

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ, МОДЕЛЕЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Сагайда П. І., Мікаелян Е. В.

Рассмотрены вопросы разработки программного комплекса для проведения прогнозирования потребления электроэнергии. Проанализированы существующие методы прогнозирования потребления электроэнергии. Выделены основные критерии оценки результатов прогнозирования. Определено, по каким параметрам нужно оценивать точность и качество методов прогнозирования. Создан проект программного комплекса с использованием объектно-ориентированного подхода для реализации двух методов прогнозирования потребления электроэнергии. Разработаны подходы и алгоритм построения математической модели прогнозирования потребления электроэнергии. В ходе формирования проекта прогнозирования потребления электроэнергии будет выявлен наиболее точный результат, который в свою очередь приближен к фактическому показателю потребления электричества за определенный период времени. Для формирования модели прогнозирования учитывались сезонные факторы, которые влияют на результат прогнозирования. В качестве дополнительного исследования проводится корректировка прогноза в зависимости от погодных условий, которые в свою очередь могут существенно повлиять на прогноз потребления электроэнергии в целом. Сравниваются методы прогнозирования электропотребления на основе предварительного анализа рисков их использования. В статье дается оценка прогнозных уровней электропотребления, демонстрируются проблемы и основные подходы к прогнозированию объемов электропотребления. Анализ правильности расчетов предполагает сравнение статистических данных, полученных на этапе проведения прогнозирования потребления электроэнергии.

Ключевые слова: технологический процесс, методы прогнозирования, электроэнергия, показатели, результаты, оценивание, программно-методический комплекс, модель.

Розглянуто питання розробки програмного комплексу для проведення прогнозування споживання електроенергії. Проаналізовано існуючі методи прогнозування споживання електроенергії. Виділено основні критерії оцінки результатів прогнозування. Визначено, за якими параметрами потрібно оцінювати точність і якість методів прогнозування. Створено проект програмного комплексу з використанням об'єктно-орієнтованого підходу для реалізації двох методів прогнозування споживання електроенергії. Розроблено підходи та алгоритм побудови математичної моделі прогнозування споживання електроенергії. В ході формування проекту прогнозування споживання електроенергії буде виявлено найбільш точний результат, який в свою чергу наблизений до фактичного показника споживання електрики за певний період часу. Для формування моделі прогнозування враховувалися сезонні фактори, які впливають на результат прогнозування. В якості додаткового дослідження проводиться коригування прогнозу в залежності від погодних умов, які в свою чергу можуть істотно вплинути на прогноз споживання електроенергії в цілому. Порівнюються методи прогнозування електроспоживання на основі попереднього аналізу ризиків їх використання. У статті дається оцінка прогнозних рівнів електроспоживання, демонструються проблеми і основні підходи до прогнозування обсягів електроспоживання. Аналіз правильності розрахунків передбачає порівняння статистичних даних, отриманих на етапі проведення прогнозування споживання електроенергії.

Ключові слова: технологічний процес, методи прогнозування, електроенергія, показники, результати, оцінювання, програмно-методичний комплекс, модель.

The issues of developing a software package for forecasting electricity consumption are considered. Analyzed existing methods for predicting electricity consumption. The main criteria for evaluating the results of forecasting are highlighted. Determined by what parameters need to assess the accuracy and quality of forecasting methods. A project of a software package has been created using an object-oriented approach for implementing two methods for predicting electricity consumption. The approaches and algorithm for constructing a mathematical model for predicting electricity consumption have been developed. During the formation of the project of forecasting electricity consumption, the most accurate result will be identified, which in turn will be close to the actual figure of electricity consumption for a certain period of time. To form a forecasting model, seasonal factors were taken into account that influence the result of forecasting. As an additional study, the forecast is adjusted depending on weather conditions, which in turn may significantly affect the forecast of electricity consumption in general. The methods of forecasting power consumption are compared on the basis of a preliminary analysis of the risks of their use. The article assesses the predicted levels of power consumption, demonstrates the problems and the main approaches to forecasting the volumes of power consumption. Analysis of the correctness of calculations involves the comparison of statistical data obtained at the stage of forecasting electricity consumption.

Keywords: technological process, forecasting methods, electricity, indicators, results, estimates, program-methodical complex, model.

Сагайда П. И.

канд. техн. наук, доц. каф. КИТ ДГМА
paulsagayda@ukr.net

Микаэлян Э. В.

студент каф. КИТ ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 004.94

Сагайда П. І., Мікаелян Е. В.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ, МОДЕЛЕЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Сучасний прогрес неможливий без автоматизації різних процесів, особливо в сфері прогнозування. Сектор електроенергетики є ключовим компонентом всієї енергетичної системи в цілому, оскільки електроенергія становить вагомую частку у витратах практично всіх галузей економіки. У зв'язку з цим, недолік електроенергії в країні є обмежувачем економічного зростання [1].

Прогнозні оцінки динаміки електроспоживання в швидко розвиваються, що входять до Європейського союзу (куди входить і Україна), набувають особливої актуальності, так як є необхідним елементом планів по довгостроковому розвитку енергетичних систем національних економік.

Реалізація подібних можливостей може бути здійснена за рахунок розробки модельних комплексів, що включають в себе окремі моделі, які розглядають процес електроспоживання з використанням різних підходів. Актуальність розробки подібних комплексів моделей неодноразово підкреслювалася провідними вітчизняними вченими [2, 3, 4].

В даний час Україна є одним з лідерів по споживанню енергоресурсів, і цей факт висуває на перший план необхідність розробки стратегії національної енергетичної безпеки [1, 2].

Масштабні проведені реформи в сфері електроенергетики України пред'являють до якості прогнозів такі вимоги, як моделювання сценарних і інтегральних довгострокових прогнозів, можливість аналізу наслідків керуючих впливів і змін макроекономічних параметрів [4].

Споживання електроенергії населенням і промисловими підприємствами залежить від багатьох факторів: температурний режим, час доби (світле / темне), погодні умови (в похмуру погоду люди швидше залишаться вдома) і т. д. [2].

Таким чином, на комунікації виявляється різна навантаження; в разі перевантаження мережі вона може вийти з ладу, що спричинить тяжкі наслідки. Постійна необхідність постачання електроенергією населення і промислових підприємств породжує необхідність серйозного захисту від поломок. Припинення надходження енергії на життєво важливі об'єкти може стати причиною катастрофи і привести до настільки величезних фінансових втрат, що в більшості випадків доцільніше витратити гроші на запобігання кризових ситуацій.

Вирішення цього завдання може бути проведено двома шляхами. Перший полягає у вивченні та постійному моніторингу стану обладнання, а також в прогнозуванні стану на кілька періодів вперед. Цей підхід вимагає створення системи збору інформації та тривалої роботи експертів і аналітиків. Результат досягається через досить великий проміжок часу і вимагає значних фінансових витрат. Але тим не менш, він стабільний і дозволяє в довгостроковій перспективі повністю забезпечити себе від ризиків.

Альтернативним способом є прогнозування споживання електроенергії [3]. Як правило, фахівці знають про потенційні можливості електромереж та інформації про споживання їм буде досить для передбачення експертним шляхом можливих поломок. Цей шлях вимагає незначних фінансових витрат або значного часу на збір репрезентативних вибірок. Інформація, необхідна для прогнозування, як правило, збирається датчиками на електростанції або комунальними службами. Даний підхід дає менш стабільні результати, але вони проявляються в значно коротший період часу.

У зв'язку з появою на оптовому ринку електроенергії [5] сектора вільної торгівлі зростає важливість прогнозування енергоспоживання учасників даного ринку.

При переході в сектор вільної торгівлі крім вигаду від участі в конкурентних торгах суб'єкт оптового ринку бере на себе певний ризик, який пов'язаний з неможливістю точного планування заявки на споживання електроенергії. Відхилення фактичного споживання від заявлених значень більше певного відсотка призводить до покупки електроенергії з балансу ринку за більшою ціною. Відхилення в меншу сторону теж карається оплатою неоплаченої електроенергії, яка визначається різницею між заявленим і фактичним споживанням за встановленими розцінками[4].

Особливо відповідальним прогноз є для тих енергосистем, у яких немає власних генеруючих потужностей, і відсутні можливості впливати на навантаження споживачів.

Складність прогнозу електроспоживання обумовлена наявністю великого числа споживачів і необхідністю обліку багатьох факторів, що впливають на споживання електроенергії (температура навколишнього повітря; ступінь освітленості; тривалість дня; день тижня; переходи з зимового на літній час і назад; наявність екстраординарних подій (катастрофи; масові акції); прогнози погодних умов; стан інших факторів, що впливають на зміну споживання відповідно до даних, отриманими внаслідок обробки статистики споживання; плановане включення / відключення енергоємних виробництв).

Мета дослідження – підвищення точності і оперативності прогнозування споживання електроенергії за рахунок зниження трудомісткості процесу та багатоваріантності його виконання. Створити проект програмного комплексу для прогнозування споживання електроенергії.

Для вирішення завдання прогнозування електроспоживання можуть бути використані традиційні статистичні моделі (регресивні моделі та моделі на основі часових рядів) і моделі на основі експертних систем і нейронних мереж(НМ) [6]. Переважно використання НМ. Це обумовлено тим, що не потрібно побудови моделі об'єкта, не губиться працездатність при неповній вхідній інформації. НМ володіють стійкістю до перешкод, мають високу швидкість.

Розрахунок прогнозу траєкторії ЕП на інтервалі попередження здійснюється одним з наступних методів[2], що розрізняються способами формування траєкторії тяжіння і адаптації коефіцієнтів прогнозуючої математичної моделі.

Спосіб формування точок тяжіння за першим методом передбачає виконання незалежного прогнозування окремих точок графіка споживання на інтервалі попередження. Уточнення коефіцієнтів прогнозуючої математичної моделі в цьому методі здійснюється під час кожного сеансу апроксимації точок навчальної вибірки. Використання даного методу дозволяє розраховувати графік прогнозу ЕП з урахуванням всіх вимірюваних факторів (часу доби, температури, ін.), що впливають на ЕП.

Другий метод передбачає використання першого методу для формування базової прогнозуючої математичної моделі і пропонує додаткові способи уточнення значень коефіцієнтів прогнозуючої математичної моделі з урахуванням виявлених статистичних залежностей між цими коефіцієнтами і незалежними параметрами прогнозу (часом і метеорологічними параметрами). Застосування другого методу особливо доцільно тоді, коли в якості базової траєкторії тяжіння ЕП використовується фактичний графік ЕП за минулі інтервали часу.

Модель прогнозування ARIMA (від англ. Autoregressiveintegratedmovingaverage, іноді модель Боксу – Дженкінса, методологія Боксу –Дженкінса) – інтегрована модель авто регресії – змінного середнього, модель і методологія аналізу часових рядів.

Процес авто регресії p -го порядку в його класичному розумінні може бути представлений у формі:

$$y_t = p_1 y_{t-1} + p_2 y_{t-2} + \dots + p_p y_{t-p} + e_t. \quad (1)$$

Процес змінного середнього q -го порядку в його класичному розумінні може бути представлений у формі:

$$y_t = e_t + \theta_1 e_{t-1} + \theta_2 e_{t-2} + \dots + \theta_q e_{t-q}. \quad (2)$$

Регресійний аналіз – метод моделювання вимірюваних даних і дослідження їх властивостей. Дані складаються з пар значень залежної змінної (змінної відгуку) і незалежної змінної (що пояснює змінну). Регресійна модель є функція незалежної змінної і параметрів з даною випадковою змінною. Параметри моделі налаштовуються таким чином, що модель найкращим чином наближає дані. Критерієм якості наближення (цільовою функцією) зазвичай є середньоквадратична помилка: сума квадратів різниці значень моделі і залежною змінною для всіх значень незалежної змінної як аргумент.

Регресія – залежність математичного очікування (наприклад, середнього значення) випадкової величини від однієї або декількох інших випадкових величин (вільних змінних), тобто:

$$E(y|x) = f(x). \quad (3)$$

Регресійний аналізом називається пошук такої функції f , яка описує цю залежність. Регресія може бути представлена у вигляді суми не випадкової і випадкової складових.

$$y = f(x) + v, \quad (4)$$

де f – функція регресійної залежності, а v – адитивна випадкова величина з нульовим мато-очікуванням.

Також для прогнозування використовуються нейронні мережі – самонавчальні системи, що імітують діяльність людського мозку.

Стан нейрона визначається за формулою:

$$S = \sum_{i=1}^n x_i w_i, \quad (5)$$

де n – число входів нейрона;

x_i – значення i -го входу нейрона;

w_i – вага i -го синапсу.

Точність прогнозування оцінюється за фактом, тобто кожен прогноз оцінюється не раніше, ніж після проміжку часу, рівного інтервалу попередження, що пройшов з моменту виконання прогнозу.

У загальному випадку для оцінки точності рекомендується використовувати наступні показники:

– середній модуль помилок прогнозу:

$$E_{CM} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_{\phi 1} - Y_{\Pi 1}|, \quad (6)$$

де $Y_{\phi 1}$ – фактичне значення параметра;

$Y_{\Pi 1}$ – прогнозне значення параметра;

n – кількість точок на оціненого інтервалі попередження.

Діаграма прецедентів – діаграма, на якій відображені відносини, існуюча між акторами та прецедентами. Найчастіше з допомогою прецедентів моделюють поведінку елемента: системи в цілому і підсистеми або класу. При цьому важливо сконцентруватися виключно на тому, що повинен робити елемент, а не на тому, як він це буде робити.

Можна виокремити одну роль: користувач.

Роль користувача полягає в отриманні прогнозу споживання на основі даних. Користувач повинен вибрати пріоритет оцінювання, встановити вагові коефіцієнти до кожного показника, занести оцінки експертів до програми, провести розрахунок та отримати узагальнену оцінку та статистичні дані.

Діаграма прецедентів програмного комплексу для прогнозування споживання електроенергії представлена на рис. 1.

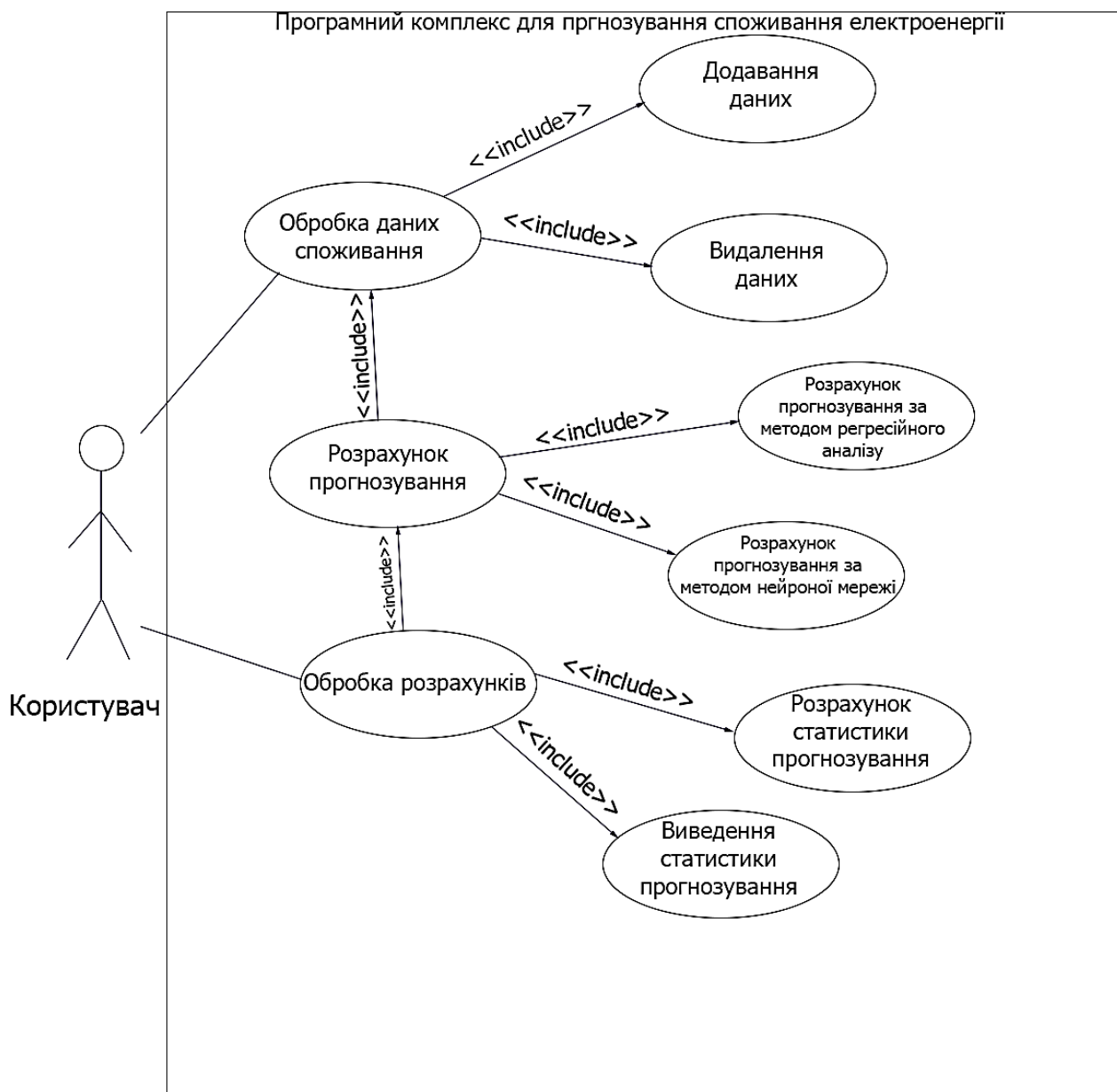


Рис. 1. Діаграма прецедентів програмного комплексу для прогнозування споживання електроенергії

Діаграми класів застосовують для моделювання статичного виду системи з точки зору проектування.

Класи використовуються в процесі аналізу предметної області для складання словника предметної області розроблюваної системи. Це можуть бути як абстрактні поняття предметної області, так і класи, на які спирається розробка і які описують програмні або апаратні сутності [7].

Програма авторизує користувача. Користувач обирає дані споживача для подальшого прогнозування. Програма виконує розрахунок прогнозування за методами. Розрахунок прогнозування виконується за допомогою даних, які користувач підключив.

Діаграма класів для автоматизації прогнозування споживання електроенергії показана на рис. 2.

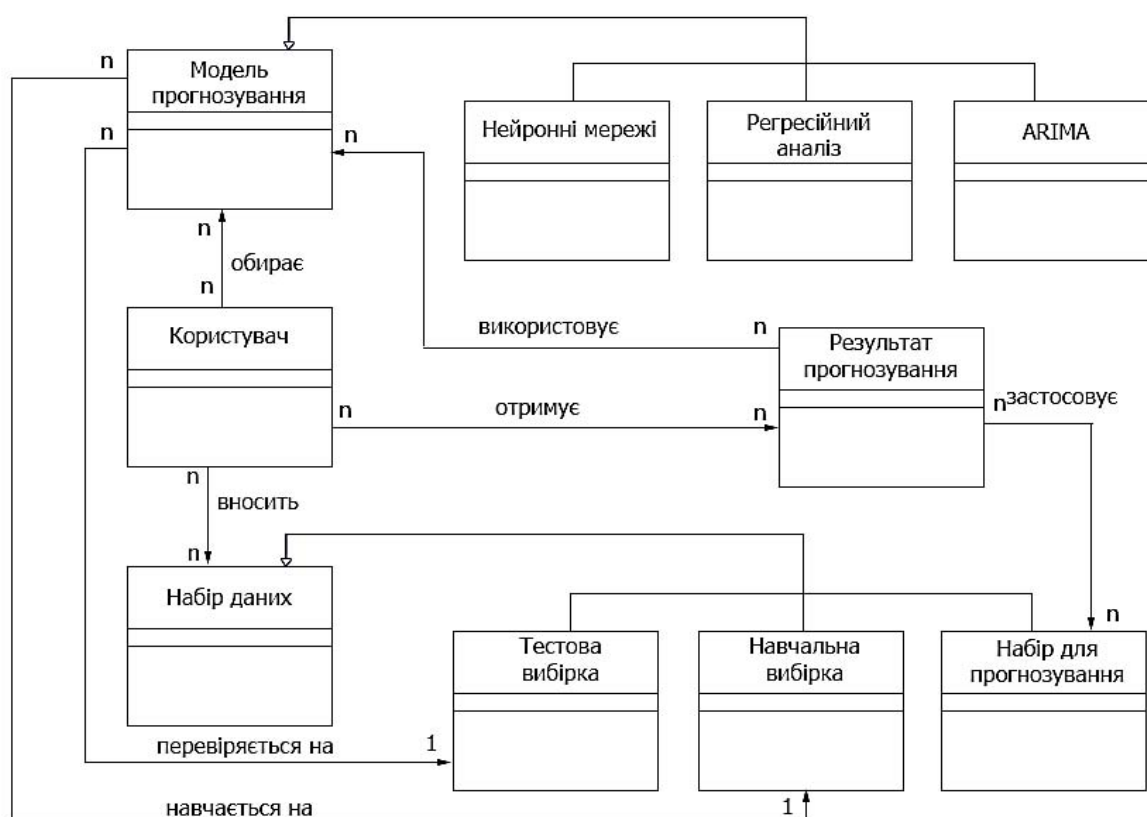


Рис. 2. Діаграма класів програмного комплексу для прогнозування споживання електроенергії

Діаграма послідовностей відноситься до діаграм взаємодії UML [8, 9], що описує поведінкові аспекти системи, але розглядає взаємодію об'єктів у часі. Іншими словами, діаграма послідовностей відображає часові особливості передачі і прийому повідомлень об'єктами.

Процес взаємодії користувача з програмою може бути описаний в наступному вигляді:

Користувач запрошує дані для прогнозування за попередній період. Далі він вибирає модель прогнозування подальшого споживання. В подальшому користувач може змінити модель прогнозування. Після цього він отримує дані прогнозування згідно обраної моделі. Програма зберігає ці дані.

Графічно зображений процес роботи програми за допомогою діаграми послідовності, зображено на рис. 3.

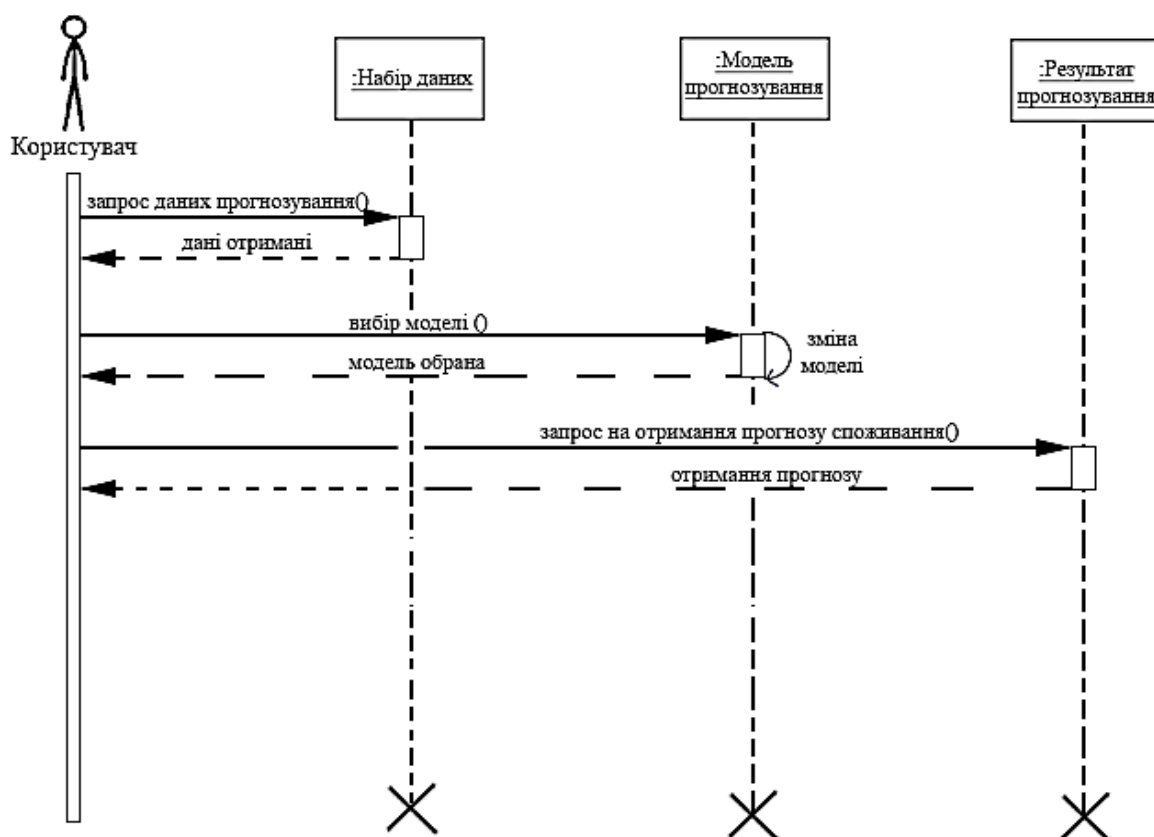


Рис. 3. Діаграма прецедентів програмного комплексу прогнозування споживання електроенергії

ВИСНОВКИ

В ході дослідження було проаналізовано існуючі методи прогнозування споживання електроенергії. Спроектовано програмний комплекс для прогнозування споживання електроенергії. При проектуванні програми використовується об'єктно-орієнтований підхід.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Селищев А. С. економіка в XXI столітті / А. С. Селищев, Н. А. Селищев. – СПб. : Пітер, 2004. – 240 с.
2. Анісімов А. Н. Економетричний аналіз розвитку енергетики / А. Н. Анісімов. – Наука, 1991. – 104 с.
3. Методи і моделі прогнозних взаємозв'язків енергетики та економіки / Ю. Д. Кононов, Е. В. Гальперова, Д. Ю. Кононов та ін. – Наука, 2009. – 178 с.
4. Нефтегазовая промисловість індустріально розвинених капіталістичних і країн, що розвиваються (1976 – 1985 рр.) : Довідник / Під. ред. М. С. Моделевського. – М. : Недра, 1988. – 174 с.
5. Report details costs of computer power loss // Instrumentation Technology. – 1974. – Vol. 21. – N 9. – P. 21–22.
6. Жежелев І. В. Показники якості електроенергії та їх контроль на промислових підприємствах / І. В. Жежелев. – М. : Вища школа, 1986. – 168 с.
7. Діаграма класів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.kde.org/trunk4/uk/kdesdk/umbrello/uml-elements.html>
8. Повне керівництво. Опис за типами. UML-діаграм з прикладами : пер. з англ. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://creately.com/blog/diagrams/uml-diagram-types-examples>.
9. Діаграми класів UML. логічне моделювання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.informicus.ru/Default.aspx?SECTION=6&id=73&subdivisionid=3>.

Стаття надійшла до редакції 11.03.2018 р.