

Михайло Орестович КРУЦЯК

аспірант,
кафедра міжнародної економіки,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
E-mail: m.Krutsyak@gmail.com

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА ВІТЧИЗНЯНОМУ РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ АНАЛІЗУ ДИНАМІКИ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Круцяк М. О. Прогнозування попиту на вітчизняному ринку електричної енергії на основі результатів аналізу динаміки соціально-економічних показників. *Економічний аналіз*. Тернопіль, 2018. Том 28. № 3. С. 37-46.

Анотація

Проаналізовано роботи, присвячені прогнозуванню попиту на електроенергію, і виокремлено низку з них, що можуть бути використані із застосуванням наявних даних. Досліджено вплив окремих соціально-економічних чинників на обсяги річного споживання електроенергії в Україні. Обґрунтовано використання для задач прогнозування попиту на електричну енергію даних щодо обсягів внутрішнього валового продукту за паритетом купівельної спроможності, енергоємності ВВП і чисельності населення України за період 1991-2017 рр., а також визначено міцність кореляційного зв'язку між ними та річними обсягами споживання електроенергії. Запропоновано економіко-математичну модель прогнозування із використанням рівнянь множинної регресії та метод зменшення нелінійності динаміки досліджуваних чинників. Результати прогнозування, отримані з використанням запропонованої моделі, були зіставлені з результатами прогнозування деяких наявних загальнонаціональних прогнозів.

Ключові слова: електрична енергія; Об'єднана енергетична система України; споживання електричної енергії; попит на електричну енергію; прогнозування; макроекономічні показники.

Mykhailo Orestovych KRUTSYAK

PhD Student,
Department of International Economics,
National Technical University of Ukraine Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute
E-mail: m.Krutsyak@gmail.com

FORECASTING DEMAND ON THE DOMESTIC ELECTRICITY MARKET ON THE BASIS OF THE RESULTS OF SOCIAL AND ECONOMIC INDICATORS DYNAMICS ANALYSIS

Abstract

The works, which are devoted to the forecasting of demand for electric power, are analysed in this research. A number of these works is identified in order to use the available data. The influence of individual social and economic factors on the volume of annual electricity consumption in Ukraine is investigated. The use of forecasting of demand for electric energy data on the volume of gross domestic product on the parity of purchasing power, GDP energy intensity and the population of Ukraine for the period of 1991-2017 are substantiated, as well as the correlation between them. The annual volumes of electricity consumption are determined. It has been proposed the economic and mathematical model of forecasting and use of multiple regression equations. The method of reduction of the nonlinearity of the dynamics of the investigated factors is considered. We have compared the results, which are obtained after the use of this model, with the results of the available national forecasts.

Keywords: electricity; United Energy System of Ukraine; electricity consumption; electricity demand; forecasting; social and economic values.

Вступ

Електроенергетика як забезпечувальна галузь економіки працює за принципом невідкладного забезпечення попиту у режимі реального часу, що відповідно потребує адекватного прогнозування попиту на електричну енергію та розробки відповідних економіко-математичних моделей. Такі моделі насамперед мають враховувати вплив і розвиток чинників у перспективі, що мають вплив на попит на електричну енергію, а вже далі — способи та можливості покриття спрогнозованого обсягу попиту, оптимізації (ресурсів і генерації) тощо. Від точності результатів моделювання значною мірою залежать не тільки становище галузі та підприємств, що входять до неї, а й, власне, національної економіки, її енергетичної та економічної безпеки. З цієї причини вимоги точності результатів моделювання є достатньо жорсткими. Однак, через можливість настання різноманітних стохастичних подій, задовольнити такі вимоги стає щораз складніше. До таких подій в Україні, що відбувалися у недалекому минулому та призвели до зміни кон'юнктури ринку електричної енергії, насамперед слід віднести: розгортання бойових дій на території країни, девальвація національної валюти, технологічні прориви, зміна споживчої поведінки, зміна політичного курсу, приєднання до глобальних інтеграційних процесів, лібералізація ринків тощо. З цієї причини економіко-математична модель прогнозування попиту на електричну енергію має містити зміну економічних, соціальних і демографічних чинників, адже без їх урахування задача прогнозування перетворюється у задачу екстраполяції даних, що не може врахувати розвитку об'єктивно існуючої дійсності, у межах якої якраз і функціонує ринок електричної енергії. Поряд з тим, через відносно нетривалу історію незалежності України до останнього часу, прогнозування з використання економічних методів було обмежено горизонтом самого прогнозування, який на національному рівні згідно з положенням Закону України від 13.04.2017 р. № 2019-VIII «Про ринок електричної енергії» становить принаймні 10 років.

Мета та завдання статті

Метою статті є створення економіко-математичної моделі для вирішення задач прогнозування обсягів попиту на електричну енергію в Україні на перспективу до 10 років з урахуванням результатів аналізу низки соціально-економічних показників, що є визначальними при формуванні попиту на електричну енергію, а також зіставлення результатів моделювання з результатами, наданими профільними організаціями в Україні та встановлення її спроможності. Завдання дослідження – дослідження зміни фізичного обсягу ВВП за ПКС, енергоємності ВВП і чисельності населення на зміни обсягів споживання електричної енергії в Україні, а також встановлення причинно наслідкового зв'язку між ними з використанням економіко-математичних моделей з метою їх подальшого прогнозування.

Виклад основного матеріалу дослідження

Прогнозуванням попиту на електричну енергію і дослідженням адекватності результатів такого прогнозування займалася низка вчених, у результатах дослідження яких була зацікавлена численна кількість науково-дослідних установ, відомств, міністерств і приватних компаній. Серед основоположних праць є праця Егеліоглу [1], який із використанням рівнянь множинної регресії побудував математичну модель, що враховувала вплив кількох економічних чинників на зміну обсягів споживання електроенергії у Північному Кіпрі. У результаті його дослідження встановлено, що чисельність споживачів, ціна на електроенергію і чисельність туристів корелюють зі зміною попиту на електроенергію. У роботі Харріса та Лью [2] кількісними методами описано можливість оцінювання впливу ціни за одиницю електроенергії як одного з вирішальних факторів енергозбереження з боку споживачів. У роботі Яна [3] було доведено щільність зв'язку між обсягами споживання електроенергії та змінами клімату у Гонконзі. Райан і Джайн [4] доповнили модель Яна залежністю попиту на електроенергію від зміни чисельності населення. Фанг і Туммала [4] дійшли висновку про те, що доцільним є використання ціни на електроенергію, валового внутрішнього продукту (ВВП), торговельного балансу та чисельності населення для прогнозування попиту на електроенергію в Гонконзі. Лью та співавтори [5] використовували показники ВВП, вартості електроенергії та чисельності населення з метою прогнозування попиту на електроенергію в Сінгапурі. Лахані та Бамб [6] використовували показники ціни на електроенергію, середній рівень доходів на душу населення з використанням рівняння еластичності попиту на електроенергію у Меріленді. У працях Маркідакіса [7] наведена ще більш складна економіко-математична модель, до якої залучені набори даних різноманітного характеру.

Цілком очевидним є те, що більшим є набір статистичних даних, то більш адекватних результатів моделювання можна досягти, однак для цього потрібна як їх наявність, так і наявність необхідних часу і людських ресурсів для їх обробки. Окрім того, постає певна невизначеність: до якої кількості всіх можливих пояснюваних змінних слід обмежити економіко-математичну модель, адже із їх зростанням вплив кожної із них монотонно прямує до нуля [8].

З урахуванням наведеного вище, можна припустити, що за допомогою моделі, побудованої із використанням рівнянь множинної регресії, що буде містити динаміку рівня фізичного обсягу ВВП, цін на електроенергію та чисельності населення, можна отримати результати прогнозування обсягів попиту на електроенергію з досить високим рівнем адекватності.

У зв'язку із тим, що ціни для кінцевих споживачів електричної енергії в Україні є диференційованими (залежно від групи споживачів і класу напруги) та встановлюються не за ринковими правилами, а прийняттям рішення парламенту, запропонована модель множинної багатофакторної регресії для прогнозування попиту на електроенергію не міститиме даних про зміну цін на останню, а, натомість, буде враховувати дані про динаміку зміни ВВП, енергоємності ВВП і чисельності населення. Вона має наступний вигляд:

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + u \quad (1)$$

де:

Y — рівень попиту або обсяги споживання на електричну енергію (ГВт/год),

X_1 — ВВП (млрд доларів),

X_2 — енергоємність ВВП (кг н.е./тис. доларів),

X_3 — чисельність населення (млн осіб),

u — стандартна похибка (так званий білий шум).

При цьому кожна з незалежних змінних X_1 , X_2 та X_3 описано рівнянням регресії, що відображає динаміку цих змінних у часі t та характер їх зміни:

$$\begin{aligned} X_1 &= c_{01}t^n + c_{11}t^{n-1} + \dots + c_{n1}, & X_2 &= c_{02}t^n + c_{12}t^{n-1} + \dots + c_{n2}, \\ X_3 &= c_{03}t^n + c_{13}t^{n-1} + \dots + c_{n3}, \end{aligned} \quad (2)$$

де:

$c_{01}, c_{11}, c_{n1}, c_{02}, c_{12}, c_{n2}, c_{03}, c_{13}, c_{n3}$ — константи відповідних рівнянь регресій.

Так на рис. 1 наведено зміну обсягів споживання та зміну пояснювальних змінних у динаміці за період 1991-2017 років.

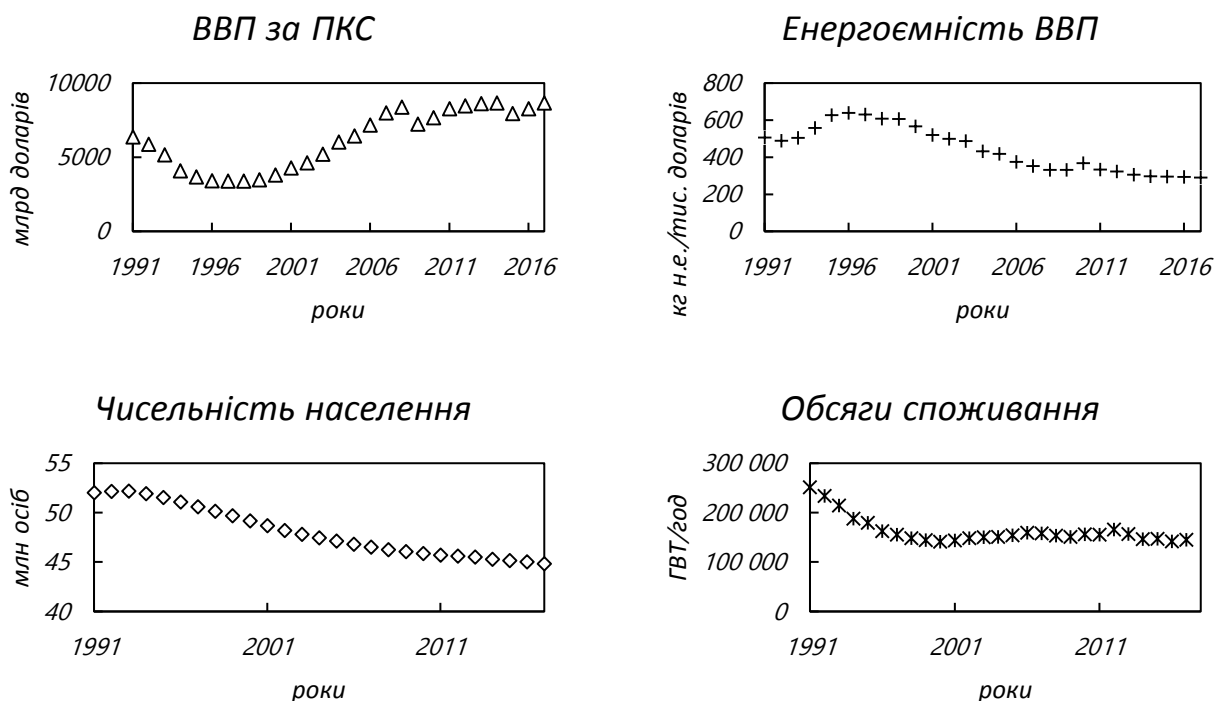


Рис. 1. Динаміка зміни пояснювальних змінних і попиту на електричну енергію, 1991-2017 рр. [9], [10], [11], [12], [13], [14]

Як видно з рис. 1, через наявність помітної нелінійності у споживанні електричної енергії, чисельності населення і ВВП використання рівнянь регресії дещо ускладнене, приклади чого наведені у роботі Мохамеда та Боджера [15]. Причин помітної нелінійності є принаймні кілька: тут і значне зменшення енергопостачання на території ОРДЛО; і розвиток технологій енергозбереження, і переорієнтації національної економіки, і проведення бойових дій на Сході України, і прискорена

девальвації гривні тощо. З цією метою надалі від початку 2007 року використовувалися дані про чисельність населення України без урахування частки населення в АР Крим і ОРДЛО, дані про обсяги споживання електричної енергії по Україні будуть містити дані без урахування частки споживання АР Крим і ОРДЛО. Скориговані дані мають наступний вигляд (рис. 2).

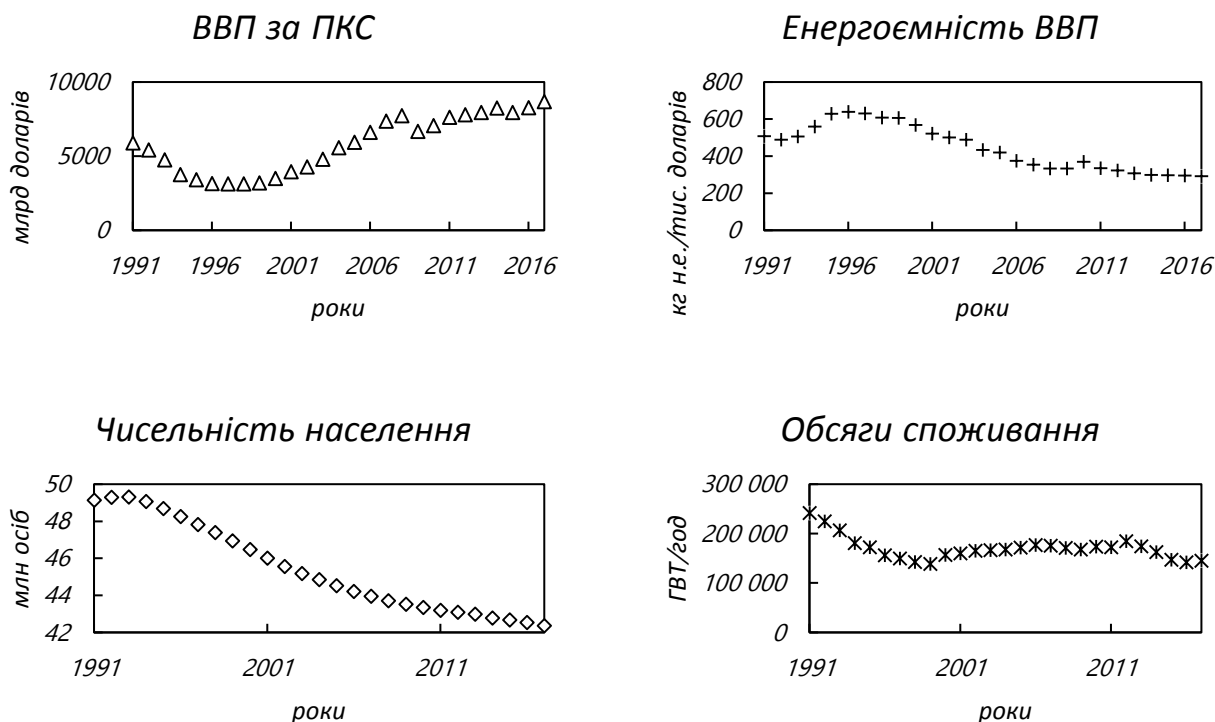


Рис. 2. Динаміки зміни приведених значень пояснювальних змінних і попиту на електричну енергію, 1991-2017 рр. (власні розрахунки)

Для перевірки розробленої моделі було використано кілька статистичних тестів, серед яких: скоригований коефіцієнт детермінації r^2 для визначення того, наскільки добре модель описує дані фактичного споживання, F -тест для перевірки на загальну значимість моделі та t -тест для перевірки рівності коефіцієнтів регресії моделі [16]. Також проаналізовано залишковий «білий шум» u з метою перевірки моделі на відсутність автокореляції.

Залежність кожної з цих змінних одна від одної зображена відповідними коефіцієнтами кореляції. У таблиці 1 наведена кореляційна матриця для змінних, що використовуються у регресійному аналізі за період 1991-2017 рр. при моделюванні попиту на електричну енергію в Україні.

Усі незалежні змінні мають сильний кореляційний зв'язок із залежною змінною, а отже, можна говорити про значущість їх використання надалі. Коефіцієнт кореляції між ВВП і чисельністю населення становить 0,64. Однак у даному випадку спостерігається явище мультиколінеарності. Маркидакіс і співавтори [17] стверджують, що мультиколінеарності у таких випадках можна досить легко позбутися, вирішивши задачу найменших квадратів, що є досить простим завданням (у тому числі, і у випадку множинної регресії).

Таблиця 1. Кореляційна матриця для досліджуваних змінних, які були використані у рівняннях множинної регресії (авторські розрахунки)

Змінні	Обсяги споживання електричної енергії	ВВП	Енергоємність ВВП	Чисельність населення
Обсяги споживання електричної енергії	1	0,74	0,59	0,44
ВВП		1	0,79	0,64
Енергоємність ВВП			1	0,97
Чисельність населення				1

Незалежні змінні, такі, як ВВП (X_1), енергоємність ВВП (X_2) і чисельність населення (X_3), описані з використанням рівнянь регресії. Рівняння регресії для X_1 , X_2 та X_3 мають наступний вигляд:

$$X_1 = -0,0009 \cdot t^6 + 10,6 \cdot t^5 - 53161 \cdot t^4 + 10^8 \cdot t^3 - 2 \cdot 10^{11} t^2 + 2 \cdot 10^{14} \cdot t - 6 \cdot 10^{16} \quad (3)$$

$$X_2 = 0,0001 t^6 - 1,7076 t^5 + 8558,3 t^4 - 2 \cdot 10^7 t^3 + 3 \cdot 10^{10} \cdot t^2 - 3 \cdot 10^{13} \cdot t + 9 \cdot 10^{15} \quad (4)$$

$$X_3 = -8 \cdot 10^{-5} t^4 + 0,6115 t^3 - 1839,8 t^2 + 2 \cdot 10^6 t - 10^9 \quad (5)$$

де t – час (з інтервалом дискретизації в один рік, починаючи з 1991 року).

Саме ж рівняння множинної регресії для визначення прогнозованих обсягів попиту на електричну енергію, з використанням рівнянь (3)–(5), має наступний вигляд:

$$Y = 1,8 \cdot 10^3 - 4,9 \cdot 10^5 \cdot X_1 + 72,7 \cdot X_2 + 5,6 \cdot 10^3 \cdot X_3 \quad (6)$$

У таблиці 2 наведені результати перевірки моделі множинної регресії з використанням різних статистичних методів (скоригований коефіцієнт детермінації r^2 , F -тест і t -тест з критичними значеннями 99 %). Кількість ступенів свободи для F -статистики рівна 3, для детермінатора як і t -статистики – 32.

Таблиця 2. Результати тестування моделі множинної регресії на значущість (авторські розрахунки)

Модель	r^2	F -тест		t -тест			
		Критичне значення 99 % F -критерію	F	Критичне значення 99 % t -критерію	t_1	t_2	t_3
Обсяги споживання електричної енергії	0,89	6,8	1024	2,74	10,2	17,8	30,4

Виходячи з результатів, наведених у таблиці 2, стає очевидним, що для моделі побутових споживачів значення коефіцієнту детермінації r^2 , який рівний 0,89, є досить значним. Зазвичай, у задачах такого типу він рідко перебільшує 0,9. На початку 2000-х років споживання електричної енергії побутовими споживачами швидко зростало насамперед через прискорений перехід населення на електричне опалення, викликане збільшенням вартості цін на природній газ, і поширення сучасної побутової техніки. Однак наприкінці 2000-х років під впливом світової економічної кризи та збільшення ціни на електричну енергію споживання суттєво знизилася. Наявність наведених вище історичних фактів у подальшому дослідженні, як можна пересвідчитися з даних табл. 2, призвела до зменшення коефіцієнта детермінації r^2 .

Скоригований коефіцієнт детермінації для споживачів електричної енергії є значним, що означає пояснення причини зміни обсягів споживання принаймні на 89 %, які викликані змінами ВВП, енергоемності ВВП і чисельності населення. Критичне значення F -тесту значно менше, ніж розраховане значення F -критерію. Тому можна зробити висновок про те, що результати моделювання, отримані з використанням рівнянь множинної регресії (3)–(5), є у достатньою мірою адекватними. Аналогічно, результати t -тесту: значення t_1 , t_2 і t_3 для коефіцієнтів X_1 , X_2 та X_3 є помітно більшими, аніж 99 % критичного значення t . Це означає, що коефіцієнти b_1 , b_2 і b_3 у рівняннях (3)–(5) теж є значними.

На рис. 3 зображено статистичні значення фактичного споживання електричної енергії, а також значення, отримані за допомогою запропонованої моделі. Як видно з цього рисунку, динаміка зміни модельованої величини достатньою мірою повторює форму зміни фактичних ретроспективних даних.

На рис. 4 зображено «білий шум» (залишки від рівнянь множинної регресії). Основна частина сукупності залишків рівномірно розкидана на всій площині, і при цьому не має характерної кривизни розподілу або зони підвищеної щільності. Таким чином, можна говорити, що розподіл залишків має стохастичний розподіл, а тому не потрібно вводити жодних додаткових пояснювальних змінних. Проте зв'язок між залишками та ціною на електроенергію все ж таки існує, але він не є суттєвим і ним можна знехтувати, адже, спираючись на доведення Яю [18], залишки рівні 22,81, що не перевищують критичного значення χ^2 в 31,41 (за прийнятої ймовірності 0,05). Це надає можливість припустити, що автокореляція залишків є незначною.

Обсяги споживання електроенергії

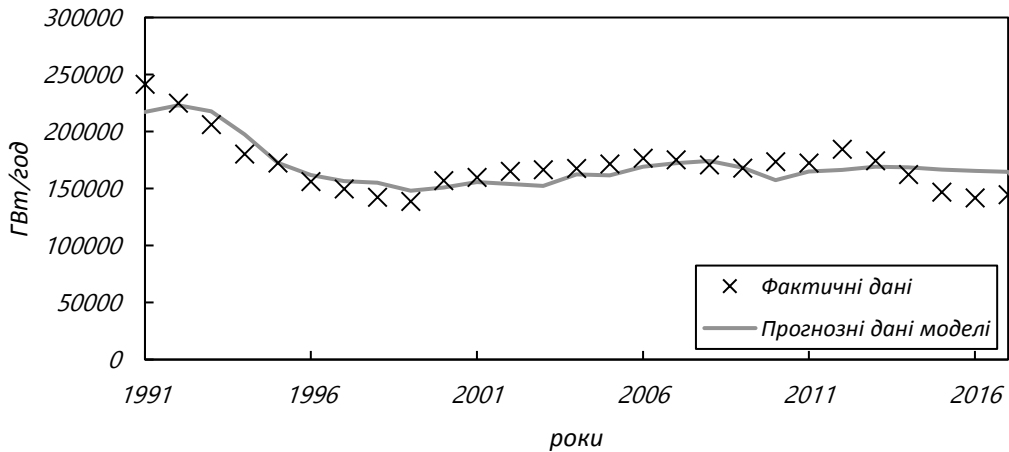


Рис. 3. Результати крос-перевірки запропонованої моделі (власні розрахунки)

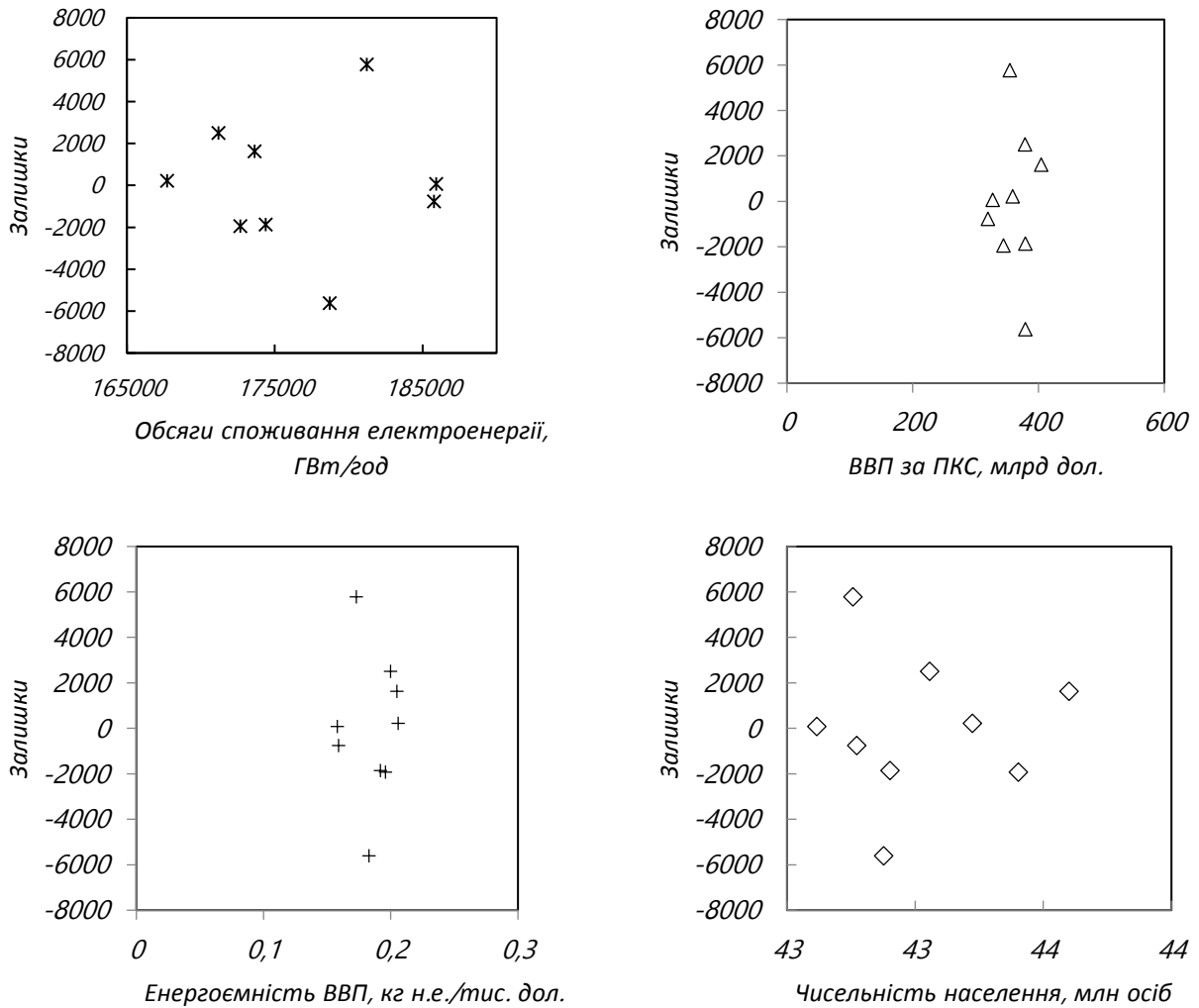


Рис. 4. Розподіл залишків модельованої та пояснювальних змінних (власні розрахунки)

На рис. 5 наведено прогнозні значення попиту на електричну енергію, отримані за допомогою розробленої моделі.

В Україні загальнонаціональні соціально-економічні прогнози розробляються і публікуються Міністерством економічного розвитку і торгівлі України [19], а на рівні регіонів – обласними державними адміністраціями. Відповідні секторальні прогнози складаються відомствами та

міністерствами згідно з їхнім профілем. Таким чином, з урахуванням прогнозу соціально-економічного розвитку України Міністерства економічного розвитку і торгівлі України Міністерством енергетики та вугільної промисловості України в особі ДП «НЕК «Укренерго» розробляє і публікує власні прогнози попиту на електричну енергію на основі оптимізаційної моделі енергопостачання і попиту. Остання є економіко-математичною моделлю ринкової рівноваги в енергетичному секторі.

Обсяги споживання електроенергії

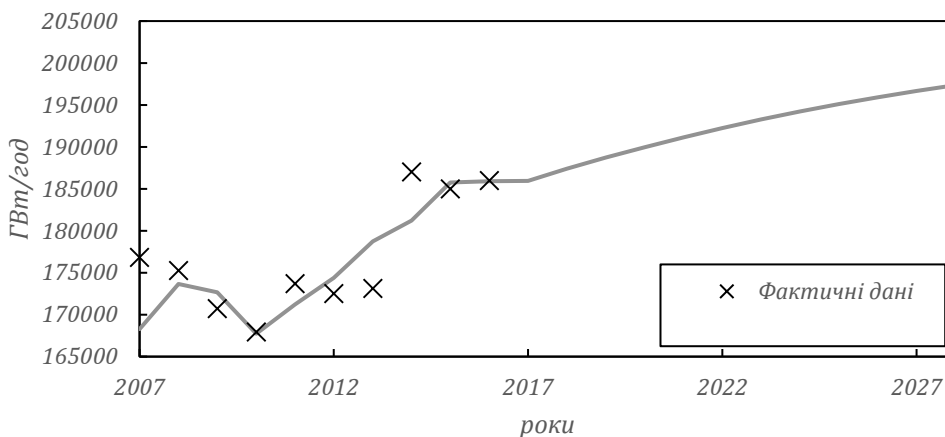


Рис. 5. Прогноз попиту на електричну енергію по Україні (стандартна похибка= $4,38 \times 10^3$, власні розрахунки)

Оптимізаційна модель, яка використовується ДП «НЕК «Укренерго», надає можливість визначити стан рівноваги (баланс) на енергетичному ринку, за вхідною величиною встановленої потужності різних типів генерації і набору цін за одиницю електроенергії (на оптовому та роздрібній ринках, а також для побутових і непобутових споживачів) [20]. З використанням оптимізаційних методів розрахунок балансу продовжується до досягнення стану рівноваги попиту та пропозиції. Прогнози ДП «НЕК «Укренерго» будуються з припущення про зростання споживання із річними темпами на рівні в 1,2-2,0%. З метою оцінювання придатності запропонованої моделі та зіставлення результатів була обрана модель, розроблена в ДП «НЕК «Укренерго».

Прогнозні значення за базовими (інерційними) сценаріями, отримані за допомогою запропонованої моделі множинної регресії, моделі ДУ «Інститут економіки та прогнозування» НАН України [21], моделі ДП «ЕнергоАтом» [22] і моделі ДП «НЕК «Укренерго» наведені на рис. 6.

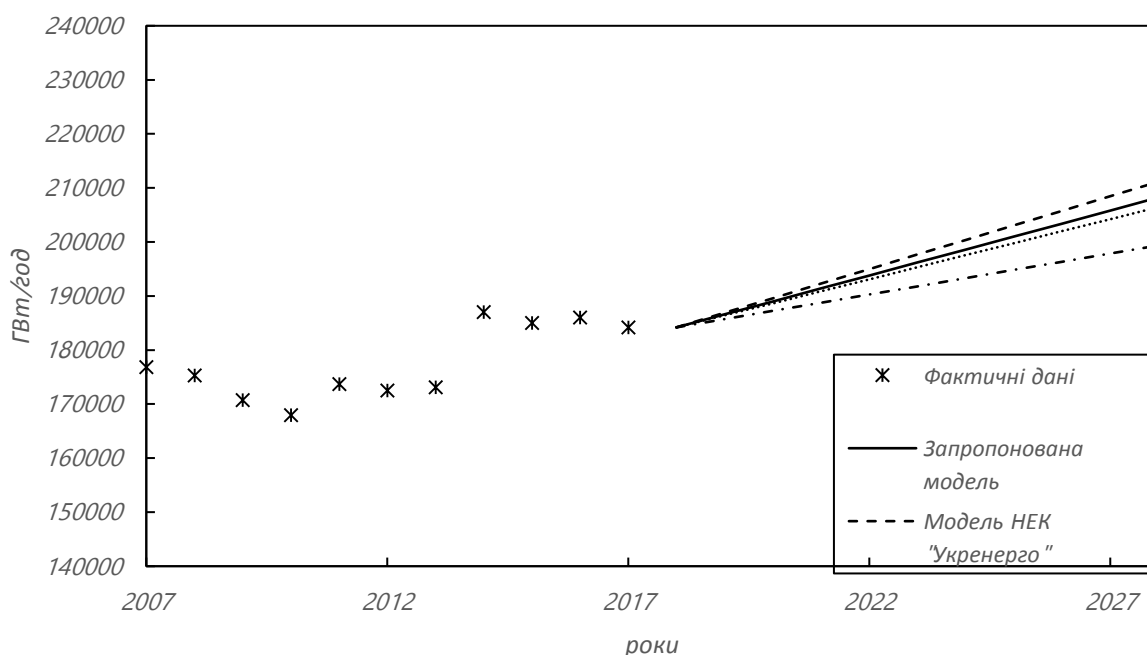


Рис. 6. Порівняння результатів прогнозування для України (власні розрахунки)

Прогнози, отримані за допомогою моделі, описаною рівнянням множинної регресії, для всього періоду прогнозування співпадають з прогнозами (за базових, інерційних пропусків розвитку), наданими ДУ «Інститут економіки та прогнозування», ДП «ЕнергоАтом» і ДП «НЕК «Укренерго», хоч для останнього періоду прогнозування результати почали дещо розходитися.

Висновки та перспективи подальших розвідок

Резюмуючи вищезазначене, виділимо наступне:

- у роботі запропоновано економіко-математичну модель прогнозування попиту на електричну енергію на основі низки соціально-економічних чинників із використанням рівнянь множинної регресії;
- запропоновані моделі, у ході статистичних випробувань, підтвердили високу адекватність отриманих результатів;
- результати, отримані з використанням запропонованої моделі, були зіставлені із прогнозними даними, наданими ДП «НЕК «Укренерго», ДУ «Інститут економіки та прогнозування» НАН України та ДП «ЕнергоАтом»;
- у результаті зіставлено було встановлено, що результати, отримані за допомогою запропонованої моделі, мають достатньо високу точність, що значною мірою залежать від точності прогнозів пояснювальних змінних.

Напрямок подальших досліджень: у нашій роботі для моделювання пояснюючих змінних використовувалися рівняння регресії. Нині досліджується можливість використання інших методів прогнозування цих змінних.

Список літератури

1. Egelioglu F., Mohamad A. A., Guven H. Economic variables and electricity consumption in Northern Cyprus. *Energy* 2001; 26:355–62.
2. Harris J. L., Liu L. Dynamic structural analysis and forecasting of residential electricity consumption. *Int J Forecast* 1993;9: 437–55.
3. Yan Y. Y. Climate and residential electricity consumption in Hong Kong. *Energy* 1998; 23(1): 17–20.
4. Rajan M, Jain VK. Modelling of electrical energy consumption in Delhi. *Energy* 1999; 24: 351–61.
5. Fung Y. H., Tummala V. M. R. Forecasting of electricity consumption: a comparative analysis of regression and artificial neural network models. *IEE Second International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management, Hong Kong; 1993. p.782-7.*
6. Liu X. Q., Ang B. W., Goh T. N. In: Forecasting of electricity consumption: a comparison between an econometric model and a neural network model. In: *IEEE International Conference on Neural Networks, vol. 2; 1991. p. 1254–9.*
7. Lakhani H. G., Bumb B. Forecasting demand for electricity in Maryland: an econometric approach. *Technol Forecast Soc Change* 1978;11:237–61.
8. Makridakis S., Wheelwright S. C. *Forecasting methods for management*, 5th ed. New York: Wiley; 1989.
9. Mohamed Z., Bodger P. S. Analysis of the Logistic model for predicting New Zealand electricity consumption. *Proceedings of the Electricity Engineer's Association (EEA) New Zealand Conference, Christchurch, New Zealand, Published in CD-ROM, 20–21 June; 2003.*
10. The World Bank: Electric power consumption. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC> (дата звернення:09.08.2018).
11. International Energy Agency: Statistics. URL: <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch>.
12. State Enterprise National power company UKRENERGO. Dispatch information. URL: <https://ua.energy/diyalnist/dyspetcherska-informatsiya>.
13. Офіційний сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua>.
14. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
15. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. URL: http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/Proekty/poekty_oznaky_regulatornyh_aktiv/2017/pr_211-1/propoz_pr_211-1.pdf.
16. Zaid Mohamed, Pat Bodger. Forecasting electricity consumption in New Zealand. University of Canterbury; 2004.
17. Sinclair Knight Merz, CAE (Centre for Advanced Engineering, University of Canterbury, NZ). *Electricity Supply and Demand to 2015*, 5th ed. Christchurch: CAE University of Canterbury Campus; 2000.
18. Makridakis S., Wheelwright S. C., Hyndman R. J. *Forecasting methods and applications*. New York: Wiley; 1998.

19. Yau, J. (2012). *Alternative Investments Portfolio Management*. In: *Alternative Investments, Risk Management, and the Application of Derivatives*. Charlottesville, CFA Institute, 5–127.
20. Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine. *Ukraine: Perspectives of the development. Consensus forecast*. Kyiv; 2017. URL: <http://me.gov.ua/Documents/List?lang=uk-UA&tag=Konsensus-prognoz>.
21. Державне підприємство «НЕК «Укренерго»: Проект «Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей». 2017. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2017/10/Zvit-z-otsinky-vidpovidnosti-dostatnosti-generuyuchyuh-potuzhnostej.pdf>.
22. Дячук О., Чепелев М., Подолець Р., Трипольська Г. *Перехід України на відновлювану енергетику до 2050 року*. Київ : Вид-во ТОВ «АРТ КНИГА», 2017. 88 с.
23. Стратегічний план розвитку державного підприємства «Національна енергогенеруюча компанія «ЕНЕРГОАТОМ» на 2018-2022 роки. URL: http://www.energoatom.kiev.ua/files/file/sp_2018_2022_05052018.pdf?admitad_uid=56bb91ddd02c7fe236fa37dcfbe03848t.

References

1. Egelioglu, F., Mohamad, A. A., Guven, H. (2001). Economic variables and electricity consumption in Northern Cyprus. *Energy*, 26, 355–62.
2. Harris, J. L., Liu, L. (1993). *Dynamic structural analysis and forecasting of residential electricity consumption*. *Int J Forecast*, 9, 437–55.
3. Yan, Y. Y. (1998). Climate and residential electricity consumption in Hong Kong. *Energy*, 23(1), 17–20.
4. Rajan M, Jain VK. (1999). Modelling of electrical energy consumption in Delhi. *Energy*, 24, 351–61.
5. Fung, Y. H., Tummala, V. M. R. (1993). Forecasting of electricity consumption: a comparative analysis of regression and artificial neural network models. *IEE Second International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management*, Hong Kong, 782-7.
6. Liu, X. Q., Ang, B. W., Goh, T. N. (1991). Forecasting of electricity consumption: a comparison between an econometric model and a neural network model. In: *IEEE International Conference on Neural Networks*, 2, 1254–9.
7. Lakhani, H. G., Bumb, B. (1978). Forecasting demand for electricity in Maryland: an econometric approach. *Technol Forecast Soc Change*, 11, 237–61.
8. Makridakis, S., Wheelwright, S. C. (1989). *Forecasting methods for management*. New York: Wiley.
9. Mohamed, Z., Bodger, P. S. (2003). Analysis of the Logistic model for predicting New Zealand electricity consumption. *Proceedings of the Electricity Engineer's Association (EEA) New Zealand Conference*, Christchurch, New Zealand, Published in CD-ROM, 20–21 June; 2003.
10. *The World Bank: Electric power consumption*. (n.d.). Retrieved from: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC>.
11. *International Energy Agency: Statistics*. (n.d.). Retrieved from: <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch>.
12. *State Enterprise National power company UKRENERGO. Dispatch information*. (n.d.). Retrieved from: <https://ua.energy/diyalnist/dyspetcherska-informatsiya>.
13. *Official web-site of Ministry of Energy and coal industry*. (2018). Retrieved from: <http://mpe.kmu.gov.ua>. [in Ukrainian].
14. *Official web-site of State Statistics Service of Ukraine*. (2018). Retrieved from: <http://www.ukrstat.gov.ua/>. [in Ukrainian].
15. *Official web-site of The National Commission for state regulation in the energy and utilities (NKREKP)*. (2017). Retrieved from: http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/Proekty/poekty_oznaky_regulatornyh_aktiv/2017/pr_211-1/propoz_pr_211-1.pdf. [in Ukrainian].
16. Zaid, Mohamed, Pat, Bodger. (2004). *Forecasting electricity consumption in New Zealand*. (2004). University of Canterbury.
17. Sinclair, Knight Merz, (2000). CAE (Centre for Advanced Engineering, University of Canterbury, NZ). *Electricity Supply and Demand to 2015*. Christchurch: CAE University of Canterbury Campus.
18. Makridakis, S., Wheelwright, S. C., Hyndman, R. J. (1998). *Forecasting methods and applications*. New York: Wiley.
19. Yau, J. (2012). *Alternative Investments Portfolio Management*. In: *Alternative Investments, Risk Management, and the Application of Derivatives*. Charlottesville, CFA Institute, 5–127.
20. Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine. *Ukraine: Perspectives of the development. Consensus forecast*. Kyiv. (2017). Retrieved from: <http://me.gov.ua/Documents/List?lang=uk-UA&tag=Konsensus-prognoz>.

-
21. *Derzhavne pidpryyemstvo «NEK «Ukrenerho»: Proekt «Zvit z otsinkyvdpovidnosti (dostatnosti) heneruyuchykh potuzhnostey»*. (2017). Retrieved from: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2017/10/Zvit-z-otsinkyvidpovidnosti-dostatnosti-generuyuchykh-potuzhnostej.pdf>. [in Ukrainian].
 22. Dyachuk, O., Chepelyev, M., Podolets', R., Trypol's'ka, H. (2017). *Perehid Ukrayiny na vidnovlyuvanu enerhetyku do 2050 roku*. Kyiv : ART KNYHA. [in Ukrainian].
 23. *Stratehichnyy plan rozvytku drezhavnoho pidpryyemmstva «Natsional'na enerhoheneruyucha kompaniya «ENERHOATOM» na 2018-2022 roky*. Retrieved from: http://www.energoatom.kiev.ua/files/file/sp_2018_2022_05052018.pdf?admitad_uid=56bb91ddd02c7fe236fa37dcfbe03848t. [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції – 09.10.2018 р., прийнята до друку – 21.10.2018 р.