovane u prošlosti, pretpostavlja se (bira) njena određena funkcionalna zavisnost od vremena. Ekstrapolacijom u budućnost, funkcija daje prognozu.

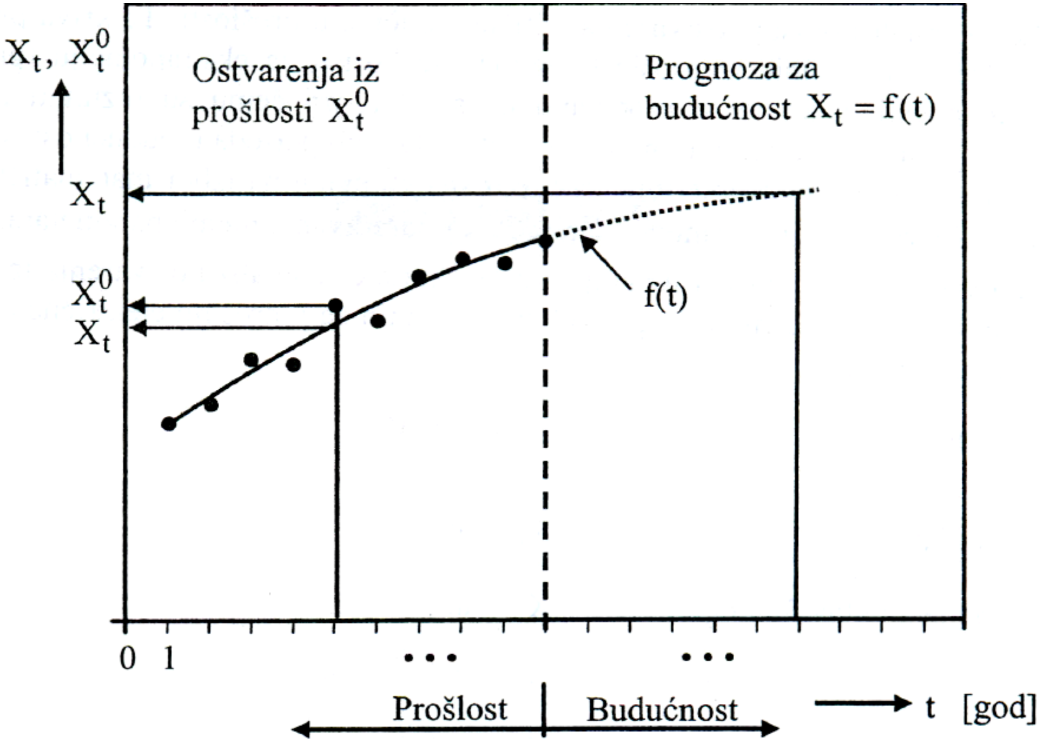
- Pri primeni determinističkih modela polazi se od činjenice da analiza razvoja potrošnje električne energije (i opterećenja) u prošlosti pokazuje da ona stalno raste. Tako da se nameće logičan zaključak da će se takav, ili sličan rast nastaviti i u budućnosti.

- Zato se kod nezavisnih metoda prognoze problemi predviđanja buduće potrošnje svode na određivanje porasta potrošnje u razmatranom periodu.

- Sam postupak prognoze iz kategorije determinističkih modela vremenskih nizova počinje crtanjem disperzionog dijagrama ostvarenja razmatrane karakteristične veličine (utrošena energija, vršno ili minimalno opterećenje) iz prošlosti X_t^0.

- Zatim se sprovodi analiza, radi pronalaženja funkcionalne zavisnosti $X_t = f(t)$, koja na najbolji način (u matematičkom smislu) opisuje ostvarenja posmatrane veličine u prošlosti.
- Ta kriva provučena kroz diskretne tačke ostvarenja iz prošlosti, takođe se koristi za ekstrapolaciju (prognozu) potrošnje u budućnosti.
- Rezultati prognoze su pouzdaniji ako je period osmatranja u prošlosti znatno duži od perioda u budućnosti za koji se vrši prognoza.

Sl. 1. *Ilustracija prognoze produženjem u budućnost izabrane krive veličine [$X_t = f(t)$] za predstavljanje potrosnje u proslosti (X_t^0)*



- Problem prognoze u suštini svodi na izbor matematičke forme funkcije koja karakteriše prognoziranu veličinu (X_t) i određivanje njenih parametara.
- Funkcionalne zavisnosti koje su najčešće u primeni:

– Polinom:	$X_t = \sum_i \beta_i t^i$;	(1)
– Parabola:	$X_t = at^b$;	(2)
– Eksponencijalna funkcija:	$X_t = ae^{bt}$;	(3)
(ili:	$X_t = ae^{bt+ct^2}$);	(4)
– Inverzna logaritamska funkcija:	$X_t = ae^{b/t}$;	(5)
– Logaritamska prava:	$\log X_t = a + bt$;	(6)
– Logaritamska parabola:	$\log X_t = a + bt + ct^2$;	(7)
– Logistička funkcija:	$X_t = \frac{a}{1+be^{-ct}}$;	(8)
(ili:	$\log X_t = \frac{a}{1+be^{-ct}}$);	(9)
– Gompertzova kriva:	$X_t = ae^{bc^t}$.	(10)

- U navedenim funkcionalnim zavisnostima t je vreme, a X_t (snaga, energija, ili logaritam ovih veličina) vrednost funkcije $X_t = f(t)$ u diskretnom trenutku t, dok su β_i, a, b i c nepoznati koeficijenti, koje treba odrediti.
- Pošto je iskustvo pokazalo da postoje i periodi obuzdavanja rasta potrošnje električne energije (pojava stagnacije u rastu poznata je u teorijama razvoja društvene zajednice od davnina), primenjuju se funkcionalne zavisnosti razvijene u ovim teorijama.
- Gompertz-ova kriva kao i logistička funkcija, obe takozvane s-krive, omogućavaju simulaciju prelaska iz trenda u trend (usporeno - ubrzano - usporeno), tako da su na raspolaganju sve mogućnosti.
- Logaritamskom parabolom, na primer, može se simulirati prelazak iz rasta u stagniranje i opadanje.
- U skupu funkcija (1)-(10), logaritamske funkcije (6) i (7) predstavljaju transformisane eksponencijalne funkcije (3) i (4), respektivno, ali se vrednosti nepoznatih koeficijenata u njima razlikuju od koeficijenata koji se javljaju u originalnim funkcijama (3) i (4).

❖Za određivanje konstanti analitičkih funkcija (1)-(10), primenjuje se metoda **minimuma sume kvadrata odstupanja**.

- Za izabranu analitičku funkciju formira se suma kvadrata odstupanja raspoloživih podataka X_t^0 od pretpostavljene funkcije X_t, u diskretnim vremenskim trenucima t = 1,2, ... , T iz prošlosti. Ova suma definisana je izrazom:

$$\varepsilon_t(\beta_i, a, b, c) = \sum_{t=1}^{T}(X_t - X_t^0)^2 \quad \text{ili} \quad \varepsilon_t(\beta_i, a, b, c) = \sum_{t=1}^{T}(\log X_t - \log X_t^0)^2 \qquad (11)$$

gde su nepoznate veličine parametri funkcije X_t - β_i, a, b, c.

- Najbolja funkcija X_t, koja opisuje raspoložive podatke iz proslosti X_t^0 (za t = 1,2, ... ,T) je ona funkcija kod koje je suma kvadrata odstupanja realizacija u prošlosti **minimalna.**
- Ovaj minimum nalazi se tako što se prvi parcijalni izvodi od ε_t po nepoznatim parametrima β_i, a, b i c izjednače sa nulom:

$$\frac{\partial \varepsilon_t(\beta_i, a, b, c)}{\partial \beta_i} = 0; \quad \frac{\partial \varepsilon_t(\beta_i, a, b, c)}{\partial a} = 0;$$
$$\frac{\partial \varepsilon_t(\beta_i, a, b, c)}{\partial b} = 0; \quad \frac{\partial \varepsilon_t(\beta_i, a, b, c)}{\partial c} = 0. \qquad (12)$$

- Na ovaj način dobija se onoliko jednačina, koliko ima nepoznatih parametara β_i, a, b i c u analitičkoj funkciji X_t ,

- Kao zaključak, može se reći da se nezavisni deterministički modeli prognoze zasnivaju na predstavljanju vremenske krive razvoja potrošnje (odnosno maksimalnog ili minimalnog opterećenja) iz prošlosti nekom analitičkom funkcijom, čiji su najčešci oblici dati izrazima (1)-(10).

- Subjektivni aspekt ovih metoda prognoziranja manifestuje se u relativno slobodnom izboru oblika analitičke funkcije, koja će preslikati ostvarenja iz proslošti na budućnost.
- Iz tog razloga neophodno je da se posle izvršene prognoze sprovede provera kvaliteta iste.

- Ovi modeli se **ne mogu** primeniti u slučajevima kada su se u prošlosti događali veliki poremećaji ostvarene potrošnje u pojedinim godinama (na primer, u ratnim godinama, godinama ekonomske krize i sl.), koji bi mogli imati veliki uticaj na parametre izabranog prognostičkog modela.

❖Procena kvaliteta prognoze može se izvršiti pomoću srednje-kvadratne greške (standardne devijacije) ostvarenih potrošnji:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\varepsilon_t(\beta_i, a, b, c)}{T}} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{T}(X_t - X_t^0)^2}{T}} \qquad (13)$$

- Smatra se da je prognoza "dobra", ako je vrednost srednje-kvadratnog odstupanja (13) "mala", a suprotno da "nije dobra", ako je ta vrednost "velika", pri čemu se prag za granicu između "malih" i "velikih" vrednosti σ mora unapred definisati.

- U slučaju kad prognoza ne zadovolji pretpostavljeni kriterijum potrebno je preći na neku drugu funcionalnu zavisnost.

Logaritamska prava

❖ Predviđanje po logaritamskoj pravoj:

– Logaritamska prava: $\log X_t = a + bt$

- Ono se bazira na pretpostavci da će se razvoj u budućnosti nastaviti istim trendom (sa istom godišnjom stopom porasta), koji je ostvaren u prošlosti.

- Ako se pretpostavi da je taj porast konstantan i jednak srednjem godišnjem porastu u prošlosti ($p_t = p_{sr} = const$), onda se potrošnja u nekom vremenskom periodu od t godina, može opisati logaritamskom pravom čija je forma svedena na oblik:

$$X_t = X_0(1 + p_{sr})^t \tag{14}$$

gde je X_0 - potrošnja na početku posmatranog razdoblja (godina t = 0), a
p_{sr} - srednja (konstantna) godišnja stopa porasta (trend) potrošnje električne energije za celo posmatrano razdoblje u budućnosti.

❖Relacija (14) operacijom logaritmovanja može se predstaviti i u formi logaritamske prave:

$$X'_t = \log X_t = \log X_0 + t\log(1+p_{sr}) = a + bt \qquad (15)$$

gde su:

$$a = \log X_0\,;\ b = \log(1+p_{sr})\,. \qquad (16)$$

- Godišnji porast potrošnje p_t koji se dobija iz odnosa između potrošnje u dve uzastopne godine (t i (t-1)):

$$1+p_t = \frac{X_t}{X_{t-1}} = \frac{X_0(1+p_{sr})^t}{X_0(1+p_{sr})^{t-1}} = 1+p_{sr}\,; \quad p_t = p_{sr} \qquad (17)$$

❖Za određivanje potrošnje električne energije u budućnosti na osnovu potrošnje ostvarene u prošlosti, treba odrediti konstante a i b u jedn. (15), uz uslov da se postigne minimalna vrednost zbira kvadrata prikazana relacijom (18).

$$\min_{a,b}\{\varepsilon_t(a,b)\} = \min_{a,\,b}\left\{\sum_{t=1}^{T}\left[(a+bt)-\log X_t^0\right]^2\right\} \tag{18}$$

gde je T broj godina (podataka) iz prošlosti koje se razmatraju radi određivanja potrošnje električne energije u budućnosti, a X_t^0 ostvarena (poznata) potrošnja u proslošti u godinama t = 1, 2, ..., T.

❖Minimum funkcije ε_t (a, b) dobija se :

$$\frac{\partial \varepsilon_t(a,b)}{\partial a} = 2\sum_{t=1}^{T}\left[(a+bt)-\log X_t^0\right] = 0; \tag{19.a}$$

$$\frac{\partial \varepsilon_t(a,b)}{\partial b} = 2\sum_{t=1}^{T}\left[(a+bt)-\log X_t^0\right]t = 0. \tag{19.b}$$

❖ Posle sređivanja jednačina (19) dobija se sistem od dve linearne algebarske jednačine sa dve nepoznate (a i b):

$$aN + b\sum_{t=1}^{T} t - \sum_{t=1}^{T} \log X_t^0 = 0; \tag{20a}$$

$$a\sum_{t=1}^{T} t + b\sum_{t=1}^{T} t^2 - \sum_{t=1}^{T} t \log X_t^0 = 0. \tag{20b}$$

Stavljajući:

$$\sum_{t=1}^{T} t = S_1; \quad \sum_{t=1}^{T} \log X_t^0 = S_2;$$
$$\sum_{t=1}^{T} t^2 = S_3; \quad \sum_{t=1}^{T} t \log X_t^0 = S_4, \tag{21}$$

- sistem jednačina dobija oblik:

$$aN + bS_1 = S_2; \tag{22a}$$

$$aS_1 + bS_3 = S_4, \tag{22b}$$

- čije rešenje je:

$$a = \frac{\begin{vmatrix} S_2 & S_1 \\ S_4 & S_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} N & S_1 \\ S_1 & S_3 \end{vmatrix}} = \frac{S_2S_3 - S_1S_4}{NS_3 - S_1^2}; \tag{23}$$

$$b = \frac{\begin{vmatrix} N & S_2 \\ S_1 & S_4 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} N & S_1 \\ S_1 & S_3 \end{vmatrix}} = \frac{NS_4 - S_1S_2}{NS_3 - S_1^2}. \tag{24}$$

- U praktičnim proračunima zgodno je poslužiti se sistematizovanim postupkom prikazanim u tabeli 1.

Tab 1. Tabelarni postupak za proračun

Godina posmatranja	t	X_t^0	$\log X_t^0$	t^2	$t \log X_t^0$	$a+bt$	X_t	$X_t - X_t^0$	$(X_t - X_t^0)^2$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	1 2 ⋮ t–1 t t+1 ⋮ T–1 T			$(2)^2$	$(2)\cdot(4)$			$(8)-(3)$	$(9)^2$
	S_1		S_2	S_3	S_4	–	–		$\varepsilon_t = \sum_{t=1}^{T}(X_t - X_t^0)^2$

↑ Izračunato a i b

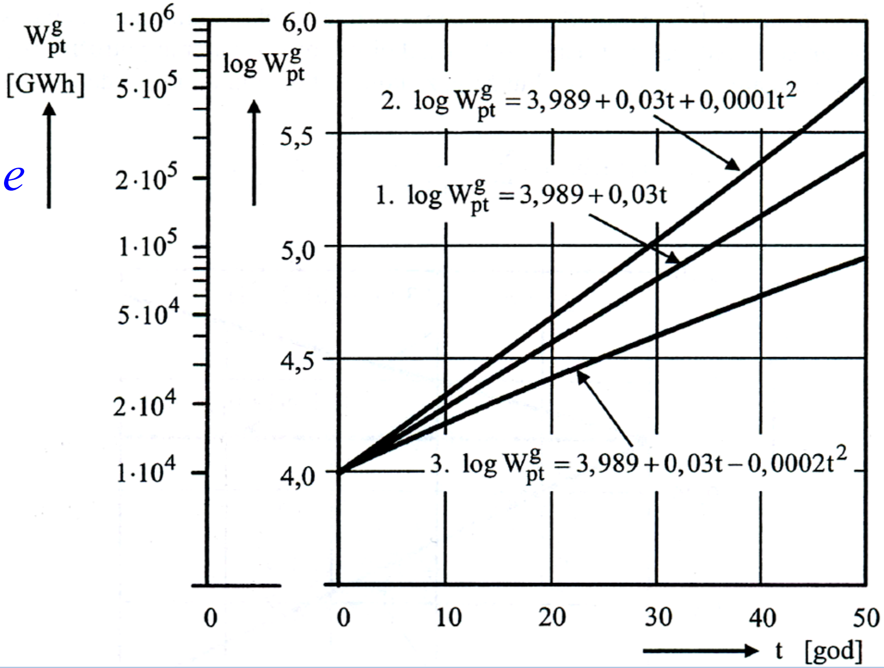
- Ocena kvaliteta prognoze može sprovesti preko proračuna srednje-kvadratnog odstupanja σ, primenom izraza (13).

Logaritamska parabola:

- Ako se logaritamskoj pravoj doda i kvadratni član, dobija se mogućnost simuliranja rasta ili opadanja.
- Ako rešenje daje c=0, opet se vraćamo na pravu.
- Ako je c≠0 za (c>0) dobijamo "zakrivlenje" naviše , što daje tendenciju rasta, ili naniže (c<0), što daje tendenciju pada.

– Logaritamska parabola: $$\log X_t = a + bt + ct^2 \qquad (25)$$

Sl.2. *Poređenje razvoja potrošnje električne energije prema: logaritamskoj pravoj (1.) i prema logaritamskoj paraboli [(2.) za c > 0 i (3.) za c < 0]*



Logaritamska parabola:

❖Ako se potrošnja električne energije menja prema logaritamskoj paraboli (25), godišnja stopa porasta potrošnje p_t nije konstantna. Ona se, po definiciji određuje pomoću odnosa potrošnji u dve uzastopne godine:

$$1 + p_t = \frac{X_t}{X_{t-1}} \qquad (26)$$

gde je p_t godišnja stopa porasta potrošnje u t-toj godini u odnosu na (t-1)-u godinu. Kada se izraz (26) logaritmuje, dobija se izraz (27).

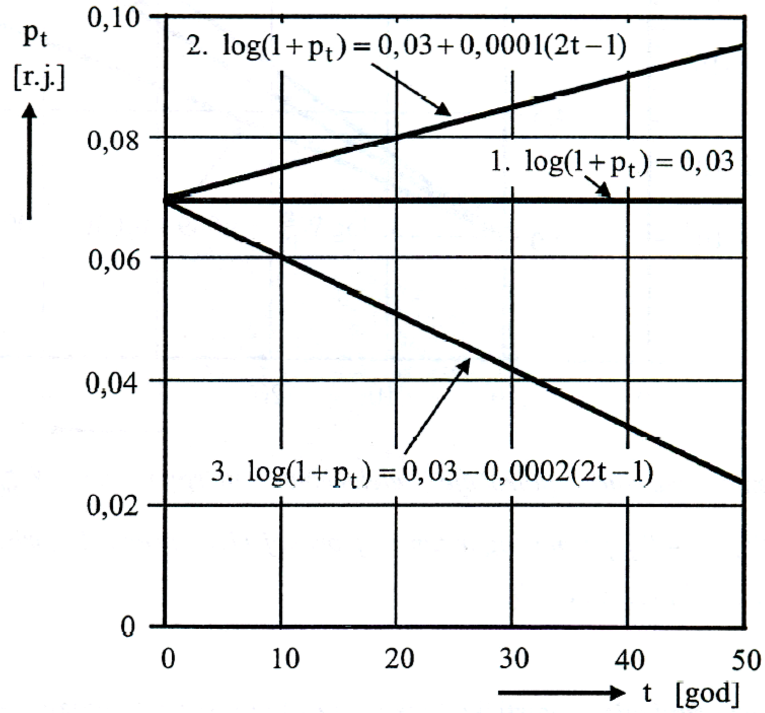
$$\begin{aligned} \log(1+p_t) &= \log X_t - \log X_{t-1} \\ &= (a + bt + ct^2) - \left[a + b(t-1) + c(t-1)^2\right] = b + c(2t-1) \end{aligned} \qquad (27)$$

❖ Godišnja stopa porasta:

$$p_t = 10^{b+c(2t-1)} - 1 = f(t) \neq \text{Const.} \tag{28}$$

➢Ona se razlikuje od prosečne stope godišnjeg porasta u posmatranom periodu p_{sr} i mora se odrediti za svaku (t-tu) godinu tog vremenskog perioda (nije konstantna).

Sl.3 *Dijagram godišnje stope porasta potrošnje električne energije $p_t = f(t)$ pri razvoju potrošnje prema modelima logaritamske prave (1.) i logaritamske parabole (2. i 3.) sa Sl.2*



❖U ovom modelu treba odrediti tri nepoznate konstante u izrazu (25): a, b i c. Ponovo se na bazi minimuma sume kvadrata odstupanja, koji je određen relacijom:

$$\min_{a,\, b,\, c} \{\varepsilon_t(a, b, c)\} = \min_{a,\, b,\, c} \left\{ \sum_{t=1}^{T} \left[a + bt + ct^2 - \log X_t^0 \right]^2 \right\}, \tag{29a}$$

➢U cilju minimizacije traže parcijalni izvodi funkcije ε_t (a, b, c) po nepoznatim parametrima a, b i c. Posle nalaženja izvoda i njihovog izjednačavanja sa nulom, dobijaju se tri jednačine, iz kojih se mogu pronaći nepoznati parametri a, b i c (30).

$$\frac{\partial \varepsilon_t(a,b,c)}{\partial a}, \frac{\partial \varepsilon_t(a,b,c)}{\partial b} \text{ i } \frac{\partial \varepsilon_t(a,b,c)}{\partial c} \tag{29b}$$

$$\boxed{\begin{aligned} aN + b\sum_{t=1}^{T} t + c\sum_{t=1}^{T} t^2 - \sum_{t=1}^{T} \log X_t^0 = 0; \\ a\sum_{t=1}^{T} t + b\sum_{t=1}^{T} t^2 + c\sum_{t=1}^{T} t^3 - \sum_{t=1}^{T} t \log X_t^0 = 0; \\ a\sum_{t=1}^{T} t^2 + b\sum_{t=1}^{T} t^3 + c\sum_{t=1}^{T} t^4 - \sum_{t=1}^{T} t^2 \log X_t^0 = 0. \end{aligned}} \tag{30}$$

❖ Ocena kvaliteta prognoze po ovom modelu, takođe se može sprovesti preko proračuna srednje-kvadratnog odstupanja σ, primenom izraza (13).

Logistička funkcija

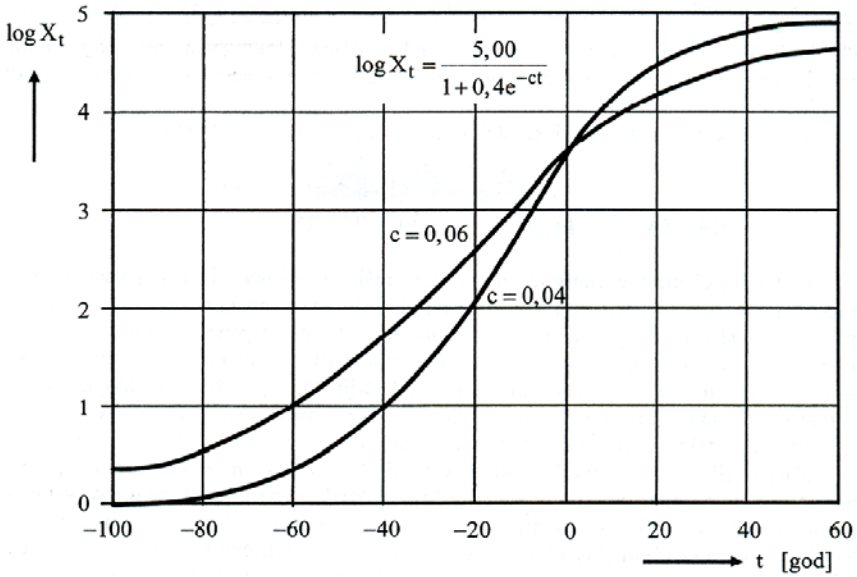
❖Logističke funkcije (8) i (9) predstavljaju zakonitost razvoja koja je zapažena u prirodi (na primer, kod biološke populacije).

– Logistička funkcija: $$X_t = \frac{a}{1+be^{-ct}}; \qquad (8)$$

(ili: $$\log X_t = \frac{a}{1+be^{-ct}}); \qquad (9)$$

➢Ako se posmatra dovoljno dug period, logistička kriva ima oblik izduženog slova "S", sa produženim kracima sa obe strane.

➢Ako se pomoću ove funkcije prognozira potrošnja električne energije, ona u početku raste sporo, a na kraju perioda asimptotski se približava nekoj maksimalnoj potrošnji. U srednjem razdoblju pojavljuje se brzi porast potrošnje.



- Za ovaj prognostički model obično se koristi funkcija (9) u formi:

$$\log X_t = \frac{a}{1+be^{-ct}}, \tag{31}$$

gde su a, b i c konstante koje treba odrediti na osnovu podataka o ostvarenoj potrošnji električne energije u prošlosti.

- Godišnja stopa porasta potrosnje (p_t), ako se potrošnja razvija po logističkoj funkciji (31), određena iz odnosa potrošnji u dve sukcesivne godine (t-toj i (t-l)-oj), funkcija je od t i dobija se iz složenog izraza (32b):

$$1+p_t = \frac{X_t}{X_{t-1}} \tag{32a}$$

$$\log(1+p_t) = \frac{(e^c-1)abe^{-ct}}{1+\left\{1+[1+be^{-ct}]e^c\right\}be^{-ct}} = f(t). \tag{32b}$$

- Konstante a, b i c određuju se, kao i ranije, preko minimuma sume kvadrata odstupanja između vrednosti potrošnji po logističkoj krivoj i ostvarenih potrošnji iz prošlosti u pojedinim godinama t = 1,2, ... , T .
- Funkcija za koju se traži minimum, ovde ima formu:

$$\varepsilon_t(a,b,c)=\sum_{t=1}^{T}\left[\frac{a}{1+be^{-ct}}-\log X_t^0\right]^2 . \tag{33a}$$

- Ponovo se nalaze parcijalni izvodi (33b) i posle njihovog izjednačavanja sa nulom, dobijaju se tri nelinearne algebarske jednačine po nepoznatima a, b i c, iz kojih se mogu odrediti te nepoznate.

$$\frac{\partial\varepsilon_t(a,b,c)}{\partial a};\ \frac{\partial\varepsilon_t(a,b,c)}{\partial b}\ \text{i}\ \frac{\partial\varepsilon_t(a,b,c)}{\partial c} \tag{33b}$$

Stohastički modeli

- Osnovni problem koji se javlja pri prognozi odgovarajućih veličina na deterministički način je da se posle sprovedene prognoze raspolaže samo sa jednom vrednošću prognozirane veličine u svakom intervalu razmatranog perioda u budućnosti (ali ne i sa nivoom poverenja u tu vrednost).

- Ovaj problem naročito je izražen u pojedinim segmentima planiranja razvoja sistema (planiranje izgradnje izvora i planiranje razvoja prenosnih mreža), kada je neophodno da se detaljno analizira uticaj promene prognoziranih veličina (energija, opterećenje, dijagram trajanja opterećenja itd.) na moguće buduće konfiguracije sistema.

- Stoga su razvijeni stohastički (ili probabilistički) prognostički modeli.

- Probabilističke metode su one u kojima figurišu slučajne promenljive.

- Prognoza električne veličine je jedan skup vrednosti u jednom trenutku u budućnosti. Svakoj vrednosti iz tog skupa odgovara određena verovatnoća.

ZAVISNE (KAUZALNE ILI KORELACIONE) METODE

- Potrošnja električne energije bitno utiče na opštu energetsku potrošnju u svakoj zemlji.
- S druge strane, sama potrošnja električne energije zavisi od niza drugih uticajnih veličina, kao sto su na primer veličina i struktura društvenog proizvoda, broj domaćinstava, stanovnika i njihov standard, cene raznih vrsta energije, nivo elektrifikacije u domaćinstvima i industriji itd.
- Mogu se formirati adekvatne funkcionalne zavisnosti koje preslikavaju sve te međusobne veze i uticaje između raznih relevantnih faktora i potrošnje električne energije.

- **Zavisni (ili kauzalni) modeli okarakterisani su korišćenjem opisnih promenljivih**, tj. promenljivih koje ne predstavljaju samu potrošnju električne energije, ali se pretpostavlja da na nju utiču.
- Zato se ovi modeli mogu nazvati i **korelacioni modeli**.
- U svrhu opisa tih međusobnih zavisnosti potrošnje električne energije i raznih uticajnih faktora koristi se koncept **egzogenih** (spoljasnjih) i **endogenih** (unutrasnjih) promenljivih, koje su sadržane u svakom zavisnom modelu.
- **Egzogene promenljive** predstavljaju nezavisne spoljne (upravljačke) ulaze u sistemima jednačina u kojima se potrošnja električne energije **(endogena promenljiva)** opisuje kao funkcija od ovih egzogenih promenljivih.

- Među **egzogenim promenljivim** najčešće se za opisivanje razvoja potrošnje električne energije, ili trenda porasta potrošnje, primenjuju razni demografski i ekonomski faktori, kao što su:

  - indeks društveno-ekonomskih aktivnosti (na primer, bruto nacionalni proizvod (BNP)];
  - stepen industrijske proizvodnje;
  - priraštaj stanovništva;
  - cene električne energije;
  - prodaja električnih aparata itd.

- Egzogene promenljive koje se koriste da objasne sezonske varijacije potrošnje su:

  1. Meteorološke (vremenske) promenljive:
  - temperatura;
  - vlažnost (ili padavine);
  - osvetljaj (ili oblačnost);
  - brzina vetra;
  - faktor hlađenja usled vetra.

  2. Sezonski nivoi proizvodnje u:
  - poljoprivredi;
  - građevinarstvu;
  - drugim sezonskim privrednim aktivnostima.

- Zavisnost godišnje potrošnje električne energije $X_t = W_{pt}^g$ (endogena promenljiva) od drugih uticajnih veličina (egzogene promenljive) u opštem slučaju opisuje se preko nelinearne relacije:

$$\boxed{X_t = F(\text{Egzogenih promenljivih}) + (\text{Slučajna promenljiva}).} \tag{34}$$

- Specijalni slučaj zavisnosti (34), u kojoj je funkcija egzogenih promenljivih F() linearna, tj. potrošnja X_t (endogena promenljiva) izražava se preko relacije:

$$X_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{L} \beta_i Y_{ti} + \eta_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t1} + \beta_2 Y_{t2} + \cdots + \beta_L Y_{tL} + \eta_t \;; \quad t = 1, 2, \cdots, T, \tag{35}$$

gde su Y_{ti} (i = 1, 2, ... , L) egzogene promenljive; β_0 , β_1, ... , β_L su koeficijenti uticaja elemenata Y_{ti} u funkciji (35), a η_t (t = 1, 2, ... , T) je slučajna promenljiva, tačno definisanih osobina.

➢Određivanje funkcionalne zavisnosti potrošnje (X_t) od egzogenih promenljivih (Y_{ti}), svodi se na određivanje koeficijenata $\beta_0, \beta_1, \cdots, \beta_L$ u linearnom modelu (35). Kao i u slučaju nezavisnih modela predviđanja potrošnje, ovi koeficijenti određuju se metodom minimuma sume kvadrata odstupanja:

$$\min\{\varepsilon_t(\beta_0, \beta_1, \cdots, \beta_L)\} = \min\left\{\sum_{t=1}^{T}(X_t - X_t^0)^2\right\}, \tag{36}$$

gde je (kao i ranije) X_t^0 ostvarena potrošnja u prošlosti (u godinama $t = 1,2,\cdots,T$).

➢Uslov za postojanje minimuma funkcije (36) je da prvi izvodi po nepoznatim $\beta_0, \beta_1, \cdots, \beta_L$ budu jednaki nuli:

$$\frac{\partial\varepsilon_t(\beta_0, \beta_1, \cdots, \beta_L)}{\partial\beta_0} = 0; \quad \frac{\partial\varepsilon_t(\beta_0, \beta_1, \cdots, \beta_L)}{\partial\beta_1} = 0; \quad \cdots; \quad \frac{\partial\varepsilon_t(\beta_0, \beta_1, \cdots, \beta_L)}{\partial\beta_L} = 0. \tag{37}$$

❖ Prognoza potrošnje na osnovu zavisnih metoda se sprovodi u dva koraka:

1. Neophodno je izvršiti i predviđanje promena egzogenih promenljivih (Y_{ti}) sa vremenom.

- određuje se funkcionalna zavisnost $Y_{ti}=f(t)$
- za određivanje nepoznatih parametara koristi se minimum sume kvadrata odstupanja:

$$\min F_i = \min \left\{ \sum_{t=1}^{n} \left(f(t) - Y_{ti}^{0} \right) \right\}, \quad i = 1, 2, \ldots, L$$

❖ Prognoza potrošnje na osnovu zavisnih metoda se sprovodi u dva koraka:

1. Neophodno je izvršiti i predviđanje promena egzogenih promenljivih (Y_{ti}) sa vremenom.

2. Potrebno je odrediti zakonitost promene potrošnje (X_t) od egzogenih promenljivih (Y_{ti}), putem određivanja nepoznatih koeficijenata modela (35) korišćenjem jedn. (37).

$$X_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{L} \beta_i Y_{ti} + \eta_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t1} + \beta_2 Y_{t2} + \cdots + \beta_L Y_{tL} + \eta_t ; \quad t = 1, 2, \cdots, T, \tag{35}$$

$$\frac{\partial \varepsilon_t(\beta_0, \beta_1, \cdots, \beta_L)}{\partial \beta_0} = 0; \; \frac{\partial \varepsilon_t(\beta_0, \beta_1, \cdots, \beta_L)}{\partial \beta_1} = 0; \; \cdots ; \; \frac{\partial \varepsilon_t(\beta_0, \beta_1, \cdots, \beta_L)}{\partial \beta_L} = 0. \tag{37}$$

❖ Prognoza potrošnje na osnovu zavisnih metoda se sprovodi u dva koraka:

1. Neophodno je izvršiti i predviđanje promena egzogenih promenljivih (Y_{ti}) sa vremenom.

2. Potrebno je odrediti zakonitost promene potrošnje (X_t) od egzogenih promenljivih (Y_{ti}), putem određivanja nepoznatih koeficijenata modela (35) korišćenjem jedn. (37).

$$X_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{L} \beta_i Y_{ti} + \eta_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t1} + \beta_2 Y_{t2} + \cdots + \beta_L Y_{tL} + \eta_t\,; \qquad t = 1, 2, \cdots, T, \tag{35}$$

$$\frac{\partial \varepsilon_t(\beta_0, \beta_1, \cdots, \beta_L)}{\partial \beta_0} = 0; \quad \frac{\partial \varepsilon_t(\beta_0, \beta_1, \cdots, \beta_L)}{\partial \beta_1} = 0; \quad \cdots\,; \quad \frac{\partial \varepsilon_t(\beta_0, \beta_1, \cdots, \beta_L)}{\partial \beta_L} = 0. \tag{37}$$

Zavisni model potrošnje električne energije u funkciji bruto nacionalnog proizvoda

- Veličina bruto nacionalnog proizvoda (BNP) u zemlji utiče na ukupnu potrošnju električne energije.
- Ako se pretpostavi linearna zavisnost između godišnje potrošnje električne energije i (BNP), ona se može predstaviti jednačinom:

$$X_t = a + bY_t \tag{38}$$

gde je: $\mathbf{X_t} = W_{pt}^{g}$ - ukupna godišnja potrošnja električne energije (endogena promenljiva), a

$\mathbf{Y_t} = (BNP)_t$ - bruto nacionalni proizvod (egzogena promenljiva) u t-toj godini, dok su **a** i **b** koeficijenti koje treba odrediti na osnovu ostvarenja iz prošlosti.

- Odnos bruto nacionalnog proizvoda u dve uzastopne godine dat je relacijom (39), a odnos potrošnje električne energije u dve uzastopne godine relacijom (40).

$$\frac{Y_t}{Y_{t-1}} = 1 + p_{(BNP)t} \qquad (39)$$

$$\frac{X_t}{X_{(t-1)}} = \frac{W_{pt}^{g}}{W_{p(t-1)}^{g}} = 1 + p_t \qquad (40)$$

gde je $p_{(BNP)t}$ - godišnja stopa porasta bruto nacionalnog proizvoda (BNP) između t-te i (t-1)-e godine, a
p_t - stopa porasta godišnje potrošnje električne energije.

- Sređivanjem relacije (40), uvažavajući relacije (38) i (39) dobija se:

$$\frac{X_t}{X_{(t-1)}} = 1 + p_t = \frac{a + bY_t}{a + bY_{t-1}} = \frac{a + bY_{t-1}\left(1 + p_{(BNP)t}\right)}{a + bY_{t-1}} \tag{40}$$

$$p_t = p_{(BNP)t}\left(1 - \frac{a}{a + bY_{t-1}}\right). \tag{41a}$$

- Pri konstantnoj (srednjoj) godišnjoj stopi porasta bruto nacionalnog proizvoda (BNP) ($p_{(BNP)t} = p_{(BNP)sr} =$ const.) u nizu od T godina, on raste po eksponencijalnom zakonu, pa će u godini t - 1 biti:

$$Y_{t-1} = Y_0\left(1 + p_{(BNP)sr}\right)^{t-1} \tag{42}$$

- Izraz (41a) za godišnju stopu porasta potrošnje električne energije postaje:

$$p_t = p_{(BNP)sr}\left[1-\frac{a}{a+bY_0\left(1+p_{(BNP)sr}\right)^{t-1}}\right];\quad t=1,2,\cdots,T. \tag{41b}$$

- Linearno zavisni (korelacioni) model (38) i (39) se modifikuje i dobija oblik:

$$Y_t = Y_{t-1}\left(1+p_{(BNP)t}\right), \quad (39)$$

$$X_t = a + bY_t; \tag{43a}$$

$$Y_t = Y_{t-1}\left(1+p_{(BNP)sr}\right). \tag{43b}$$

- Kada se raspolaže sa podacima o ukupnoj godišnjoj potrošnji električne energije $X_t^0 = W_{pt}^{g0}$ i bruto nacionalnom proizvodu $Y_t^0 = (BNP)_t^0$ u nizu od T godina iz prošlosti, primenom metoda minimuma sume kvadrata odstupanja, određuju se nepoznati parametri a i b prave (43a).

Koeficijent korelacije

- Za ocenu stepena povezanosti promenljivih u prognostičkom modelu potrebno je definisati neki pokazatelj koji će u sebe uključiti i endogenu i egzogene promenljive.
- Taj pokazatelj je koeficijent korelacije između promenljivih. Zadržavajući se samo na prostom linearnom modelu (43), vidi se da on sadrži dve slučajne vremenske promenljive: $X_t = W_{pt}^g$ i $Y_t = (BNP)_t$.
- Koeficijent korelacije za model (43) definiše se kao:

$$r = \frac{1}{T} \cdot \frac{\sum_{t=1}^{T} (X_t^0 - X_{tsr}^0)(Y_t^0 - Y_{tsr}^0)}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{1}{T} \cdot \frac{\sum_{t=1}^{T} \Delta X_t^0 \cdot \Delta Y_t^0}{\sigma_X \sigma_Y}, \qquad (44)$$

gde su:

$$X^0_{tsr} = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} X^0_t = \frac{S_2}{T}; \quad S_2 = \sum_{t=1}^{T} X^0_t; \quad \Delta X^0_t = X^0_t - X^0_{tsr}; \tag{45a}$$

$$Y^0_{tsr} = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} Y^0_t = \frac{S_1}{T}; \quad S_1 = \sum_{t=1}^{T} Y^0_t; \quad \Delta Y^0_t = Y^0_t - Y^0_{tsr}; \tag{45b}$$

$$\sigma^2_X = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} (X^0_t - X^0_{tsr})^2 = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} (\Delta X^0_t)^2; \tag{45c}$$

$$\sigma^2_Y = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} (Y^0_t - Y^0_{tsr})^2 = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} (\Delta Y^0_t)^2 . \tag{45d}$$

- Brojilac izraza (44) predstavlja srednju vrednost proizvoda međusobnih odstupanja promenljivih X_t^0 i Y_t^0 od svojih srednjih vrednosti, respektivno, i najlakše ga je porediti sa izrazom za varijansu neke veličine.
- Na taj način se utvrđuje stepen povezanosti dve posmatrane slučajne promenljive definisane jednacinama (43).
- Na osnovu izraza za varijansu i srednju vrednost promenljivih X_t^0 i Y_t^0 [jednačine (45)], jednostavno se dolazi do izraza za proračun koeficijenta korelacije:

$$r = \frac{\sum_{t=1}^{T} (X_t^0 - X_{tsr}^0)(Y_t^0 - Y_{tsr}^0)}{\sqrt{\left[\sum_{t=1}^{T} (X_t^0 - X_{tsr}^0)^2\right] \cdot \left[\sum_{t=1}^{T} (Y_t^0 - Y_{tsr}^0)^2\right]}} = \frac{\sum_{t=1}^{T} \Delta X_t^0 \cdot \Delta Y_t^0}{\sqrt{\left[\sum_{t=1}^{T} (\Delta X_t^0)^2\right] \cdot \left[\sum_{t=1}^{T} (\Delta Y_t^0)^2\right]}}. \qquad (46)$$

- Za praktične proračune vrednosti koeficijenta korelacije (46) bliske jedinici po apsolutnoj vrednosti pokazuju da između slučajnih promenljivih X_t^0 i Y_t^0 postoji jaka povezanost (ili korelacija).
- Suprotno, udaljavanje tog koeficijenta od jedinice pokazuje slabljenje korelacije između promenljivih X_t^0 i Y_t^0 .
- Opšte pravilo glasi:

  - ako je abs(r)>0,7, kaže se da postoji jaka korelacija između posmatranih promenljivih;

  - ako je 0,5<abs(r)<0,7, kaže se da podaci ukazuju da između posmatranih promenljivih postoji korelacija;

  - za abs(r)<0,4 kaže se da podaci ne ukazuju na međusobnu korelisanost posmatranih promenljivih.

- Kriterijum korelacije se primenjuje naknadno, pošto je već pretpostavljena i određena korelaciona jednačina. Ako kriterijum korelacije nije ispunjen, odbacujemo i pretpostavku o postojanju korelacije dve veličine.

- Po ovim osobinama prognostičke metode zapažamo elemente njene **heurističke prirode**, pošto se do korelacione veze dolazi samo pretpostavljanjem oblika veze, generisanjem rešenja i testiranjem rešenja na kriterijum korelacije

(heuristika= generisanje “rešenja” + testiranje)

❖Za proračun pogodno je koristi postupak ilustrovan u tabeli.

Tab.1 Tabelarni postupak za proracun koeficijenata korelacionog modela

t	Y_t^0	X_t^0	$(Y_t^0)^2$	$Y_t^0 X_t^0$	$\Delta Y_t^0 = Y_t^0 - Y_{tsr}^0$	$\Delta X_t^0 = X_t^0 - X_{tsr}^0$	$(\Delta Y_t^0)^2$	$(\Delta X_t^0)^2$	$\Delta X_t^0 \Delta Y_t^0$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1 2 3 ⋮ T−1 T									
Σ	S_1	S_2	S_3	S_4	$\sum_{t=1}^{T} \Delta Y_t^0$	$\sum_{t=1}^{T} \Delta X_t^0$	$\sum_{t=1}^{T} (\Delta Y_t^0)^2$	$\sum_{t=1}^{T} (\Delta X_t^0)^2$	$\sum_{t=1}^{T} \Delta X_t^0 \Delta Y_t^0$
$\frac{1}{T}\Sigma$	$\frac{S_1}{T}$	$\frac{S_2}{T}$	–	–	–	–	–	–	–
Proračun koeficijenata a i b prema jedn. (23) i (24)					Proračun σ_X, σ_Y i r prema jedn. (45) i (46)				

Regresioni model koji uvažava bruto nacionalni proizvod i broj stanovnika

- Formula za prognozu godišnjih potreba u električnoj energiji ima oblik:

$$X_t = a \cdot (BNP)_t + b \cdot (Pop)_t + c, \qquad (47)$$

gde su:
$(BNP)_t$ - prognozirani bruto nacionalni proizvod u t-toj godini;
$(Pop)_t$, - prognozirani broj stanovnika u t-toj godini;
a, b, c - koeficijenti, koji se određuju na osnovu istorijskih podataka iz prošlosti.

- Preciznost prognoze prema gornjem modelu zavisi od tačnosti predvidanja budućih vrednosti $(BNP)_t$ i $(Pop)_t$, ali i usvojenih vrednosti koeficijenata a, b i c.

Klasifikacija metodologija za planiranje potrošnje električne energije

Kriterijum	*Metodologija*
1) Vremenski horizont planiranja	1) Dugoročno planiranje 2) Srednjeročno planiranje
2) Neelektrične veličine prisutne?	1) Nezavisne (ekstrapolacione) metode 2) Zavisne (korelacione) metode 3) Kombinacija zavisnih i nezavisnih metoda
3) Slučajne veličine prisutne?	1) Determinističke metode 2) Probabilističke metode

- Kombinacija zavisnih i nezavisnih metoda je posebna metodologija u kojoj se prognozirana veličina deli na komponente. Neke komponente se prognoziraju nezavisnim, a preostale zavisnim metodama.

VARIJACIJE POTROŠNJE I KARAKTERISTIČNIH POKAZATELJA POTROŠNJE TOKOM GODINE

- U prethodnim razmatranjima prikazani su osnovni modeli za dugoročnu prognozu potrošnje električne energije sa vremenskom diskretizacijom od jedne godine.
- Ta potrošnja nije ravnomemo raspoređena tokom godine, već se razlikuje od meseca do meseca ili od sedmice do sedmice.
- Sama varijacija potrošnje tokom godine posledica je porasta potrošnje sa vremenom, sezonskih varijacija i drugih mogućih uticaja (znatniji klimatski i drugi nepredviđeni poremećaji).
- Određivanje tih varijacija potrošnje može se posmatrati kao problem srednjeročne prognoze na godišnjem intervalu, uz unapred određenu godišnju potrošnju električne energije.
- Ta prognoza značajna je radi usklađivanja srednjeročnih planova ulazaka u pogon novih i gašenja starih generatorskih kapaciteta sa potrebama potrošača, operativno planiranje i izradu godišnjih elektroenergetskih bilansa sa mesečnom ili sedmičnom diskretizacijom, izradu plana remonata i nabavke goriva i utvrđivanje srednjeročnih planova razmene električne energije sa susedima.

- Potrošnja električne energije u pojedinim mesecima (ili sedmicama) tokom godine, može se odrediti preko faktora udela a_i^m (a_j^s) u ukupnoj godišnjoj potrošnji W_p^g (koji su opštem slučaju različiti u pojedinim godinama perioda planiranja), kao:

$$W_{pi}^{m} = a_i^{m} W_p^{g}; \quad i = 1, 2, \cdots, 12; \quad \sum_{i=1}^{12} a_i^{m} = 1{,}00; \tag{48}$$

$$W_{pj}^{s} = a_j^{s} W_p^{g}; \quad j = 1, 2, \cdots, 52; \quad \sum_{j=1}^{52} a_j^{s} = 1{,}00. \tag{49}$$

- Prosečne (srednje) vrednosti ovih faktora udela su:

$$a_{sr}^{m} = \frac{1}{12} = 0{,}0833; \quad a_{sr}^{s} = \frac{1}{52} = 0{,}0192. \tag{50}$$

- U našim klimatskim uslovima, vrednosti ovih faktora udela u zimskim mesecima su veće od prosečnih, a u letnjim, manje od prosečnih.

PRAKTIČNE PRIMENE MODELA PROGNOZE POTROŠNJE

- Postoji **veći broj različitih metoda i modela** za prognozu potrošnje električne energije, odnosno vršnih (minimalnih) opterećenja, što znači da ne postoji neki metod koji bi se mogao smatrati kao "najbolji".
- Zbog toga je u praktičnim primenama neophodno koristiti različite modele i kritički proceniti opsege primenljivosti svakog od njih, kao i raspon dobijenih prognoza moguće potrošnje po pojedinim periodima u budućnosti koje daju različiti modeli.
- Raspon dobijenih prognoza moguće potrošnje će biti uži za bližu, nego za dalju budućnost, jer se razvoj potrošnje električne energije za bližu budućnost može proceniti sa daleko većom preciznošću.

- Neke elektroprivredne organizacije (na primer, EDF u Francuskoj, ENEL u Italiji i druge) kao krajnji rezultat pored očekivane prognoze potrošnje električne energije daju još dve krive razvoja potreba -

  optimističku i pesimističku,

  računajući da ce se, uz sva moguća iznenađenja, stvarne potrebe realizovati negde između ta dva ekstremna scenarija.

- Da bi korisnik raspolagao sa što verodostojnijom dugoročnom prognozom potrošnje električne energije u svakom trenutku, poželjno je da se ona aktualizuje svake godine, neposredno posle završetka prikupljanja podataka o potrošnji u prethodnoj godini.

- Na razvoj potrošnje električne energije i zahtevanih vršnih opterećenja znatan uticaj ima i opšta energetska politika jedne zemlje i mogućnost supstitucije električne energije sa drugim vrstama energije.
- Ako potrošaču za istu svrhu stoje na raspolaganju različiti zamenljivi izvori energije, on će izvrsiti izbor na osnovu njihovih osnovnih karakterističnih faktora, kao što su cena energije, pouzdanost snabdevanja, udobnost korišćenja itd.
- Razvoj u prošlosti pokazao je da udeo električne energije u ukupnoj potrošnji energije, bez obzira na cenu, u većini zemalja permanentno raste, što je posledica prvenstveno udobnosti koju ona nudi u raznim primenama.

Opšta šema međusobnih veza energetskih i elektroenergetskih bilansa