

ELEKTR ENERGIYANI REALIZATSIYA HARAJATLARI VA YO‘QOTISHLARI KO‘RSATKICHLARINI EKONOMETRIK MODELLASHTIRISH VA PROGNOZLASHTIRISH

Akbar Ashurovich Shodiyev - iffd PhD, v.b.dotsent

*Termiz iqtisodiyot va servis universiteti “Buxgalteriya hisobi va statistika”
kafedrasi mudiri, aliz77@mail.ru, 0009-0005-1995-9507*

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕБЕСТОИМОСТИ И ПОТЕРЬ РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Шодиев Акбар Ашурович - к.э.н., и.о. доцента

Заведующий кафедрой «Бухгалтерский учет и статистика», Термезский
университет экономики и сервиса, aliz77@mail.ru, 0009-0005-1995-9507

ECONOMETRIC MODELING AND FORECASTING OF ELECTRICITY SALES COSTS AND LOSSES INDICATORS

Akbar Ashurovich Shodiyev - iffd PhD, acting associate professor

Head of the Department of "Accounting and Statistics", Termez University of
Economics and Service, aliz77@mail.ru, 0009-0005-1995-9507

Annotatsiya: Maqolada elektr energiya yo‘qotishlarini amaldagi holati va 2030 yillarga borib qanday ko‘rsatkichlarga ega bo‘lishi xususida so‘z yuritilgan. Elektr yo‘qotishlarining kelib chiqish xususiyatlariga ko‘ra “Elektr energiyasini yetkazib berishdagi zararlar” termini asoslangan. Elektr yo‘qotishlarini tannarx usulidagi hisobidan voz kechish hamda baholashda sotish narxi bo‘yicha baholash taklif etilgan. Elektr energiyasi yo‘qotishlarini buxgalteriya hisobida hisobga olish bo‘yicha namunaviy buxgalterlik o‘tkazmalari keltirilgan.

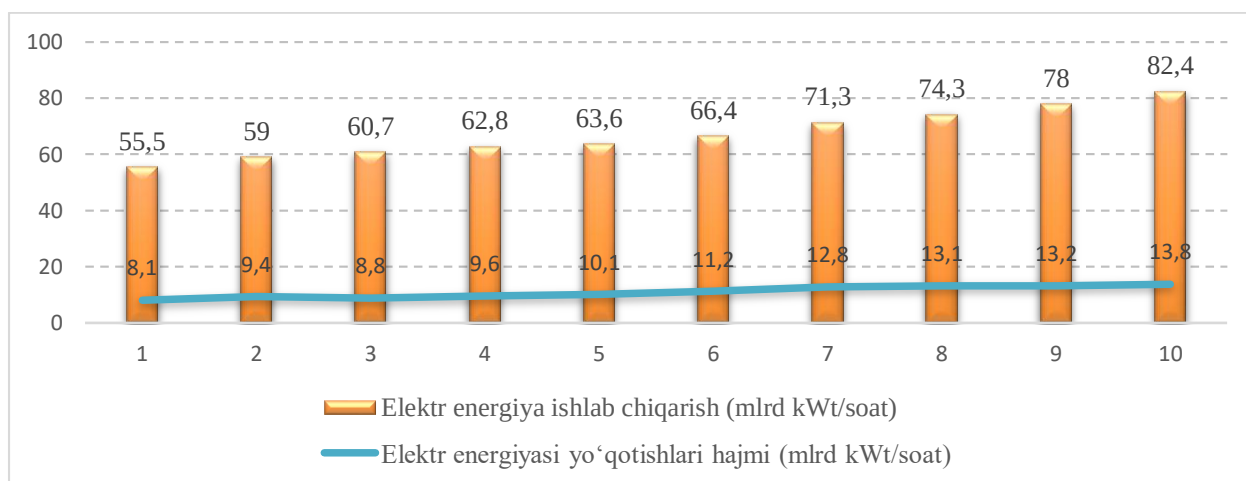
Kalit so‘zlar: Elektr energiyasini sotish bo‘yicha zararlar, elektr energiyasi yo‘qotishlari, standartlashtirilgan va standartlashtirilmagan yo‘qotishlar, yo‘qotishlar summalarini hisobdan chiqarish, yo‘qotishlarning sintetik va analitik hisobi, sotish xarajatlarini turkumlash, elektr energiyasi yo‘qotishlarini sotish baxosida aks ettirish, texnologik yo‘qotishlar, tabiiy yo‘qotishlar, texnik yo‘qotishlar.

Kirish. 2015-yildan 2024-yilgacha bo‘lgan davrda O‘zbekistonda elektr energiya ishlab chiqarish hajmi barqaror o‘sib borgan (2.3.1-rasm). 2015-yilda 55,5 mlrd kWt/soat bo‘lgan ishlab chiqarish hajmi, 2024-yilga kelib 82,4 mlrd kWt/soatga yetib, 48,5% ga oshgan. Bu esa mamlakatda sanoat, aholi va xizmatlar sohasida elektr energiyaga bo‘lgan talabning ortib borayotgani, shuningdek, yangi ishlab chiqarish quvvatlarining ishga

tushirilgani va mavjudlarini modernizatsiya qilish ishlari natijasida yuzaga kelgan. Ayniqsa, 2020-yildan keyingi yillarda o'sish sur'ati yanada jadallashgani kuzatiladi, bu esa iqtisodiyotning tiklanish va rivojlanish bosqichiga kirganligini ko'rsatadi.

Mazkur davrda elektr energiya ishlab chiqarish hajmi ortgani kabi, yo'qotishlar hajmi ham oshib borgan (2.3.1-rasm). 2015-yilda 8,1 mlrd kWt/soatni tashkil etgan yo'qotishlar, 2024-yilda 13,8 mlrd kWt/soatga yetgan, ya'ni 70% ga yaqin o'sish qayd etilgan. Yo'qotishlar hajmidagi bu oshish, asosan, elektr tarmoqlarining eskirganligi, uzatish tizimlaridagi samarasizlik va energiya oqimlarini boshqarishdagi muammolar bilan izohlanadi. Shu bilan birga, iste'molchilarning soni va umumiy yuklamaning ortishi ham bu ko'rsatkichga bevosita ta'sir ko'rsatgan.

Tahlil va natijalar. Yo'qotishlar hajmi ortgan bo'lsa-da, ishlab chiqarish hajmi ham oshgani tufayli yo'qotishlarning umumiy ishlab chiqarishga nisbatan foizi nisbatan barqaror holatda saqlanib qolgan. 2015-yilda bu ko'rsatkich 14,6% atrofida bo'lsa, 2021-yilda maksimal daraja – 17,95% ga yetgan. So'nggi yillarda esa ushbu foizda biroz pasayish kuzatilgan bo'lib, 2024-yilga kelib yo'qotishlar 16,7% ni tashkil qilgan. Bu esa elektr tarmoqlarini modernizatsiya qilish, hisobga olish tizimlarini takomillashtirish va energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan chora-tadbirlar natijasi sifatida baholanishi mumkin. Shu bilan birga, ushbu foizning hali ham yuqoriligi tizimda hal etilishi lozim bo'lgan muammolar mavjudligini anglatadi.



1-rasm. 2015-2024 yillarda ishlab chiqarilgan elektr energiya hamda yo'qotishlari hajmi (mlrd kWt/soat)¹

Elektr energiya ishlab chiqarish hajmi va elektr energiya yo'qotishlari hajmini modellashtirish — energetika tizimining samarali boshqaruvi va strategik rejalashtirishida muhim ahamiyat kasb etadi. Bu jarayon orqali mavjud ishlab chiqarish quvvatlarining optimal ishlatilishi, energetika resurslarining tejamkor sarflanishi hamda tarmoqda yuzaga

¹ Muallif ishlanmasi

keladigan yo'qotishlarning oldini olish imkoniyati yaratiladi. Ayniqsa, energiya yo'qotishlarni aniqlash va kamaytirish orqali iqtisodiy samaradorlikni oshirish, ekologik barqarorlikni ta'minlash hamda energiya ta'minotining ishonchliligini mustahkamlash mumkin. Shuningdek, bunday modellashtirish energetika sohasida uzoq muddatli prognozlar tuzish va investitsion qarorlar qabul qilishda ham katta ahamiyatga ega.

Mazkur modellashtirish jarayonida ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) modellaridan foydalanish ayniqsa samarali bo'lib, ular vaqt qatorlari asosida elektr energiya ishlab chiqarish va yo'qotishlarning kelajakdagi o'zgarishlarini yuqori aniqlikda bashorat qilish imkonini beradi. ARIMA modellarining afzalligi shundaki, ular statistik xatoliklarni kamaytirish bilan birga, mavsumiylik va tendensiyalarni hisobga olgan holda aniqlikni oshiradi. Bu esa energetika tizimida yuzaga keladigan kutilmagan holatlarning oldini olish, ishlab chiqarish rejalashtirishini takomillashtirish va yo'qotishlarni minimallashtirish imkonini beradi. Shu bois, ARIMA modellarini qo'llash energiya tarmoqlari samaradorligini oshirishda zamonaviy yondashuv sifatida tobora ko'proq qo'llanilmoqda.

ARIMA modeli (Autoregressive Integrated Moving Average) — vaqt qatorlarini tahlil qilish va prognozlashda keng qo'llaniladigan statistik model bo'lib, u uchta asosiy komponentdan tashkil topgan: autoregressiv (AR), ya'ni o'tmishdagi qiymatlarga asoslanish; differentsiallash (I), ya'ni vaqt qatorining stasionar holatga keltirilishi; va harakatlanuvchi o'rtacha (MA), ya'ni oldingi xatoliklar asosida prognoz tuzish. ARIMA modeli vaqt bo'yicha o'zgaruvchan, mavsumiy yoki mavsumiy bo'lmagan, lekin o'z ichki tuzilishiga ega bo'lgan ko'rsatkichlarni tahlil qilishda juda foydalidir. Ushbu model yordamida energiya ishlab chiqarish, elektrdagi yo'qotishlari kabi ko'plab iqtisodiy va texnik ko'rsatkichlarning kelajakdagi qiymatlarini ishonchli tarzda bashorat qilish mumkin.

Uning umumiy ko'rinish quyidagicha²:

$$\Delta^d x_t = c + \sum_{i=1}^p a_i \Delta^d x_{t-i} + \sum_{j=1}^q b_j \varepsilon_{t-j},$$

bu yerda, Δ^d – d tartibli farqlar operatori; c , a_i , b_j – model parametrlari.

Model $ARIMA(p, d, q)$ tartibida yoziladi. Bu yerda p – avtoregressiya tartibi, d – integratsiyalanish darajasi, q – harakatlanuvchi o'rtacha tartibi.

Modellashtirish bir necha bosqichlarda amalga oshiriladi:

- Vaqtli qatorni statsionarlikka tekshirish;
- Vaqtli qator d-tartibining statsionarligiga erishish uchun differentsiallash;
- Modelning p va q tartibini avtokorrelyatsiya korrelogrammasi yoki axborot mezonlari yordamida aniqlash;
- Model parametrlarini baholash;

² <https://ru.wikipedia.org/wiki/ARIMA>

- Modelning iqtisodiy jarayonga mosligini tekshirish;
- Modeldan prognozlashda foydalanish.

Dastlab ishlab chiqarilgan elektr energiya hajmi ko'rsatkichi modellashtirildi. Uning statsionarliligi 4.3.1-rasmga ko'ra tasdiqlanmadi. Bunday hollarda, kengaytirilgan Dikki-Fuller testi yordamida 1-farqlarining statsionarliligini tekshirish maqsadga muvofiq (2.3.1-jadval).

2-jadval

Ishlab chiqarilgan elektr energiya hajmi ko'rsatkichi bo'yicha kengaytirilgan Dikki-Fuller testi³

Augmented Dickey-Fuller test for d_ElektrEnergiya
testing down from 2 lags, criterion AIC
sample size 8
unit-root null hypothesis: $a = 1$

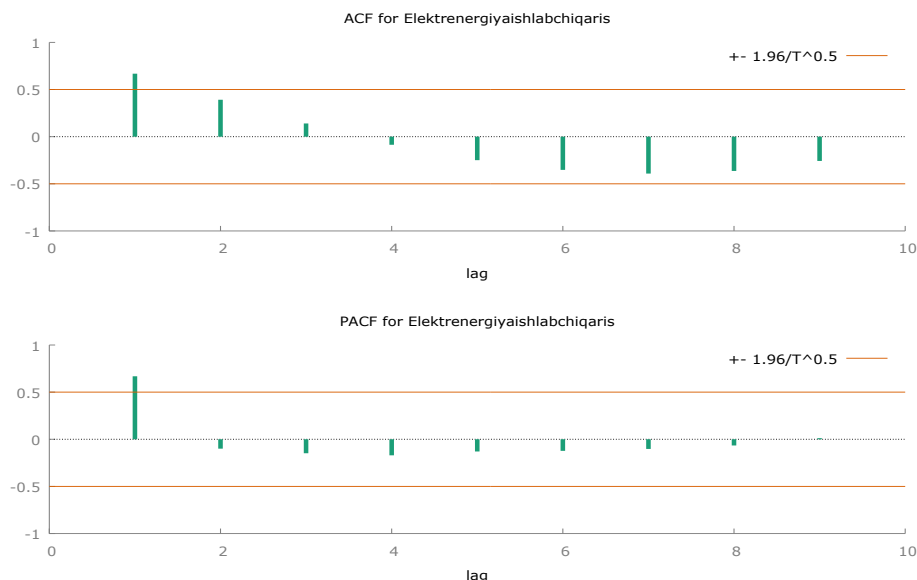
test without constant
including 0 lags of $(1-L)d_ElektrEnergiya$
model: $(1-L)y = (a-1)*y(-1) + e$
estimated value of $(a - 1)$: -0.0734645
test statistic: $\tau_{nc}(1) = -0.399531$
asymptotic p-value 0.5402
1st-order autocorrelation coeff. for e: -0.185

test with constant
including 0 lags of $(1-L)d_ElektrEnergiya$
model: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + e$
estimated value of $(a - 1)$: -0.700622
test statistic: $\tau_c(1) = -1.6511$
asymptotic p-value 0.4563
1st-order autocorrelation coeff. for e: 0.097

2-jadvaldagi kengaytirilgan Dikki-Fuller testi natijalari tahlil qilinsa, konstantali hamda konstantasiz test natijalari bo'yicha p-qiymatlar 0,05 ahamiyatlilik darajasidan katta. Demak, vaqtli qatorning birinchi farqlari ham statsionar emas. Shu sababli, vaqtli qator 2-tartibli integratsiyalashgan deb hisoblanadi hamda $d = 2$ deb qabul qilinadi.

Keyingi bosqichda vaqtli qator korrelogrammasi ko'zdan kechirildi (2-rasm)

³ Muallif ishlanmasi



2-rasm. Ishlab chiqarilgan elektr energiya hajmi koʻrsatkichi korrelogrammasi⁴.

2-rasmga nazar solinsa, avtokorrelyatsiya funksiyasi kamayib boruvchi hamda quyiroqdagi hususiy avtokorrelyatsiya funksiyasi 1 lag ahamiyatli ekanligini payqash qiyin emas. Bunday holatda $ARIMA(1, 2, 0)$ modelini tajriba qilish maqsadga muvofiq. Biroq tajribalar ushbu modelning parametrlari statistik ahamiyatga ega ekanligini tasdiqlamadi. Shu sababli ARIMA modeli laglarini tanlash uchun axborot mezonlaridan foydalanildi (2-jadval).

2-jadval

ARIMA(p, 2, q) model spetsifikatsiyasi uchun axborot mezonlari⁵

Estimated using AS 197 (exact ML)
Dependent variable ElektrEnergiya, T = 8
Criteria for ARIMA(p, 2, q) specifications

p, q	AIC	BIC	HQC	loglik
0, 0	33.1855	33.3443	32.1139	-14.5927
0, 1	32.4291*	32.6674*	30.8217*	-13.2146
0, 2	34.3810	34.6987	32.2378	-13.1905
0, 3	35.0671	35.4643	32.3881	-12.5335
1, 0	34.5407	34.7791	32.9333	-14.2704
1, 1	34.4061	34.7238	32.2629	-13.2030
1, 2	35.7085	36.1057	33.0295	-12.8542
1, 3	36.9995	37.4761	33.7847	-12.4997
2, 0	35.7524	36.0702	33.6092	-13.8762

⁴ Muallif ishlanmasi

⁵ Muallif ishlanmasi

2, 1	35.9801	36.3773	33.3011	-12.9901
2, 2	37.6085	38.0852	34.3937	-12.8043
2, 3	38.9750	39.5311	35.2244	-12.4875
3, 0	37.3471	37.7443	34.6681	-13.6735
3, 1	37.1378	37.6145	33.9230	-12.5689
3, 2	38.0211	38.5772	34.2705	-12.0106
3, 3	39.7349	40.3705	35.4485	-11.8675

“*” indicates best, per criterion

Log-likelihood (‘loglik’) is provided for reference

2-jadvalda $ARIMA(0, 2, 1)$ model spetsifikatsiyasi bo‘yicha Akaike, Shvarts va HQC mezonlari qiymatlari eng kichkina. Bu esa, ushbu modelni tajriba qilish maqsadga muvofiqligini ko‘rsatadi (3-jadval).

3-jadval

ARIMA(0, 2, 1) modeli bo‘yicha regression tahlil natijalari⁶

Model 1: ARIMA, using observations 2017-2024 (T = 8)

Dependent variable: $(1-L)^2$ ElektrEnergiya

Standard errors based on Hessian

	Coefficient	Std. Error	z	p-value	
const	0.258333	0.142044	1.819	0.0690	*
theta_1	-1.00000	0.383551	-2.607	0.0091	***

Mean dependent var	0.112500	S.D. dependent var	1.603066
Mean of innovations	-0.283218	S.D. of innovations	1.100268
R-squared	0.983257	Adjusted R-squared	0.983257
Log-likelihood	-13.21455	Akaike criterion	32.42911
Schwarz criterion	32.66743	Hannan-Quinn	30.82170

	Real	Imaginary	Modulus	Frequency
MA				
Root 1	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000

Test for normality of residual -

Null hypothesis: error is normally distributed

Test statistic: Chi-square(2) = 1.69185

with p-value = 0.429161

⁶ Muallif ishlanmasi

3-jadvalda keltirilgan regression tahlil natijalariga ko'ra modelning umumiy ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta^2 \text{ElektrEnergiya}_t = 0,25833 - \varepsilon_{t-1}$$

model 3-jadvalda keltirilgan χ^2 statistikasi p-qiymati 0,05 ahamiyatlilik darajasidan katta (0,429191). Bundan qoldiqlar normal taqsimlanganligi kelib chiqadi.

Shuningdek, tajribalarda (2) modelining qoldiqlarida avtokorrelyatsiya mavjud emasligi aniqlandi (3-rasm).

4-jadval

Qoldiqlarning avtokorrelyatsiya va xususiy avtokorrelyatsiya funksiyalari korrelogrammasi⁷

Residual autocorrelation function			
***, **, * indicate significance at the 1%, 5%, 10% levels using standard error 1/T ^{0.5}			
LAG	ACF	PACF	Q-stat. [p-value]
1	-0.0238	-0.0238	
2	-0.1361	-0.1368	0.2536 [0.615]
3	-0.1825	-0.1932	0.7867 [0.675]
4	-0.4006	-0.4600	3.9963 [0.262]
5	0.0723	-0.0849	4.1355 [0.388]
6	0.1852	-0.0019	5.5076 [0.357]
7	-0.0144	-0.2121	5.5242 [0.479]

(3) modelning approkimatsiya xatoligi hisoblab chiqildi: $MAPE = 4,8625\%$. Demak, bu model ham verifikatsiya bosqichining barcha talab etilgan mezonlari bo'yicha statistik ahamiyatga ega.

5-jadval

Modellar asosida 2025-2029-yillar uchun ishlab chiqilgan prognoz⁸

Yillar	Ishlab chiqariladigan elektr energiya hajmi (mlrd kWt/soat)	Elektr energiya yo'qotishlari hajmi (mlrd kWt/soat)	Ulushi (foizda)
2024	82,4	13,8	16,7
2025	86,7	14,4	16,6
2026	91,2	15,1	16,6
2027	95,9	15,7	16,4
2028	101,0	16,3	16,1
2029	106,3	17,0	16,0

2024-yilda ishlab chiqarilgan elektr energiya hajmi 82,4 mlrd kWt/soatni tashkil etgan bo'lsa, 2025-2029-yillar davomida bu ko'rsatkich barqaror ravishda o'sib borgan.

⁷ Muallif ishlanmasi

⁸ Muallif ishlanmasi

Jumladan, 2025-yilda 86,7 mlrd kWt/soatga yetib, 2024-yilga nisbatan 5,2% ga oshgan. Keyingi yillarda ham sezilarli o'sish kuzatilib, 2026-yilda 91,2 mlrd kWt/soat (10,7% o'sish), 2027-yilda 95,9 mlrd kWt/soat (16,4%), 2028-yilda 101,0 mlrd kWt/soat (22,6%) va nihoyat, 2029-yilda 106,3 mlrd kWt/soatga yetib, 2024-yilga nisbatan 29% ga yaqin o'sishga erishilgan. Bu tendensiya mamlakatda energetika sohasiga qaratilayotgan e'tibor, yangi ishlab chiqarish quvvatlarining ishga tushirilishi va energiya samaradorligini oshirish bo'yicha olib borilayotgan izchil islohotlar samarasidir.

2024-yilda elektr energiya yo'qotishlari hajmi 13,8 mlrd kWt/soatni tashkil etgan bo'lib, 2025-2029-yillar davomida bu ko'rsatkich muntazam oshib borgan. Xususan, 2025-yilda 14,4 mlrd kWt/soatga yetib, 2024-yilga nisbatan 4,3% ga, 2026-yilda esa 15,1 mlrd kWt/soatga yetib, 9,4% ga oshgan. Keyingi yillarda ham o'sish davom etib, 2027-yilda 15,7 mlrd kWt/soat (13,8%), 2028-yilda 16,3 mlrd kWt/soat (18,1%) va 2029-yilda 17,0 mlrd kWt/soatga yetgan bo'lib, bu 2024-yilga nisbatan 23,2% ga oshganini ko'rsatadi. Ushbu holat elektr tarmoqlaridagi eskirish, uzatish va taqsimot tizimidagi samaradorlikning yetarli darajada bo'lmasligi hamda energiya iste'molining ortib borayotgani natijasida yuzaga kelayotgan yo'qotishlar hajmining oshib borayotganidan dalolat beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Majajixov A. A. Elektr yo'qotishlarini hisobga olish xususiyatlari. Professor-o'qituvchilar va talabalar konferensiyasi materiallari 2022 yil 19-aprel, Sankt-Peterburg,: "Znaniye" nashriyoti.

2. Majajixov A. A., Rumak V. G. Elektr energetikasini isloh qilish bo'yicha xorijiy tajriba. Professor-o'qituvchilar va talabalar konferensiyasi materiallari 2022 yil 19-aprel, Sankt-Peterburg,: "Znaniye" nashriyoti.

3. Shodiyev, A. (2025). Elektr ta'minoti korxonalarida sotish xarajatlari va elektr yo'qotishlari hisobi metodologiyasini takomillashtirish. *Ilg'or iqtisodiyot va pedagogik texnologiyalar*, 1(3), 308–312. Retrieved from <https://e-itt.uz/index.php/aept/article/view/2010>