

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Системотехніки
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

Розробка та дослідження інформаційної системи управління
паливно-енергетичним балансом регіону
(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи ІПІм-18-1
Пуговкін М. А.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційні технології
проектування
(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Решетнік В. М.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри СТ _____ проф. Гребеннік І.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

2019 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Комп'ютерні науки _____
Кафедра _____ Системотехніки _____
Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____
Спеціальність _____ 122 Комп'ютерні науки _____
(Код і повна назва)
Тип програми _____ освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)
Освітня програма Інформаційні технології проектування _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« ____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Пуговкіну Михайлу Андрійовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) _____ Розробка та дослідження інформаційної системи управління _____
паливно-енергетичним балансом регіону _____

затверджена наказом по університету від " ____ " _____ 20 ____ р. № _____

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 19 _____ грудня _____ 2019 р.

3. Вихідні дані до роботи _____ Перелік використовуваних програмних засобів: _____
Статистичні дані ХОДА щодо ПЕБ 2016-2019 рр. ОС Microsoft Windows 10, PyCharm, Enterprise Architect, Visio, Vpwin, IBM Rational Rose, СУБД MySQL

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі) _____
4.1 Вступ; 4.2 Аналіз предметної області; 4.2.1 Сутність ПЕБ як методології; 4.2.2 Аналіз реалізованої ІСУ ПЕБ; 4.2.3 Постановка задачі; 4.3 Проектування та розробка ІСУ ПЕБ; 4.3.1 Моделювання предметної області; 4.3.2 Визначення функціональних вимог до компонентів ІСУ ПЕБ; 4.3.3 Моделювання користувацького інтерфейсу; 4.3.4 Проектування бази даних; 4.3.5 Математичні методи лінійного програмування, які були використані в модулі формування поточного ПЕБ; 4.3.6 Нейронна мережа, яка була використана у модулі формування прогнозного ПЕБ; 4.4 Дослідження модуля прогнозування ІСУ ПЕБ; 4.4.1 загальні відомості щодо гіперпараметрів нейронної мережі; 4.4.2 Дослідження ефективності алгоритму навчання; 4.4.3 Дослідження залежності похибки прогнозування від моменту; 4.4.4 Дослідження залежності ефективності алгоритму навчання від у кількості нейронів прихованого шару; 4.5 Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій _____
5.1 Актуальність (2 аркуші формату А4). 5.2 Мета атестаційної роботи (1 аркуш формату А4). 5.3 Постановка задачі (2 аркуші формату А4). 5.4 Загальна діаграма прецедентів ІСУ ПЕБ регіону (1 аркуш формату А4). 5.5 Контекстна діаграма системи (1 аркуш формату А4). 5.6 Декомпозиція контекстної діаграми системи (1 аркуша формату А4). 5.7 Діаграма потоків даних (1 аркуша формату А4). 5.8 Декомпозиція діаграми потоків

даних (1 аркуш формату А4). 5.9 ER-Діаграма бази даних (1 аркуш формату А4). 5.10 Математичні методи розрахунку поточного ПЕБ (2 аркуш формату А4), 5.11 Результати оптимізації (1 аркуш формату А4), 5.12 Алгоритм навчання ШНМ(1 аркуш формату А4), 5.13 Ефективність алгоритму навчання ШНМ(1 аркуш формату А4), 5.14 Висновки (2 аркуш формату А4).

6. Консультанти розділів роботи (проекту)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Спеціальна частина	доцент Решетник Віктор Михайлович		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання до атестаційної роботи	02.09. 2019	
2	Аналіз предметної області	03.09. 2019	
3	Постановка задачі дослідження	22.09. 2019	
4	Розробка моделі інформаційної системи	07.10. 2019	
5	Складання вимог до інформаційної системи	15.10. 2019	
6	Проведення досліджень та їх стислий аналіз	27.10.2019	
7	Оформлення пояснювальної записки	17.11. 2019	
8	Подача атестаційної роботи на перевірку	04.12. 2019	
9	Підготовка доповіді до захисту	06.12.2019	
10	Захист атестаційної роботи	19.12.2019	

Дата видачі завдання 4 листопада 2019 р

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____ доц. Решетник В. М.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Атестаційна робота: 111 стор., 32 рис., 2 додатки, 24 джерел. Графічний матеріал атестаційної роботи містить 18 плакатів.

Об'єкт розробки – процеси інформаційного забезпечення системи управління паливно-енергетичного балансу регіону.

Предмет розробки – інформаційна система управління паливно-енергетичним балансом регіону.

Мета роботи – розробка ІСУ ПЕБ регіону з базовою функцією автоматизованого формування ПЕБ регіону та додатковою функцією прогнозування ПЕБ регіону.

Методи розробки – в атестаційній роботі були використані такі методи розробки:

- аналіз системи розрахунку паливно енергетичного балансу;
- аналіз літератури та нормативно-правової документації з тематики;
- вивчення та узагальнення вітчизняної та зарубіжної практики;
- моделювання функціональної структури системи;
- моделювання структури розповсюдження та розподілу даних;
- моделювання структури нейронної мережі;
- узагальнення усіх здобутих знань із зазначеної тематики.

Результати роботи – клієнт-серверний додаток, що дозволяє розраховувати поточний та прогнозний паливно-енергетичні баланси.

Область застосування – додаток застосовується для розрахунку паливно енергетичного балансу для регіону.

ПАЛИВНО ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС, УПРАВЛІННЯ ПАЛИВНО ЕНЕРГЕТИЧНИМ БАЛАНСОМ, ПАЛИВНО ЕНЕРГЕТИЧНИЙ КОМПЛЕКС, КЛІЄНТ-СЕРВЕР, ЛОКАЛЬНИЙ ДОДАТОК, НЕЙРОННА МЕРЕЖА

ABSTRACT

Attestation work: 111 p., 14 pic., 18 sources, 4 applications. Graphic material attestation work contains 18 posters.

The object of development – processes of information support of the region's fuel and energy balance management system.

The subject of development – information system of management of fuel and energy balance of the region

The purpose of the work – development of regional FEB with basic function of automated formation of regional FEB and additional forecasting of FEB of the region.

Methods of working – in the attestation work the following methods of development were used:

- analysis of the system of calculation of fuel energy balance;
- analysis of literature and regulatory legal documents on the subject;
- study and generalization of domestic and foreign practice;
- modeling of the functional structure of the system;
- modeling of data distribution and distribution structure;
- modeling of neural network structure;
- summarizing all the acquired knowledge on the subject.

The result – client-server application to calculate current and forecast fuel and energy balances.

Scope – the application is used to calculate and predict the fuel and energy balance for the region.

FUEL ENERGY BALANCE, FUEL ENERGY BALANCE CONTROL, FUEL ENERGY COMPLEX, CLIENT-SERVER, LOCAL APPLICATION, NEURAL NETWORK.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	11
1.1 Сутність ПЕБ як методології	11
1.2 Аналіз реалізованої ІСУ ПЕБ.....	16
1.3 Постановка задачі.....	22
2 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ІСУ ПЕБ	25
2.1 Моделювання предметної області.....	25
2.2 Визначення функціональних вимог ІСУ ПЕБ.....	29
2.3 Моделювання користувацького інтерфейсу.....	38
2.4 Проектування бази даних	46
2.5 Математичні методи лінійного програмування, які були використані в модулі формування поточного ПЕБ.....	55
2.6 Нейронна мережа, яка була використана у модулі формування прогнозного ПЕБ.	61
3 ДОСЛІДЖЕННЯ МОДУЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ІСУ ПЕБ	65
3.1 Загальні відомості щодо гіперпараметрів нейронної мережі	65
3.2 Дослідження ефективності алгоритму навчання	68
3.3 Дослідження залежності похибки прогнозування від моменту	69
3.4 Дослідження залежності ефективності алгоритму навчання від кількості нейронів прихованого шару	70
ВИСНОВКИ.....	73
Додаток А	78
Графічні матеріали	78
Додаток Б.....	99
Текст програми	99
Додаток В	108
Специфікація.....	108
Додаток Г	110
Відомість атестаційної роботи.....	110

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

- БД – база даних;
ІС – інформаційна система;
ІСУ – інформаційна система управління;
ПЕБ – паливно енергетичний баланс;
ПЕК – паливно енергетичний комплекс;
ПЕР – паливно енергетичний ресурс;
УПЕК ХОДА - Управління паливно-енергетичного комплексу
Харківської обласної державної адміністрації;
РБД – реляційна база даних;
СУБД – система управління базами даних.
СД – сховище даних;
ВД – вітрина даних;
ЕВ – енергетична вітрина є вітриною даних ПЕБ для ІСУ ПЕБ;
СППР – Система підтримки прийняття рішень.
OLTP (англ. Online Transaction Processing) – онлайнова обробка
транзакцій.
RMSE – корінь середньоквадратичного відхилення.
СКВ – середньоквадратичне відхилення

ВСТУП

Найважливішим фактором збалансованого розвитку економіки, а також підвищення техніко-економічних показників діяльності підприємств та організації є енергозбереження. Для ефективної реалізації всього комплексу робіт з енергозбереження потрібно значне підвищення рівня інформаційного забезпечення всіх передбачених заходів [1].

З точки зору моніторингу показників енергетичної безпеки, проведення ефективної політики збереження енергоресурсів, а також тарифної та інвестиційної політики представляє інтерес організація ведення паливно-енергетичних балансів територіальних утворень. Паливно-енергетичний баланс (ПЕБ) пов'язує воедино всі елементи паливно-енергетичного комплексу (ПЕК), які беруть участь у виробництві та споживанні теплової та електроенергії, баланси природних ресурсів, інвестиційні плани компаній і держави. ПЕБ є основою для перспективного прогнозування попиту і пропозиції енергоресурсів з урахуванням оцінювання тенденцій розвитку паливно-енергетичного комплексу, інструментом формування регіональної соціально-економічної політики на середньострокову і довгострокову перспективу.

Паливно-енергетичний комплекс регіону відрізняється складною багаторівневою структурою, різноманіттям зв'язків, багатоплановістю проявів своїх характеристик. Управління такою структурою неможливо без організованої інформаційної підтримки. Визнано, що балансовий підхід дає можливість здійснювати аналіз змін в структурі виробництва і споживання палива і енергії, визначати основні напрямки розвитку паливно-енергетичного комплексу, виконувати визначення цільових показників ефективності його функціонування. До теперішнього часу накопичений певний досвід складання паливно-енергетичних балансів територіальних утворень. Разом з тим питання інформаційно-аналітичного супроводу цього процесу пророблене слабо.

У зв'язку з цим актуальним є розробка інформаційної системи зведеного паливно-енергетичного балансу регіону, а також технології

автоматизованого формування балансу в рамках регіональної інформаційно-аналітичної системи ведення паливно-енергетичних балансів з додатковим наданням прогнозних варіантів розвитку ПЕБ на найближчі 3 роки.

Об'єкт розробки – процеси інформаційного забезпечення системи управління ПЕБ регіону.

Предмет розробки – інформаційна система управління ПЕБ регіону

Метою даною роботи є розробка ІСУ ПЕБ регіону з базовою функцією автоматизованого формування ПЕБ регіону та додатковою функцією прогнозування ПЕБ регіону.

Для досягнення зазначеної мети, поставлені такі завдання:

- а) аналіз предметної області;
- б) проектування БД;
- в) проектування модулю автоматизованого формування поточного ПЕБ регіону;
- г) проектування модулю автоматизованого формування прогнозного ПЕБ регіону;
- д) проектування модулю надання звітів ПЕБ;
- е) обґрунтування математичних методів автоматизації формування поточного ПЕБ;
- є) дослідження ефективності розробленої ІСУ ПЕБ;
- ж) оцінка можливості розширення роботи ІСУ ПЕБ в майбутньому.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Сутність ПЕБ як методології

У 1976 р. Статистична комісія Організації Об'єднаних Націй погодилася на використання моделі енергетичних балансів як ключового інструменту координації роботи з енергетичної статистики та надання даних у відповідній формі для розуміння та аналізу ролі енергії в економіці.

Паливно-енергетичний (енергетичний) баланс - це система показників, яка відображає кількісну рівність між прибутком і витратою енергії та характеризує структуру виробництва і використання енергії в економіці, шення між потребою в паливі у межах відповідної територіальної чи виробничої одиниці (країни, регіону, галузі, підприємства тощо) за певний період [2].

Енергетичні баланси складаються для споживачів ПЕР з метою визначення потреби в енергетичних ресурсах проєктованих об'єктів, аналізу та оцінки ефективності використання енергетичних ресурсів в країні, в окремому регіоні, в галузі господарства, підприємством тощо.

Енергетичні баланси можуть складатися за сумарним споживанням всіх видів енергоресурсів (паливо, електроенергія, теплова енергія і т. д.). Такі баланси називаються зведеними. Зведені енергетичні баланси відображають рівність прибуткової і видаткової частини всіх видів енергетичних ресурсів. Баланси складаються за територіальними або за виробничо-галузевою ознакою. Окремі енергетичні баланси складаються по одному з видів енергоресурсів.

Джерелами інформації для складання енергетичних балансів у національних статистиках є:

а) статистичні обстеження виробників, постачальників, дистриб'юторів первинної та перетвореної енергії, а також імпортерів та експортерів енергоресурсів;

б) статистичні обстеження кінцевих споживачів енергії у таких секторах, як виробництво, транспортування та інші види діяльності, у тому числі домогосподарства;

в) інші джерела, у тому числі адміністративні дані;

г) інші процедури статистичного оцінювання, у тому числі науково обгрунтовані дорахунки та експертні оцінки.

Державним органом в Україні, відповідальним за підготовку енергетичних балансів, є Державна служба статистики України. Тому баланс України є статистичним продуктом.

Статистичні продукти виробляються у різних за сутністю статистичних процесах. Вирізняють шість основних типів статистичних процесів:

а) вибіркове обстеження;

б) суцільне знання;

в) статистичний процес отримання адміністративної інформації;

г) статистичний процес, в якому об'єднуються дані з різних джерел;

д) розрахунок економічних індексів;

е) статистичне компіювання [5].

Найбільш складною з точки зору оцінювання якості є інформація, яка є результатом статистичного компіювання. Статистичне компіювання - це поєднання даних із різноманітних джерел, включаючи дані, які є результатом інших статистичних процесів, для отримання агрегатів з особливим концептуальним значенням (статистичних компіляцій). Саме до такого статистичного процесу належить процес складання енергетичного балансу, який є результатом статистичного компіювання.

Процес формування енергетичного балансу може включати такі основні етапи:

а) визначення інформаційних потреб для забезпечення методичних вимог, передбачених зазначеними методологічними рекомендаціями і Регламентом Європейського парламенту та Європейської ради № 1099/2008 від 22 жовтня 2008 р. про статистику в галузі енергетики [3];

б) підготовка та розсилання інформаційних запитів для вибору джерел інформації з використанням офіційних листів, телефонного зв'язку та електронної пошти;

в) визначення потенційних джерел інформації, які включають різні організації і незалежних експертів;

г) підготовка і відправлення спеціальних запитів щодо джерел даних, а також подальша робота з відповідями на ці запити, включаючи укладення угод з іншими організаціями на обмін інформацією;

д) одержання вихідної інформації, її перевірка з метою встановлення повноти і відповідності сформульованому запиту. Аналіз отриманої інформації з погляду на оцінювання можливості її безпосереднього використання для розрахунків даних, яких бракує для формування енергетичного балансу;

е) дослідження аномальних відмінностей у даних, спричинених різкими змінами у часових рядах даних про рух енергоресурсів або істотними відхиленнями у порівнянні з попередніми балансами. Уточнення наданої інформації за результатами додаткових запитів, а також отримання консультацій в експертів з проблемних питань підготовки даних для формування енергетичного балансу;

є) підготовка вихідної інформації для використання в розрахунках;

ж) проведення розрахунків з визначення обсягів споживання енергоресурсів в різних секторах економіки;

з) усунення похибок та пропусків у розрахунках;

и) підготовка першого (попереднього) випуску енергетичного балансу із використанням формату Міжнародного енергетичного агентства (далі — МЕА);

і) експертиза зацікавлених осіб та незалежних експертів для отримання зауважень і пропозицій;

й) доопрацювання енергетичного балансу з урахуванням отриманих зауважень;

к) підготовка остаточного випуску енергетичного балансу;

л) документування та архівування.

ПЕБ регіону може бути представлений рівнянням балансу первинної поставки всіх енергетичних ресурсів і їх витрати, включаючи кінцеве споживання і втрати в процесі трансформації та транспортування [4]:

$$\sum_i P_i = \sum_i K_i + \sum_i H_i + \sum_i \sum_j T_{ij}$$

де P_i - первинна поставка i -го паливно-енергетичного ресурсу, яка визначається як сума видобутку (для первинних енергоресурсів), імпорту та обсягу в запасах ресурсу за вирахуванням його експорту; K_i - кінцеве споживання i -го паливно-енергетичного ресурсу, який визначається як сума споживання ресурсу населенням, господарюючими суб'єктами і витрати на неенергетичне використання (наприклад, в якості сировини); H_i - втрати i -го паливно-енергетичного ресурсу, які визначаються як сума використання ресурсу на власні потреби суб'єктів ПЕК (втрат ПЕР в процесі перетворення) і втрат при транспортуванні ресурсу; T_{ij} - втрати при трансформації i -го паливно-енергетичного ресурсу в j -му суб'єкті ПЕК, які визначаються як різниця обсягу витрачених і вироблених ресурсів.

Отже, зведений паливно-енергетичний баланс включає три основних розділу: «Первинне енергоспоживання (валові первинні поставки)», «Перетворення (трансформація) енергоресурсів», «Кінцеве енергоспоживання».

Суб'єктами ПЕК в зведеному балансі виступають групи виробничих установок, які здійснюють трансформацію паливно-енергетичних ресурсів, включаючи: електростанції (ТЕС, ГЕС, АЕС, НВДЕ, промислові блок-станції та інші енергоустановки), котельні, теплові утилізаційні установки, нафтопереробні та газопереробні підприємства, підприємства з переробки (збагачення) вугілля, установки, за якими здійснюється транспортування первинних енергетичних ресурсів.

ПЕБ регіону буде мати наступний вигляд (табл. 1.1)

Таблиця 1.1. Приклад зведеного ПЕБ регіону.

Умовне паливо у.п.	Кам'яне вугілля	Газ зріджений	Дизельне паливо	Електрична енергія	Теплова енергія	Усього
Прибуткова частина, всього	2 021	85	87	1 349	1 647	18 861
Виробництво, видобуток	0	0	0	0	1 647	15 318
Отримано з боку	2 021	85	87	1349	0	3 543
Власні потреби	0	0	0	0	55	55
Втрати в мережах	0	0	0	176	304	480
Витратна частина, всього	2 021	85	87	1	173	18 325
ЖКГ	2 021	0	87	41	24	2 742
Населення	0	85	0	986	186	14 359
Інше	0	0	0	147	1 078	1 225

На підставі ПЕБ можуть вироблятися управлінські рішення як стратегічного характеру, так і рішення, що визначають розвиток регіону в довго- і середньостроковому періодах. Наприклад, ПЕБ може забезпечити підтримку таких рішень стратегічного характеру:

- а) створення виробництв на новій і існуючій паливно-енергетичній базі;
- б) можливість вивезення або необхідність ввезення паливно-енергетичних ресурсів;
- в) збільшення або скорочення використання паливно-енергетичних ресурсів за видами і інше.

ПЕБ також може забезпечити підтримку рішень, пов'язаних з плануванням і оперативним управлінням:

- а) визначення потенційних напрямків для енергозбереження;
- б) аналіз раціональності витрачання бюджетних коштів;
- в) прогноз витрат споживачів на енергетичні ресурси і комунальні послуги та інше.

1.2 Аналіз реалізованої ІСУ ПЕБ

Наприкінці 2000-х років 21 століття в Іванівському державному енергетичному університеті була розроблена та впроваджена в ряді російських регіонів інформаційна система ведення паливно-енергетичного балансу області (АІС ПЕБ), націлена на систематизацію та інтеграцію інформації з виробництва, покупці, розподілу і споживання паливно-енергетичних ресурсів [3]. АІС ПЕБ забезпечує інформаційну підтримку прийняття рішень при проведенні державної політики в сфері управління паливно-енергетичним комплексом області [1].

Сховище даних АІС ПЕБ призначене для накопичення щорічної інформації по виробництву, покупці, розподілу і споживання первинних і вторинних паливно-енергетичних ресурсів області (окремих видів палива, електричної енергії і теплової енергії). Передбачено п'ять рівнів ієрархії в системі: «Область в цілому», «Територіальне утворення», «Організація ПЕК», «Станція/Котельня», «Споживач». На основі накопиченої інформації складаються баланси по електричній енергії, тепловій енергії і окремим видам палива (в натуральному і грошовому вираженні, а також в умовних одиницях). При цьому підтримується інформація за категоріями виробників ресурсів, групам споживачів, галузям економіки, територіальним утворенням. Виконується аналіз балансової структури і відстежується динаміка її зміни, здійснюється оцінка енергетичної безпеки регіону і оцінка ефективності використання бюджетних коштів.

В системі передбачена інтеграція інформації відповідних територіального органів. Крім того, відпрацьована технологія збору інформації безпосередньо від організацій ПЕК через адміністрації органів місцевого самоврядування (можлива організація збору через відповідний територіальний орган в рамках розширення регіонального статистичного спостереження). На основі підтримуваного реєстру організацій ПЕК виконується моніторинг техніко-економічних показників організацій, що займаються виробництвом, передачею,

розподілом електричної енергії, теплової енергії, газоподібного палива; організацій, що використовують паливо на технологію і інші потреби (включаючи дрібних комунально-побутових споживачів, які використовують паливо на обігрів приміщень); організацій, що займаються видобутком і постачанням палива; організацій, що займаються оптовою та роздрібною торгівлею паливом.

За ступенем накопичення ретроспективи відомостей за показниками ПЕБ передбачено використання АІС ПЕБ в наступних напрямках (рис. 1.1):

а) побудова прогнозного паливно-енергетичного балансу на основі комплексного прогнозування попиту і пропозиції на енергоресурси з урахуванням тенденцій розвитку паливно-енергетичного комплексу та показників соціально-економічного розвитку регіону;

б) інформаційний супровід тарифної політики в регіоні; функціонування в рамках АІС ПЕБ аналітичного блоку розрахунку нормативних тарифів (мета - виявлення непродуктивних витрат і внутрішніх резервів енергопостачальних організацій; підвищення відповідальності підприємств за економічне обґрунтування тарифів, підвищення об'єктивності в прийнятті рішень регулюючими органами по встановленню тарифів);

в) інформаційна підтримка інвестиційної політики в сфері паливно-енергетичного комплексу; виявлення типології енергоресурсозбереження, визначення еталонних зон для інформаційної підтримки передінвестиційних досліджень, технічного аудиту; оцінка ефективності інноваційних проектів в сфері енергопостачання;

г) інформаційна підтримка енергоресурсозбереження в регіоні; оцінка потенціалу енергоресурсозбереження в сфері паливно-енергетичного комплексу; оцінка ефективності регіональної політики в сфері енергозбереження; функціонування в рамках АІС ПЕБ аналітичного блоку для оцінки результатів енергоаудиту організацій з формуванням плану заходів з енергозбереження.



Рисунок 1.1 – Діаграма зовнішніх бізнес-прецедентів АІС ПЕБ.

Організований в рамках ІАС ПЕБ інформаційний простір орієнтований на проведення обґрунтованої державної політики в сфері паливно-енергетичного комплексу. Консолідація інформації та її багатоаспектна аналітична обробка дозволяє забезпечувати інформаційну підтримку прийняття ефективних рішень щодо розвитку і вдосконалення паливного комплексу регіону.

Інформаційна взаємодія між організаціями ПЕК здійснюється через інформаційний портал. При цьому збір інформації за показниками ПЕБ організований за допомогою централізованого ресурсу для користувача форм агрегованої статистичної звітності (рис. 1.2), підтримується семантичний контроль введеної інформації (перевірка ідентифікаційних відомостей,

контроль балансів на мікро- і макрорівні, контроль форматів значень, що вводяться, та інше).

Сведения о поступлении, производстве и потреблении первичных и вторичных топливно-энергетических ресурсов

Форма ввода отчетности: [Создание нового документа](#)

Раздел: ЗСО Форма: Квартальная
Организация: ОАО ХБК "Шойские ситы" Период: I квартал 2005 Год

Раздел 1	Сведения о производстве и отпуске тепловой энергии			
Раздел 2	Необходимо выполнить условие СУММА (1+3) = СУММА (2+4+5+6)			
Раздел 3	№	Наименование показателя	Ед. измерения	Фактически
СОХРАНИТЬ	1	Производство тепловой энергии, всего	Гкал.	1520
	2	Расход тепловой энергии на собственные технологические нужды	Гкал.	35
	3	Поступление тепловой энергии со стороны в пределах области	Гкал.	0
	4	Потери тепловой энергии в тепловых сетях	Гкал.	0
	5	Отпуск тепловой энергии конечным потребителям, всего в том числе:	Гкал.	1725,0
	5.1	населению	Гкал.	0
	5.2	бюджетным организациям всех уровней в том числе финансируемых из:	Гкал.	816,0
	5.2.1	федерального бюджета	Гкал.	0
	5.2.2	областного бюджета	Гкал.	0
	5.2.3	местного бюджета	Гкал.	816
	5.3	отпуск тепловой энергии прочим хозяйствующим субъектам в том числе:	Гкал.	869
5.3.1	отпуск тепловой энергии на промышленное потребление (включая собственное промышленное потребление)	Гкал.	869	
6	Отпуск тепловой энергии оптовому потребителю-перепродавцу	Гкал.	0	

Рисунок 1.2 – Збір даних за допомогою корпоративного порталу

Аналіз накопиченої інформації відбувається на основі використання спеціалізованих сервісів. Розглянемо деякі з них.

Система річних регламентованих звітів по балансам первинних і вторинних паливно-енергетичних ресурсів (по області в цілому, окремим муніципальним утворенням) комплексно відображає стан балансової структури і динаміку її зміни. В основу системи звітів покладена ієрархія управління (розглядаються показники ПЕБ по області в цілому і по окремих територіальних утворень, за видами діяльності). В рамках кожного рівня ієрархії виконується горизонтальний (тимчасовий) аналіз за періодами звітності, вертикальний (структурний) аналіз по основним складовим балансу (наприклад, по категоріям виробників і споживачів, по видам ресурсу) для визначення їх пайової участі в підсумковому показнику відповідного елемента. На рис. 1.3 наведено фрагмент підсумкового звіту, підготовлений за результатами моніторингу, який виконаний у відділі ПЕБ Адміністрації Іванівській області.



Рисунок 1.3 – Фрагмент річного звіту з паливно-енергетичного балансу

Система багатоаспектного аналізу діяльності ПЕК. В рамках створеного сховища даних підтримується інтерфейс багатовимірної аналітичної обробки інформації для визначення агрегованих показників ПЕБ в наступному базисі вимірювань: «Показник балансу», «Постачальник» (з узагальненням за рівнями ієрархії управління), «Джерело інформації», «Вид діяльності», «Галузь», «Період часу». Передбачена можливість використання для аналізу методів прикладної статистики. Зокрема, виконується статистичне дослідження структури і характеру взаємозв'язків, існуючих між аналізованими кількісними показниками. Використовуються методи кореляційно-регресійного аналізу, аналізу тимчасових рядів (кореляція рядів динаміки), зниження розмірності досліджуваного простору ознак простору з метою лаконічного пояснення природи аналізованих даних (методи головних компонент, факторного аналізу), трендовий аналіз, метод кластер-аналізу для виявлення типології об'єктів і ознак та інших.

На основі побудованої інформаційної моделі спроектована структура аналітичної вітрини, автоматизований процес розрахунку агрегованих показників зведеного балансу регіону з використанням показників однопродуктових балансів ІАС ПЕБ. В основу організації аналітичної обробки

покладена технологія багатомірного аналізу даних. На рис. 1.4. наведена кубічна модель даних для аналізу балансів регіону. Консолідація інформації за показниками зведеного балансу відбувається в базисі п'яти вимірювань, включаючи: «Енергетичний ресурс», «Показник (стаття) балансу», «Територія», «Період», «Джерело інформації».

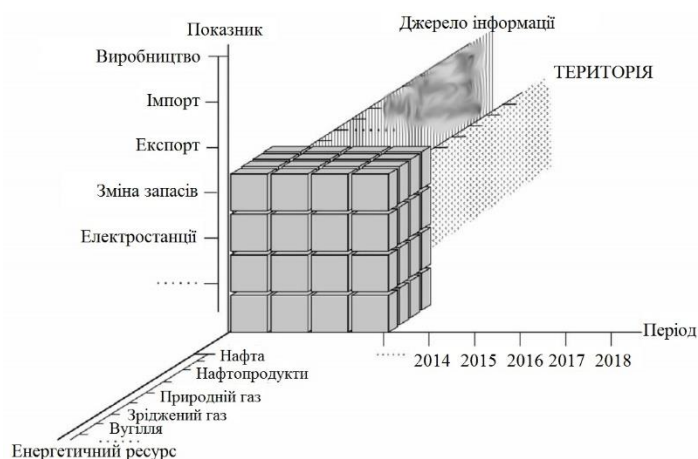


Рисунок 1.4. – Кубічна модель зведеного паливно-енергетичного балансу.

Статья баланса	Нефть	Нефте-продукты	Природный газ	Сжиженный газ	Уголь	Прочее твердое топливо	Биогаз	ВЭР	Гидро. НВИЭ	ТЭ	ЭЭ	Все ресурсы
Добыча (производство)						31 636	957	1 032 875	188 842			1 254 310
Импорт	21 836 001	1 932 923	3 472 770		47 463	178					504 482	27 793 817
Экспорт		-16 817 519			-119							-16 817 638
Изменение запасов	11 964	-6835		-170	4 963	-224						9 698
Первичное энергопотребление	21 847 965	-14 891 431	3 472 770	-170	52 307	31 590	957	1 032 875	188 842		504 482	12 240 187
Электростанции		-255 179	-1 633 026		-13 332				-188 842	841 431	504 851	-744 097
АЭС												0
ТЭС		-255 179	-1 559 785		-13 332					816 281	306 151	-705 864
ГЭС (НВИЭ)									-188 325		188 325	0,00
Блок-станции			-53 801							24 633	10 375	-18 793
Котельные		-46 801	-1 373 326	-28	-33 732	-31 197	-957	-238 468		1 382 422	-1 891	-343 978
Электрокотельные										1 386	-1 891	-505
Теплоутилизационные установки										194 298		194 298
Переработка угля												0
Переработка нефти (НПЗ)	-21 847 965	16 817 519										-5 030 446
Переработка газа (ГПЗ)				5 795								5 795
Расход на собственные нужды субъектов ТЭК		-288	-747							-55 899	-46 531	-103 465
Потери при транспортировке		-95			-213					-223 554	-244 834	-468 696
Общее конечное потребление		1 623 725	465 672	5 625	5 031	393		794 407		2 143 613	717 967	5 756 433
Отпуск населению		767 374	341 855	2 838	4 079	393				818 792	124 296	2 059 627
Отпуск хозяйствующим субъектам		856 232	109 263	2 787	929					1 324 821	593 671	2 887 703
Неэнергетическое использование (сырье)		119	14 554		23			794 407				809 103

Рисунок 1.5 – Приклад зведеного паливно-енергетичного балансу.

1.3 Постановка задачі

У даній дипломній роботі буде розглянуто створення ІСУ ПЕБ як самостійного додаткового модуля ІС «Управління паливно-енергетичного комплексу Харківської обласної державної адміністрації» (УПЕК ХОДА). Згідно документу [7] УПЕК ХОДА здійснює передбачені законом галузеві повноваження, серед яких можна виділити наступні:

а) розробка (організація розробки) цільового програмного продукту перспективного розвитку паливно-енергетичного комплексу регіону;

б) координація діяльності підприємств паливно-енергетичного комплексу регіону;

в) аналіз стану виконання інвестиційних програм підприємств паливно-енергетичного комплексу та підготовка довідкових, інформаційних та аналітичних матеріалів керівництву обласної державної адміністрації;

г) аналіз потреб регіону в електричній енергії та визначення її відповідність нормативним показникам;

д) контроль цільового, економного та ефективного використання виділених підприємствам паливно-енергетичного комплексу бюджетних коштів;

е) підготовка та подання в установленому порядку пропозиції щодо розвитку паливно-енергетичного комплексу регіону та поліпшення стану енергоефективності в регіоні;

є) розробка (організація розробки) регіональної методики нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві;

ж) узгодження норм питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів, розроблених для потреб підприємства, галузі, регіону.

Аналіз існуючої інформаційної системи УПЕК ХОДА (рис.1.6) виявляє велику кількість відсутніх функцій, які повинні були існувати, згідно з завданнями, що були покладені на дану державну організацію в законодавчому порядку, а саме:

- а) відсутня функція подання зведеного ПЕБ поточного року;
- б) відсутній контроль за надходженнями та витратами всіх ПЕР (наявний контроль лише за природнім газом та електроенергією);
- в) відсутня функція формування прогнозних оцінок ПЕБ на наступні 3 роки.

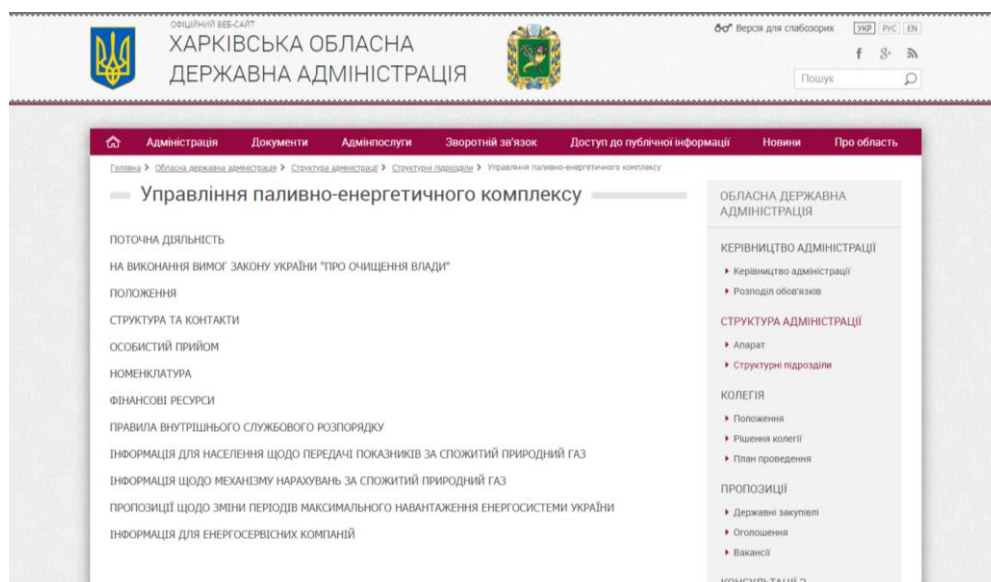


Рисунок 1.6 – Головна сторінка ІС «Управління паливно-енергетичного комплексу Харківської обласної державної адміністрації».

Без виконання цих та деяких інших функцій ІС УПЕК ХОДА не може виконувати всі передбачені законом галузеві повноваження.

Виходячи з проведеного аналізу предметної області та виявлених недоліків існуючих рішень, метою роботи є розробка і дослідження інформаційної системи управління для автоматизації формування паливно-енергетичного балансу регіону. Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати такі завдання:

- розробити системні та функціональні вимоги до компонентів ІСУ;
- виконати математичну формалізацію та створити алгоритм розв'язання задачі розрахунку паливно-енергетичного балансу на основі задачі лінійного програмування;

- спроектувати модуль прогнозування паливно-енергетично балансу на основі штучної нейронної мережі;
- обґрунтувати вибір параметрів для штучної нейронної мережі до модулю прогнозування;
- розробити відповідне програмне забезпечення ІСУ;
- провести дослідження модуля прогнозування ІСУ.

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ІСУ ПЕБ

2.1 Моделювання предметної області

Розглянута в попередньому розділі російська інформаційна система ведення паливно-енергетичного балансу регіону (АІС ПЕБ) може бути кваліфікована як Система підтримки прийняття рішень (СППР) або Decision Support System (DSS) - комп'ютерна автоматизована система, призначена для підтримки багатокритеріальних рішень у складному інформаційному середовищі. Ключовими елементами такої системи для задачі ведення ПЕБ є сховище даних (СД) та вітрина даних (ВД).

В основі концепції СД лежить ідея поділу даних, що використовуються для оперативного опрацювання та для вирішення задач аналізу. Це дозволяє застосовувати структури даних, які задовольняють вимогам їх зберігання з урахуванням використання в OLTP-системах і системах аналізу. Такий поділ дозволяє оптимізувати як структури даних оперативного зберігання (оперативні БД, файли, електронні таблиці і т. п.), виконання операцій введення, модифікації, видалення та пошуку, так і структури даних, що використовуються для аналізу (для виконання аналітичних запитів). У СППР ці два типи даних називаються відповідно оперативними джерелами даних (ОДД) і сховищем даних.

Вітрина даних (англ. Data Mart; інші варіанти перекладу: спеціалізоване сховище даних, кіоск даних, ринок даних) - зріз сховища даних, що являє собою масив тематичної, вузько направленої інформації, орієнтований, наприклад, на користувачів однієї робочої групи або департаменту.

Останнім часом зростає популярність ідеї поєднати СД і ВД в одній системі. В цьому випадку СД використовується в якості єдиного джерела інтегрованих даних для всіх ВД (рис. 2.1.).

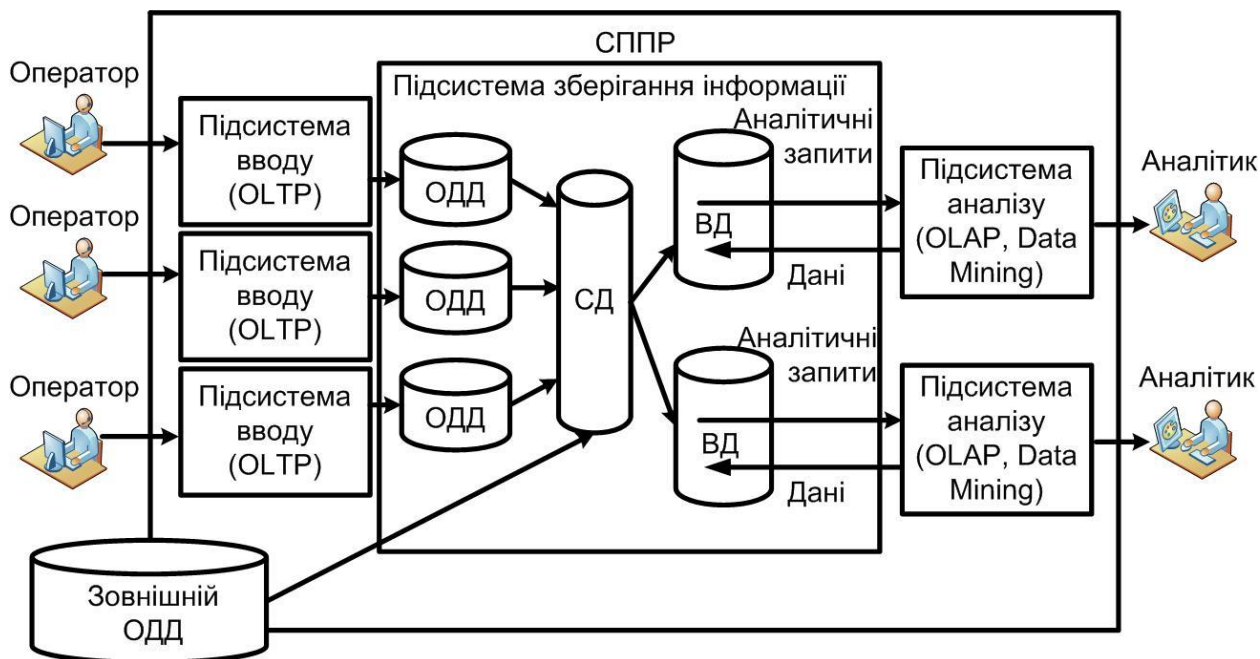


Рисунок 2.1 – Структура СППР з СД і ВД.

СД являє собою єдине централізоване джерело інформації для всієї предметної області, а ВД виступають у ролі підмножин даних зі сховища, організованими для подання інформації за тематичними розділами даної області. Кінцеві користувачі мають можливість доступу до детальних даних сховища, якщо даних у вітрині недостатньо, а також для отримання повнішої інформаційної картини.

Перевагами такого підходу є:

- а) простота створення і наповнення ВД, оскільки наповнення відбувається з єдиного стандартизованого надійного джерела очищених даних з СД;
- б) простота розширення СППР за рахунок додавання нових ВД;
- в) зниження навантаження на основне СД.

До недоліків відносяться:

- а) надмірність (дані зберігаються як в СД, так і в ВД);
- б) додаткові витрати на розробку СППР з СД і ВД.

У нашому випадку адаптація вище наведених методологічних принципів призводить до моделювання UML-діаграми загального прецеденту роботи інформаційної системи управління ПЕБ регіону (рис.2.2).

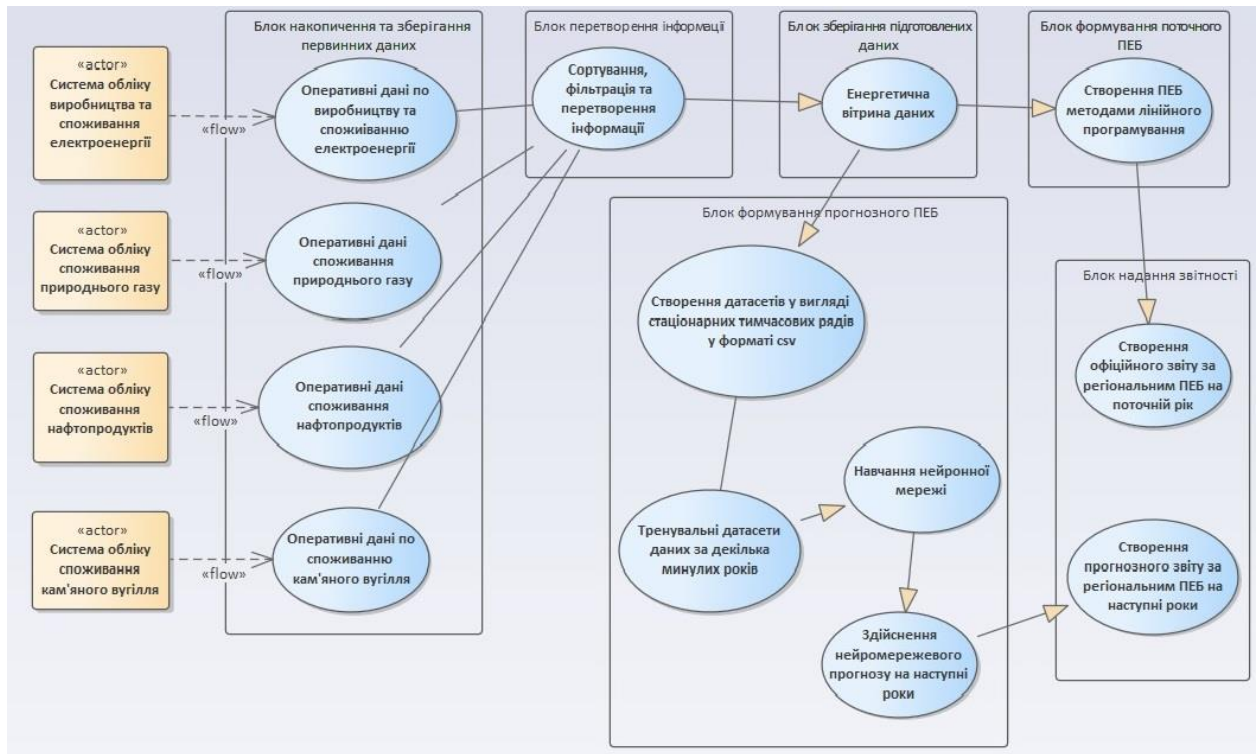


Рисунок 2.2 – Загальна діаграма прецеденту роботи інформаційної системи управління ПЕБ регіону.

Спираючись на зальну діаграму прецедентів роботи інформаційної системи, складемо загальну схему інформаційної системи управління ПЕБ регіону (рис.2.3).



Рисунок 2.3 – Схема інформаційної системи управління ПЕБ регіону.

В розглянутій інформаційній системі управління ПЕБ регіону можна виділити наступні окремі програмні модулі:

а) система обліку виробництва та споживання електроенергії. Основною функцією модуля є надходження оперативних даних з виробництва та споживання електроенергії від сторонньої спеціалізованої ІС;

б) система обліку споживання природного газу. Основною функцією модуля є надходження оперативних даних з споживання природного газу від сторонньої спеціалізованої ІС;

в) система обліку споживання нафтопродуктів. Основною функцією модуля є надходження оперативних даних з постачання та споживання нафтопродуктів від ІС всіх постачальників та споживачів нафтопродуктів;

г) система обліку споживання кам'яного вугілля. Основною функцією модуля є надходження оперативних даних з постачання та споживання кам'яного вугілля від ІС всіх постачальників та споживачів нафтопродуктів;

д) модуль накопичення та зберігання первинних даних (сховище даних). Основною функцією модуля є заповнення СД вихідними оперативними даними, необхідними для зберігання оперативних даних у вигляді окремої реляційної бази даних;

е) модуль перетворення інформації. Основною функцією модулю є інтелектуальний аналіз даних за технологіями Data Mining;

г) модуль зберігання підготовлених даних (енергетична вітрина даних). Основною функцією модулю є зберігання підготовлених даних у вигляді окремої реляційної бази даних;

д) модуль формування поточного ПЕБ. В основу реалізації модуля покладені алгоритми розрахунку поточного ПЕБ з використанням математичних моделей лінійного програмування для обраного користувачем періоду роботи;

е) модуль формування прогнозного ПЕБ. В основу реалізації модуля покладені алгоритми розрахунку прогнозного ПЕБ з використанням

математичних моделей нейромережевого прогнозування для обраного користувачем періоду роботи;

є) модуль надання звітів ПЕБ. Модуль призначений для формування технічних звітів, як за поточним ПЕБ, так й за прогнозним ПЕБ.

Для подальшої розробки ІСУ ПЕБ беруться модуль підготовлених даних, модуль формування поточного ПЕБ, модуль формування прогнозного ПЕБ та модуль надання звітів ПЕБ. Модулі обліку споживання ПЕР, модуль накопичення та зберігання первинних даних та модуль перетворення інформації вважаються функціонуючими окремо і не входять безпосередньо до ІСУ ПЕБ.

2.2 Визначення функціональних вимог ІСУ ПЕБ

З метою визначення функціональних вимог ІСУ ПЕБ розроблена функціональна модель з використанням стандарту IDEF0. IDEF0 – Function Modeling – методологія функціонального моделювання і графічного описання процесів, призначена для формалізації і опису бізнес-процесів.

На рис. 2.4 представлена концептуальна діаграма, яка відображує погляд на функції системи зі сторони її адміністратора.

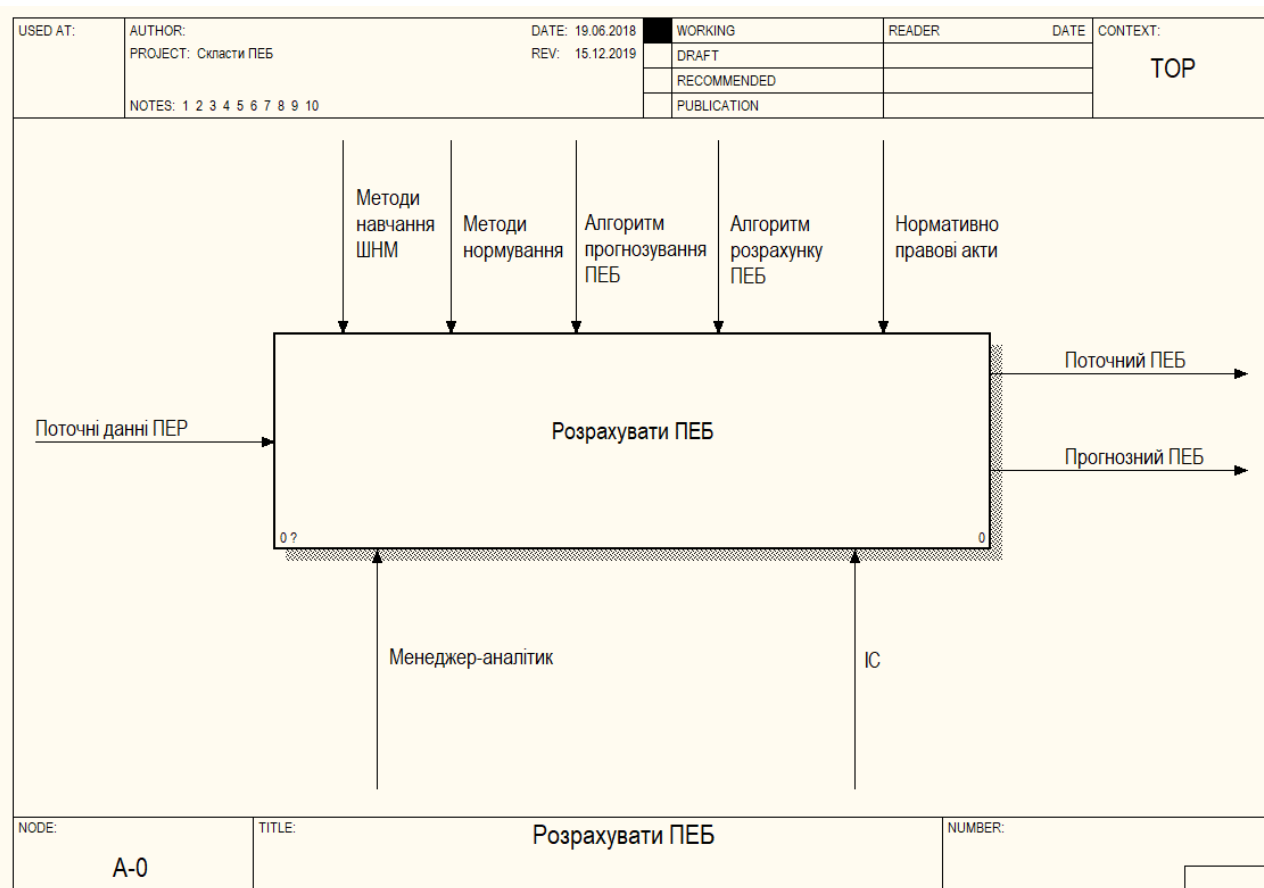


Рисунок 2.4 – Концептуальна діаграма інформаційної системи

На вхід подаються поточні дані з переліком, обсягом та нестачею паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР).

Керування:

а) методи навчання ШНМ (Штучних Нейронних Мерез) – методи, з допомогою яких може та буде навчатися нейронна мережа;

б) методи нормування – методи, згідно з якими буде проводитися перевірка готовності ПЕБ;

в) алгоритм прогнозування ПЕБ – алгоритм, згідно з яким повинна працювати ШНМ над складанням прогнозного ПЕБ;

г) алгоритм розрахунку ПЕБ – алгоритм, згідно з яким буде складатися поточний ПЕБ;

д) нормативно правові акти – обмеження щодо використання енергетичних ресурсів.

У якості механізмів виступають:

а) менеджер-аналітик – відповідає за внесення даних до БД, формування поточного та прогнозного ПЕБ та ведення звітності;

б) ІС – інформаційна система, з допомогою якої працює менеджер-аналітик.

На виході ми маємо готові ПЕБ в двох варіантах, поточному та прогнозному.

Отже, оператор користуючись інформаційною системою на основі методів навчання ШНМ, методів нормування, алгоритму прогнозування ПЕБ, алгоритму розрахунку ПЕБ, державних законів та нормативно правових актів складає поточний та прогнозний ПЕБ.

На рис. 2.5 представлена декомпозиція концептуальної діаграми інформаційної системи управління паливно-енергетичним балансом регіону.

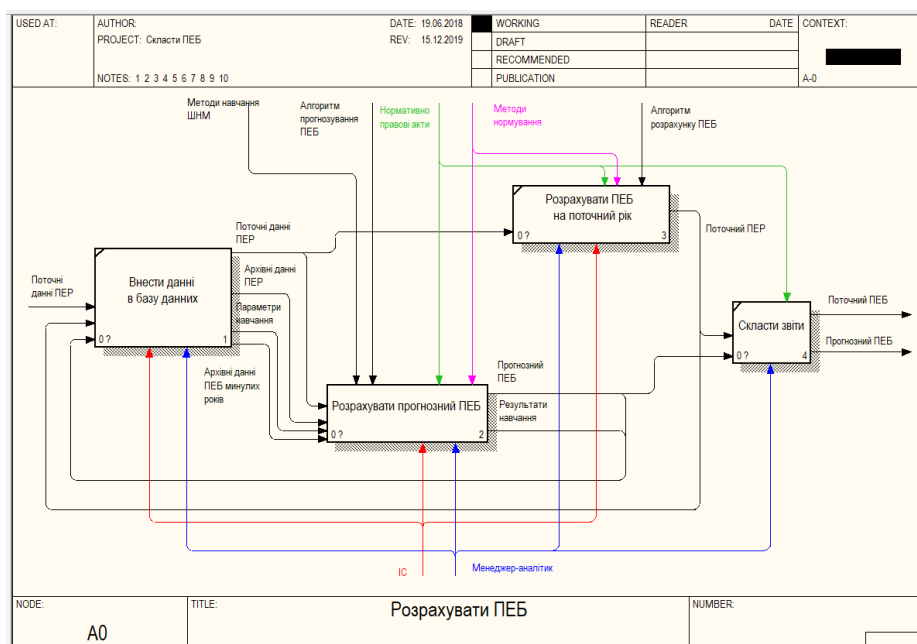


Рисунок 2.5 – Діаграма декомпозиції, яка представляє функції компонентів інформаційної системи розрахунку ПЕБ

Процес «Скласти ПЕБ» можна розбити на чотири під процеси, це:

- «Внести дані в базу даних»;
- «Розрахувати прогнозний ПЕБ»;
- «Розрахувати ПЕБ на поточний рік»;
- «Скласти звіт».

Детальніше розглянемо кожен із процесів.

«Внести дані в базу даних»:

а) на вхід подаються:

1) поточні данні ПЕР – поточні дані з переліком, обсягом та нестачею ПЕР;

2) результати навчання – дані, які можуть бути використані при навчанні ШНМ;

3) прогностний ПЕБ – інформація, щодо створеного прогностного ПЕБ, яка архівується та може бути використана в подальшому;

4) поточний ПЕБ – інформація, щодо створеного поточного ПЕБ, яка архівується та може бути використана в подальшому.

б) у якості механізмів виступають:

1) менеджер-аналітик – заносить дані до БД;

2) ІС – інформаційна система, за допомогою якої працює менеджер-аналітик.

в) на виході маємо:

1) поточні дані ПЕР – дані, які будуть використовуватися при складанні поточного та прогностного ПЕБ;

2) архівні дані ПЕР – дані, які були внесені в БД раніше, та можуть бути використані для навчання ШНМ;

3) параметри навчання – дані, згідно з якими буде навчатися ШНМ;

4) архівні дані ПЕБ минулих років – дані, щодо ПЕБ які складалися раніше. Також можуть бути використані для навчання ШНМ.

Отже, менеджер аналітик, за допомогою інформаційної системи, на підставі інформації щодо поточних даних ПЕР, складених поточного та прогностного ПЕБ та попередніх результатів навчання ШНМ, формує новий потік даних з поточними та архівними даними ПЕР, параметрами навчання та архівними даними ПЕБ які будуть використані в подальшому для розрахунку поточного та прогностного ПЕБ.

«Розрахувати прогностний ПЕБ»:

а) на вхід подаються:

1) поточні дані ПЕР – дані, які будуть використовуватися при складанні прогнозного ПЕБ;

2) архівні дані ПЕР – дані, які були зібрані за минулі роки, та будуть використанні під час прогнозування ПЕБ на наступні роки;

3) параметри навчання – інформація, які надійшла за результатами попередніх навчань ШНМ, та буде використана при новому навчанні;

4) архівні дані ПЕБ минулих років – інформація, щодо ПЕБ, які склалися раніше. Буде використана під час навчання ШНМ.

б) керування:

1) методи навчання ШНМ – методи, згідно з якими буде проводитися навчання ШНМ;

2) алгоритм прогнозування ПЕБ – алгоритм, згідно з яким буде розраховуватися прогнозний ПЕБ;

3) нормативно правові акти – закони щодо використання паливно-енергетичних ресурсів.

4) методи нормування – методи, згідно з якими буде проводитися перевірка готовності прогнозного ПЕБ;

в) у якості механізмів виступають:

1) менеджер-аналітик - відповідає за розрахунок прогнозного ПЕБ;

2) ІС - інформаційна система, за допомогою якої працює менеджер-аналітик.

г) на виході маємо:

1) прогнозний ПЕБ

2) результати навчання – дані, які можуть бути використані при навчанні ШНМ;

Отже, менеджер-аналітик, за допомогою інформаційної системи, на підставі інформації щодо поточних та архівних даних ПЕР, параметрів навчання та архівних даних ПЕБ за минулі роки згідно з методами навчання ШНМ, алгоритму прогнозного ПЕБ, методами нормування та нормативно

правовими актами спочатку запускає процес навчання ШНМ. Після того, як ШНМ була навчена, менеджер-аналітик запускає процес розрахунку прогнозного ПЕБ. Як наслідок на виході ми маємо прогнозний ПЕБ та відомості щодо навчання ШНМ

«Розрахувати ПЕБ на поточний рік»:

а) на вхід подаються поточні дані з переліком, обсягом та нестачею паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР);

б) керування:

1) методи нормування – методи, згідно з якими буде проводитися перевірка готовності поточного ПЕБ;

2) алгоритм розрахунку ПЕБ – алгоритм, згідно з яким буде розраховуватися поточний ПЕБ;

3) нормативно правові акти – закони щодо використання паливно-енергетичних ресурсів.

в) у якості механізмів виступають:

1) менеджер-аналітик – відповідає за розрахунок поточного ПЕБ;

2) ІС - інформаційна система, за допомогою якої працює менеджер-аналітик.

г) на виході маємо поточний ПЕБ.

Отже, менеджер-аналітик, за допомогою інформаційної системи, на підставі поточних даних з переліком, обсягом та нестачею ПЕР, згідно з алгоритмом розрахунку ПЕБ, нормативно правовими актами та методами нормування запускає розрахунок поточного ПЕБ.

«Скласти звіт»

а) на вхід подаються:

1) поточний ПЕБ – дані, які будуть використані для складання звіту з поточного ПЕБ;

2) прогнозний ПЕБ – дані, які будуть використані для складання звіту з поточного ПЕБ;

б) керування:

1) нормативно правові акти – закони щодо використання паливно-енергетичних ресурсів.

в) у якості механізмів виступають:

1) менеджер-аналітик - відповідає за складення звітів, щодо поточного та прогнозного ПЕБ.

г) на виході маємо:

- 1) Поточний ПЕБ;
- 2) Прогнозний ПЕБ

Отже, менеджер аналітик, на підставі даних поточного та прогнозного ПЕБ, які надійшли, згідно з нормативно правовими актами складає звіти з поточного та прогнозного ПЕБ.

Тепер зробимо окрему декомпозицію процесу «Скласти прогнозний ПЕБ», де можна працювати лише з архівом даних поточного ПЕБ, зроблених для певної кількості минулих років.

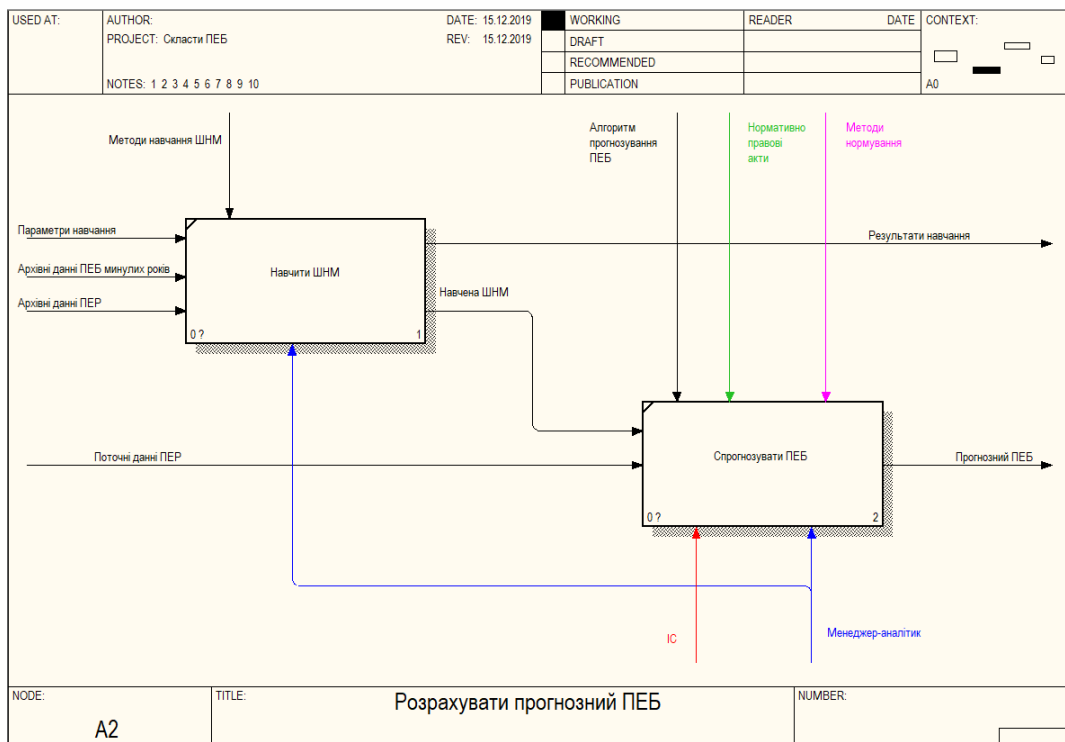


Рисунок 2.6 – Концептуальна діаграма декомпозиції процесу «Скласти прогнозний ПЕБ».

Процес «Скласти прогнозний ПЕБ» можна розбити на два під процеси, це:

- а) навчити ШНМ;
- б) спрогнозувати ПЕБ.

Детальніше розглянемо кожен із процесів.

«Навчити ШНМ»:

а) на вхід подаються:

- 1) параметри навчання – дані, на основі яких буде навчатися ШНМ;
- 2) архівні дані ПЕБ минулих років – це сформований архів поточних

ПЕБ за всі можливі минулі роки;

3) архівні дані ПЕР – це сформований архів який містить відомості щодо ПЕР за всі можливі минулі роки.

б) у якості керування у цьому модулі виступають методи навчання ШНМ, згідно з якими буде навчатися ШНМ;

в) у якості механізмів виступають:

1) менеджер-аналітик – запускає процес навчання ШНМ, та відслідковує момент, коли ШНМ закінчила навчання;

2) ІС – інформаційна система, за допомогою якої працюють менеджер-аналітик.

г) на виході маємо:

1) навчену ШНМ – модель ШНМ, у якій закінчилося визначення кількості нейронів в усіх шарах;

2) результати навчання – порівняння результатів згідно заданих параметрів навчання тобто точності прогнозування моделі ШНМ;

Отже, менеджер-аналітик, за допомогою інформаційної системи, на підставі параметрів навчання, архівних даних ПЕБ та ПЕР за всі можливі минулі роки, запускає процес навчання ШНМ згідно з методами навчання ШНМ і як наслідок, на виході отримує навчену ШНМ та результати навчання.

«Спрогнозувати ПЕБ»:

а) на вхід подаються:

1) навчена ШНМ – модель ШНМ, у якій закінчилося визначення кількості нейронів в усіх шарах;

2) поточні дані ПЕР – дані з переліком, обсягом та нестачею ПЕР, які будуть використані під час розрахунку прогнозного ПЕБ

б) керування:

1) нормативно правові акти – закони щодо використання паливно-енергетичних ресурсів;

2) методи нормування – методи, згідно з якими буде проводитися перевірка готовності прогнозного ПЕБ;

3) алгоритм прогнозування ПЕБ – обирається математичний алгоритм роботи ШНМ.

в) у якості механізмів виступають:

1) менеджер-аналітик - відповідає за внесення даних до ШНМ та запуск прогнозування ПЕБ;

2) ІС - інформаційна система, за допомогою якої працює менеджер.

г) на виході маємо прогнозний ПЕБ.

Отже, менеджер-аналітик, за допомогою інформаційної системи, на підставі поточних даних ПЕР, згідно з нормативно правовими актами, алгоритмом прогнозування ПЕБ та методами нормування запускає процес прогнозування на базі навченої ШНМ. На виході він отримує прогнозний ПЕБ.

Підсумовуючи все вище перелічене, здійснене функціональне моделювання надало змогу уточнити функціональні вимоги до компонентів розроблюваної інформаційної системи.

Функціональні вимоги до компонентів ІСУ ПЕБ:

а) система має надавати змогу доповнювати дані, на основі яких буде розраховуватися прогнозний та поточний ПЕБ;

б) система має надавати змогу розрахувати поточний ПЕБ;

- в) система має надавати змогу навчити ШНМ, для виконання розрахунку прогнозного ПЕБ;
- г) система має надавати змогу розрахувати прогнозний ПЕБ;
- д) система має надавати змогу переглядати дані розрахунку для того, щоб спираючись на ці дані менеджер-аналітик міг скласти звіти з кожного з ПЕБ.

2.3 Моделювання користувацького інтерфейсу

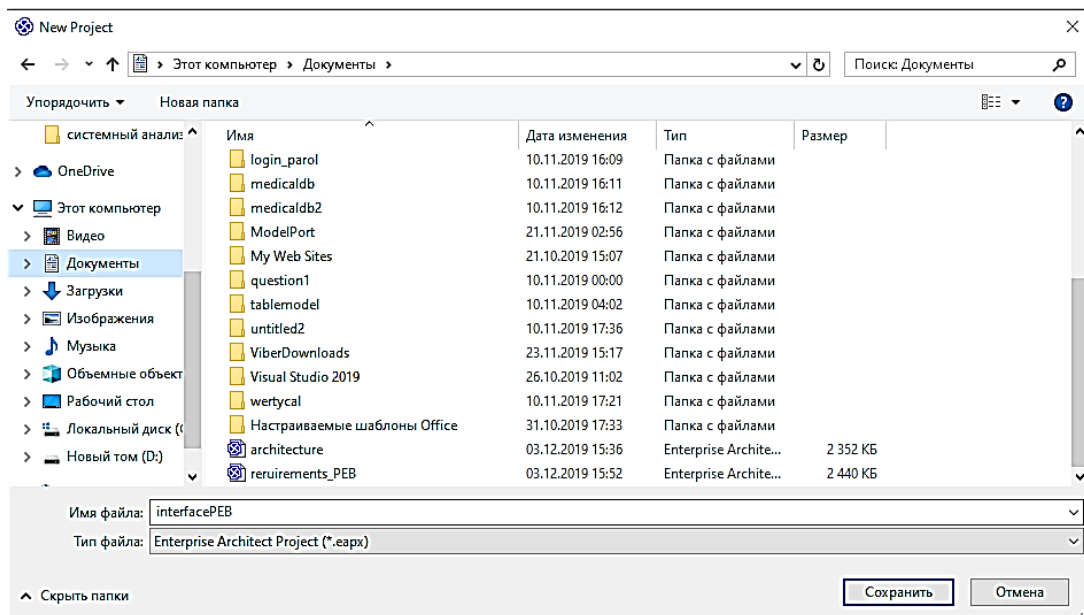


Рисунок 2.7 – Створення проекту interfacePEB для розробки користувацького інтерфейсу.

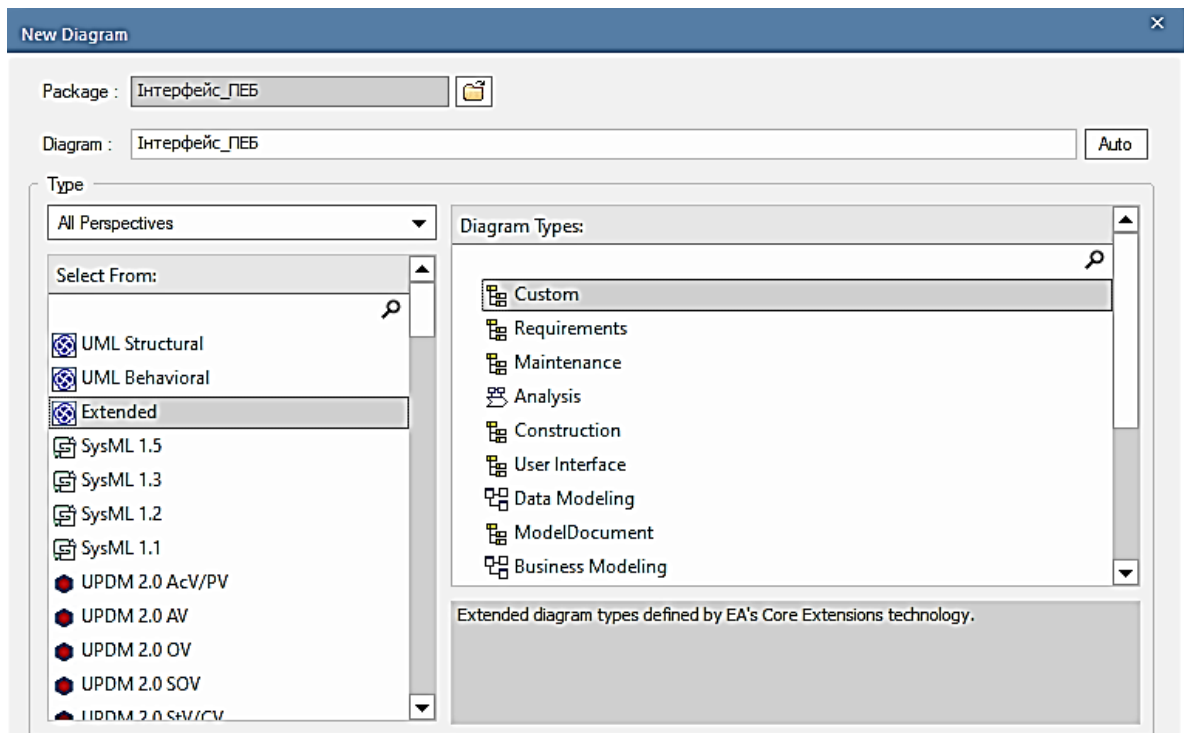


Рис. 2.8 – Кінцевий етап створення діаграми інтерфейсу «ІСУ ПЕБ»

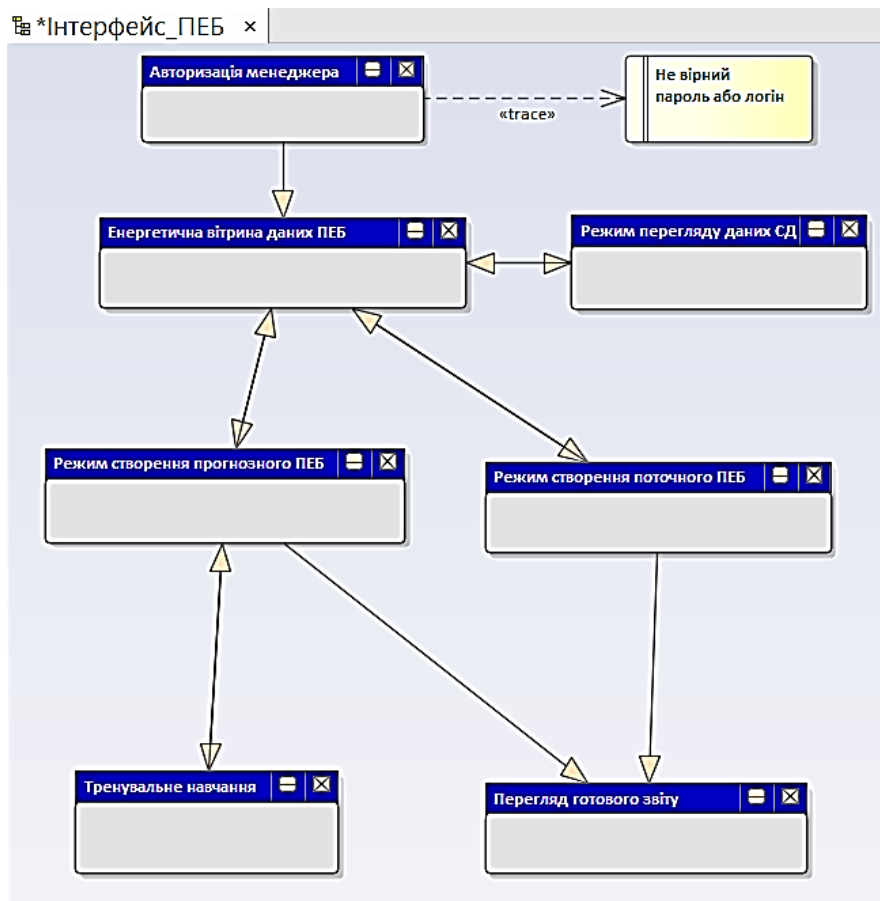


Рисунок 2.9 – Структура екранів інтерфейсу «ІСУ ПЕБ»

Вікно «Авторизація менеджера» - перше вікно, що з'являється після запуску програми. У відповідні поля користувач має ввести логін та пароль. При успішній авторизації користувач здійснить вхід до системи.

Помилки:

Інформаційна: У поле «логін» введіть логін менеджера».

Попередження «Не вірно введений логін».

Критична ситуація «Натиснута кнопка CAPS LOCK».

Вікно «Енергетична вітрина ПЕБ» - головне вікно програми. Це вікно несе всю первинну вихідну інформацію про підготовлені дані ПЕБ. Вікно дає можливість здійснити перемикання між трьома режимами роботи програми: режимом перегляду сховища даних (СД), режимом створення поточного ПЕБ та режимом створення прогнозного ПЕБ. В самому вікні можна переглядати підготовлені дані енергетичної вітрини ПЕБ без можливості редагування.

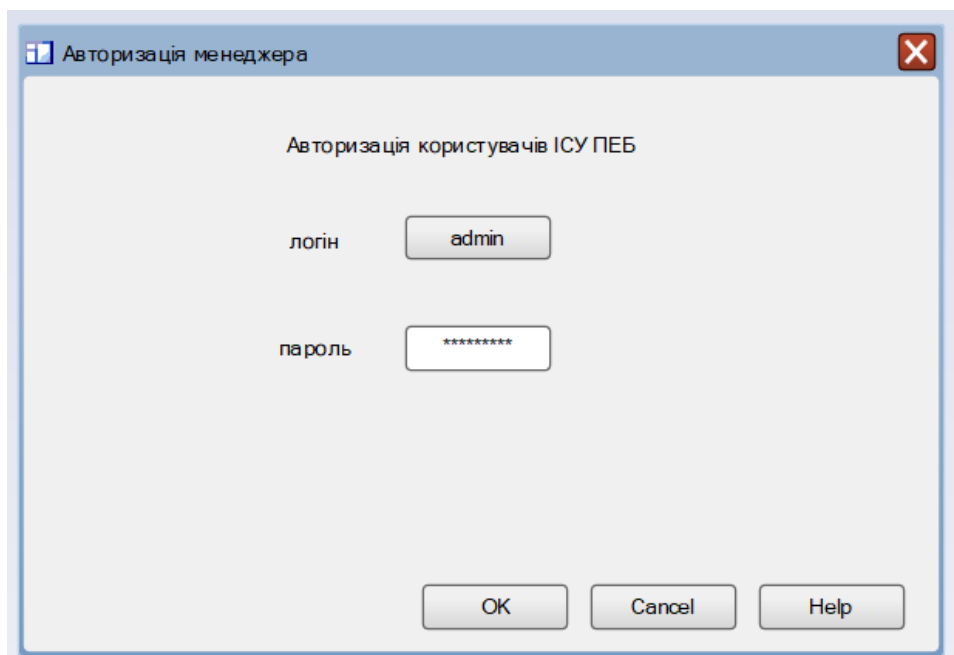


Рисунок 2.10 – Кінцевий етап створення дочірньої форми «Авторизація менеджера».

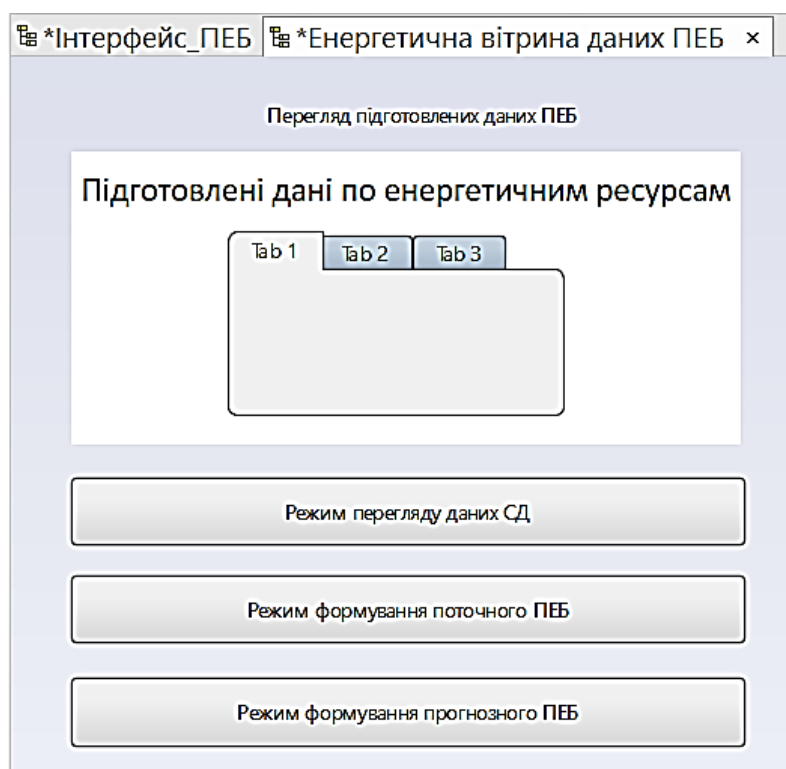


Рисунок 2.11 – Кінцевий етап створення дочірньої форми «Енергетична вітрина».

З вікна «Енергетична вітрина» є можливість переходу до вікна «Режим перегляду даних СД». У цьому вікні є можливість перегляду всього масиву первинних даних ПЕБ, що розміщується на сторонньому ресурсі. За можливості користувач може повернутися до головної сторінки.

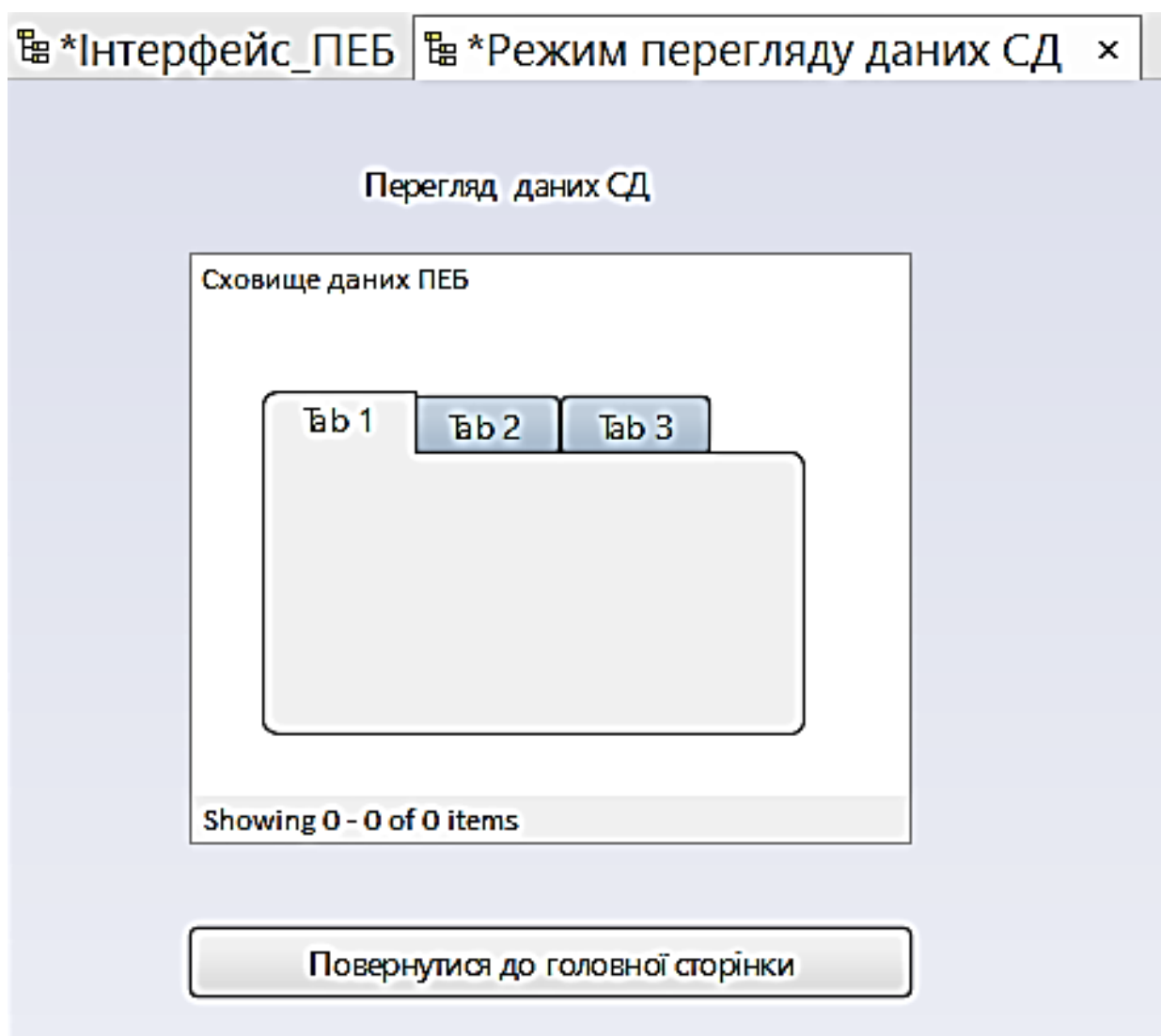


Рисунок 2.12 – Кінцевий етап створення дочірньої форми «Режим створення поточного звіту ПЕБ».

З вікна «Енергетична вітрина» є можливість переходу до вікна «Режим створення поточного звіту ПЕБ». У цьому вікні здійснюється відбір підготовлених даних з наступними формуванням ПЕБ. Натисканням кнопки «Здійснити формування поточного ПЕБ» здійснюється перехід до сторінки «Перегляд готового звіту».

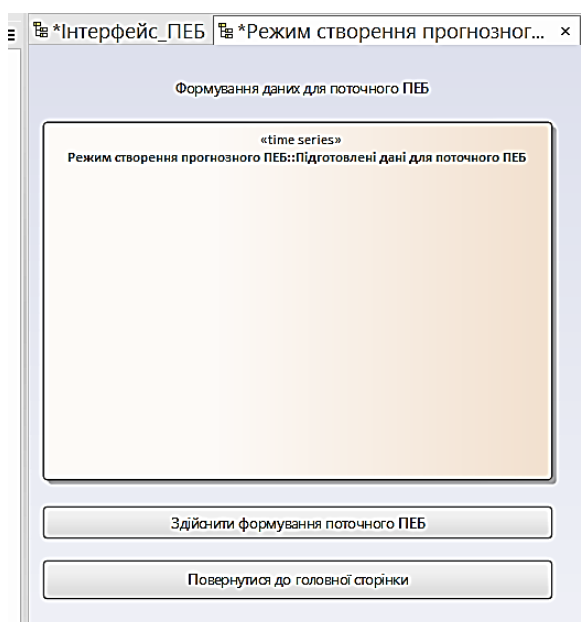


Рисунок 2.13 – Кінцевий етап створення дочірньої форми «Режим створення поточного звіту ПЕБ».

З вікна «Енергетична вітрина» є можливість переходу до вікна «Режим створення прогнозного звіту ПЕБ».

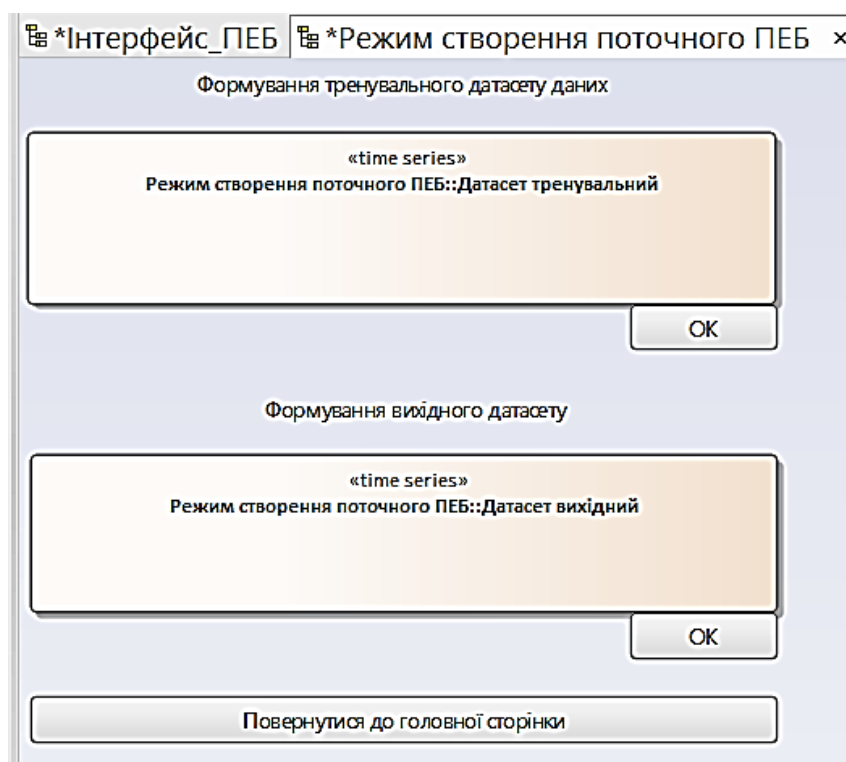


Рисунок 2.14 – Кінцевий етап створення дочірньої форми «Режим створення прогнозного звіту ПЕБ».

У цьому вікні здійснюється відбір підготовлених даних з конвертацією їх до формату csv, далі здійснюється тренувальне навчання на іншій сторінці, отримані параметри мережі передаються назад та на кінцевому етапі здійснюється нейромережеве прогнозування з формуванням прогнозного звіту ПЕБ. Натисканням кнопки «ОК» під блоком з датасетом вихідним здійснюється перехід до сторінки «Перегляд готового звіту».

З вікна «Режим створення прогнозного звіту ПЕБ» здійснюється перехід до вікна «Тренувальне навчання». В цьому вікні здійснюється тренувальне навчання нейронної мережі згідно введеного користувачем числового критерію, далі отримані параметри передаються назад до сторінки «Режим створення прогнозного звіту ПЕБ».

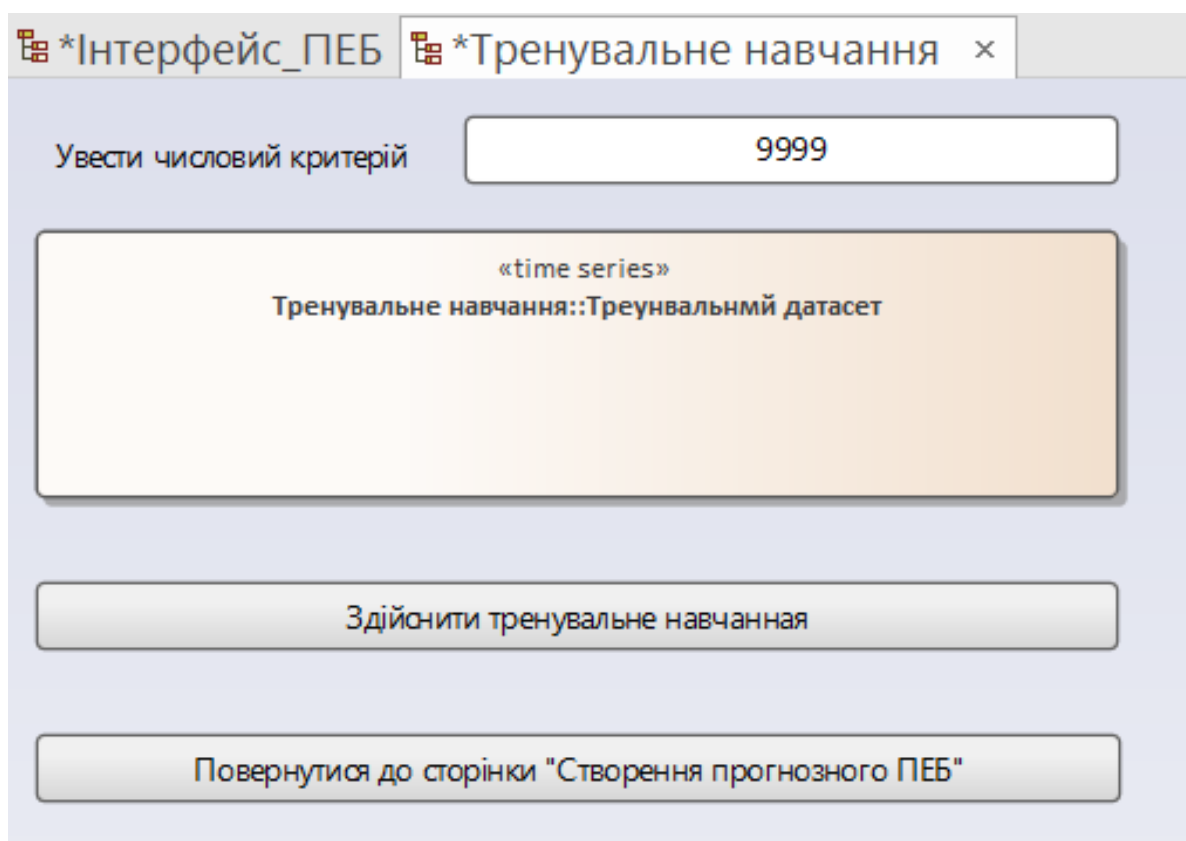


Рисунок 2.15 – Кінцевий етап створення дочірньої форми «Тренувальне навчання».

З вікон «Режим створення поточного звіту ПЕБ» та «Режим створення прогнозного звіту ПЕБ» є можливість переходу до вікна «Перегляд готового звіту». У цьому вікні здійснюється попередній перегляд створеного ПЕБ.

Натисканням кнопки «Зберегти звіт ПЕБ у форматі pdf» здійснюється перехід до головної сторінки з збереження нового документа в історії звітів. Натисканням кнопки «Відмінити збереження» здійснюється перехід до головної сторінки без збереження нового документа в історії звітів.

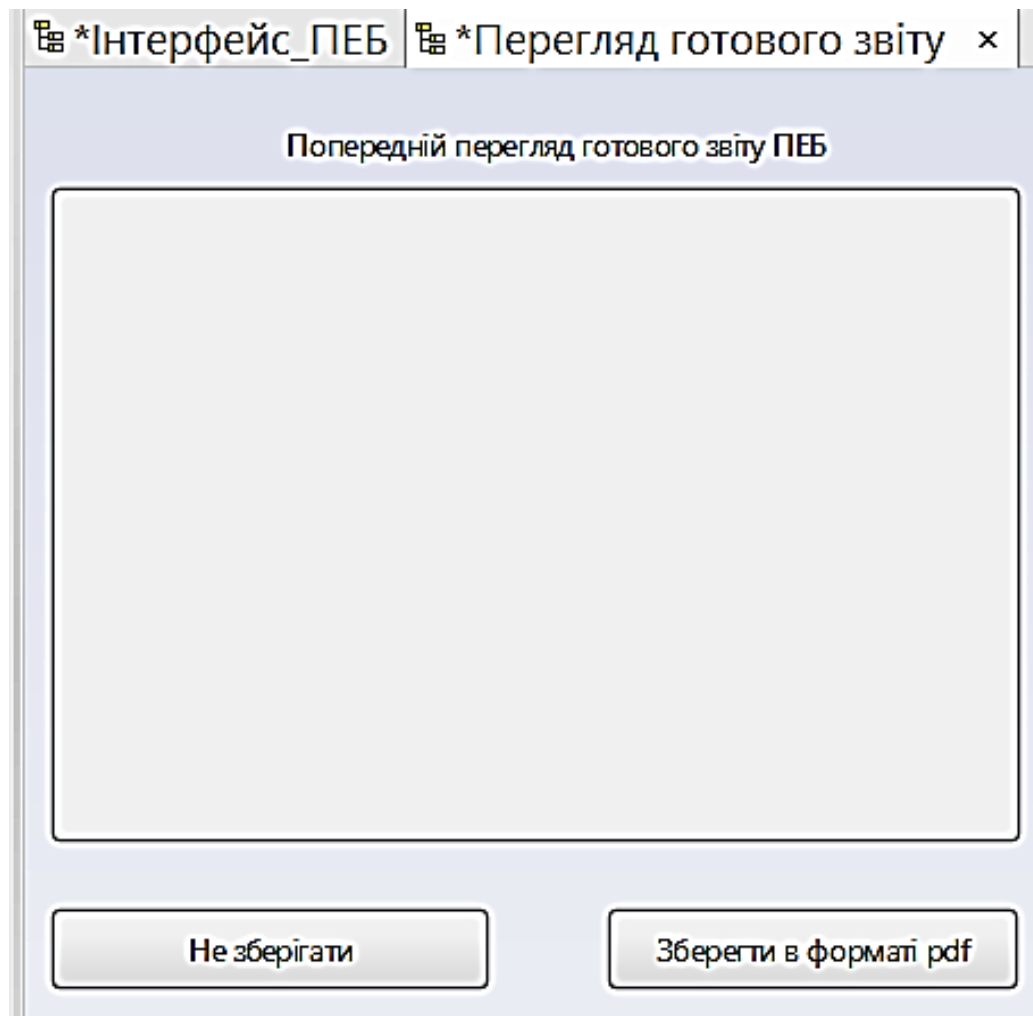


Рисунок 2.16 – Кінцевий етап створення дочірньої форми «Перегляд готового звіту».

Для проектування інтерфейсу були використані такі елементи як Dialog, Button, Edit Control, RadioButton, Static text, Process.

2.4 Проектування бази даних

Наступним етапом здійсимо функціональне моделювання структури бази даних енергетичної вітрини за допомогою створення діаграми потоків даних – DFD.

DFD – загальноприйняте скорочення від англ. Data flow diagrams. Так називається методологія графічного структурного аналізу, що описує зовнішні по відношенню до системи джерела і адресати даних, до яких здійснюється доступ. Вона дозволяє поглянути на модель інформаційної системи з точки зору зберігання, обробки та передачі даних.

На рис. 2.17 представлена концептуальна DFD діаграма, яка відображає погляд на функції компонентів ІСУ ПЕБ зі сторони її адміністратора.

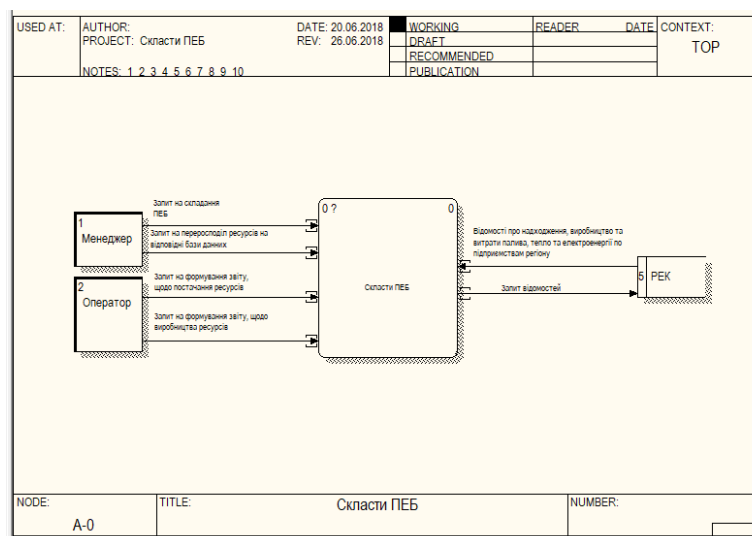


Рисунок 2.17 – Концептуальна DFD діаграма компонентів інформаційної системи

Сутність «Менеджер» відправляє запит на складання ПЕБ, та запит на перерозподіл ресурсів на відповідні бази даних.

Сутність «Оператор» відправляє запит щодо формування звіту щодо використання ресурсів та запит щодо формування звіту щодо виробництва ресурсів.

Сутність «Оператор» посилає запит на формування звіту щодо постачання ресурсів, функція формування звіту, надсилає запит до бази даних «Надходження, залишки та вироблені ресурси», з метою пошуку вироблених ресурсів за останній місяць. З бази даних надходить відповідь до функції, яку у свою чергу відправляє звіт сутності «Оператор», яка у свою чергу записує звіт до бази даних «Звіти».

Функція «Сформувати ПЕБ»

Сутність «Менеджер» відправляє запит на формування ПЕБ до функції, яка у свою чергу робить запит до бази даних «Звіти». З бази даних «Звіти» надходить відповідь із звітами щодо витрачених та вироблених ресурсів, функція на основі цих звітів складає ПЕБ та відправляє його сутності «Менеджер».

Перед тим як розглянути функцію «Розподіл відомостей про виробництво та витрати ресурсів» зробимо її декомпозицію, для уточнення її функціоналу.

На рис. 2.19 представлена декомпозиція функції «Розподіл відомостей про виробництво та витрати ресурсів» системи.

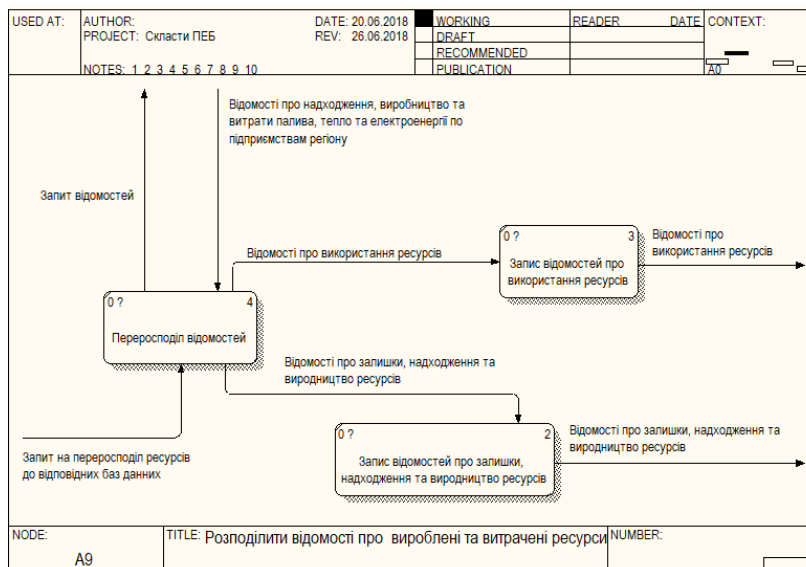


Рисунок 2.19 – Діаграма декомпозиції функції «Розподілити відомості про виробництво та витрати ресурсів» системи.

Отже, розглянемо функцію «Розподілити відомості про виробництво та витрати ресурсів»

До функції від сутності «Менеджер» надходить запит на перерозподіл ресурсів, функція у свою чергу відправляє запит до бази даних ЕВ. База даних ЕВ надає відповідь на сформований запит. Функція «Перерозподіл відомостей» перерозподіляє відомості і відправляє два запити до функцій «Запис відомостей про використання ресурсів» та «Запис відомостей про виробництво ресурсів», які у свою чергу записують відповідні відомості до баз даних, «Використані ресурси» та «Залишки, надходження та виробництво ресурсів» відповідно.

Таким чином, проведене моделювання потоків даних дозволило уточнити функціональні вимоги до ІСУ ПЕБ, яку розробляють, визначити які таблиці будуть входити в структуру БД.

На стадії підготовки до розробки бази даних ЕВ було прийняте рішення, як СУБД, обрати MySQL.

З переваг СУБД MySQL варто відзначити простоту використання, гнучкість, низьку вартість володіння (щодо платних СУБД), а також масштабованість і продуктивність.

MySQL дозволяє зберігати цілочисельні значення зі знаком і без знакові, довжиною в 1, 2, 3, 4 і 8 байтів, працює із строковими і текстовими даними фіксованої і змінної довжини, дозволяє здійснювати SQL-команди SELECT, DELETE, INSERT, REPLACE і UPDATE, забезпечує повну підтримку операторів і функцій в SELECT- і WHERE- частинах запитів, працює з GROUP BY і ORDER BY, підтримує групові функції COUNT, AVG, STD, SUM, MAX і MIN, дозволяє використовувати JOIN в запитах, у т. ч. LEFT OUTER JOIN і RIGHT OUTER JOIN, підтримує реплікацію, транзакції, роботу з зовнішніми ключами і каскадні зміни на їх основі, а також забезпечує багато інших функціональних можливостей.

Гнучкість СУБД MySQL забезпечується підтримкою великої кількості типів таблиць: користувачі можуть вибрати як таблиці типу MyISAM, що підтримують повнотекстовий пошук, так і таблиці InnoDB, що підтримують

транзакції на рівні окремих записів. Є й інші типи таблиць, розроблені спільнотою.

MySQL має клієнт-серверну архітектуру: до сервера MySQL можуть звертатися різні клієнтські програми, в тому числі з віддалених комп'ютерів.

MySQL – крос-платформова система. Її можна використовувати практично у всіх сучасних операційних системах, в тому числі Windows, Linux, Mac OS, Solaris, HP-UX і ін.

MySQL має безліч програмних інтерфейсів (API), завдяки яким до бази даних MySQL можуть підключатися додатки, створені за допомогою C / C ++, Eiffel, Java, Perl, PHP, Python, Tcl, ODBC, NET і Visual Studio.

MySQL має відмінні технічні характеристики: багатопотоковість, багатокористувацький доступ, швидкодія, масштабованість.

Для MySQL використовується один з діалектів мови програмування SQL.

SQL (Structured Query Language - Структурована мова запитів) - мова управління базами даних для реляційних баз даних.

SQL складається з чотирьох окремих частин:

а) мова визначення даних (DDL) використовується для визначення структур даних, що зберігаються в базі даних. Оператори DDL можна створювати, редагувати і видаляти окремі об'єкти в БД. Допустимі типи об'єктів залежать від використовуваної СУБД і зазвичай включають бази даних, користувачів, таблиці і ряд дрібніших допоміжних об'єктів, наприклад, ролі і індекси.

б) мова маніпуляції даними (DML) використовується для вилучення і зміни даних в БД. Оператори DML дозволяють витягати, вставляти, змінювати і видаляти дані в таблицях. Іноді оператори select вилучення даних не розглядаються як частина DML, оскільки вони не змінюють стан даних. Всі оператори DML носять декларативний характер.

в) мова визначення доступу до даних (DCL) використовується для контролю доступу до даних в БД. Оператори DCL застосовуються до привілеїв

і дозволяють видавати і відбирати права на застосування певних операторів DDL і DML до певних об'єктів БД.

г) мова управління транзакціями (TCL) використовується для контролю обробки транзакцій в БД. Зазвичай оператори TCL включають commit для підтвердження змін, зроблених в ході транзакції, rollback для їх скасування та savepoint для розбиття транзакції на кілька менших частин.

На етапі функціонального моделювання були виділені наступні сутності: ПЕР (нафтопродукти, вугілля, природний газ, електроенергія), менеджер, звіт ПЕБ, ПЕБ, постачальники ПЕР, споживачі ПЕР.

Складаємо таблицю users. Дана таблиця містить інформацію про всіх користувачів, які мають доступ до використання програмного додатку, який був реалізований. Атрибут «userid» є первинним ключем, який однозначно ідентифікує користувача додатку.

userid: INT(11) – дане поле є первинним ключем таблиці, що однозначно визначає того чи іншого користувача;

login: VARCHAR(16) – символічне поле, що містить логін користувача;

password: VARCHAR(32) – символічне поле, що містить пароль користувача;

post: VARCHAR(10) – символічне поле, що містить назву посади користувача;

name: VARCHAR(25) – символічне поле, що містить ім'я користувача;

surname: VARCHAR(25) – символічне поле, що містить прізвище користувача;

email: VARCHAR(25) – символічне поле, що містить електронну поштову адресу користувача.

Складаємо таблицю reports. Дана таблиця містить інформацію про всі звіти, що було складено.

idReport: INT(11) – дане поле є первинним ключем таблиці, що однозначно визначає будь-який реалізований звіт;

userid: INT(11) – дане поле є вторинним ключем таблиці, що однозначно визначає того чи іншого користувача та зв'язує з таблицею users;

date: DATE – часове поле, що визначає дату складання звіту;

name: VARCHAR(25) – символічне поле, що містить ім'я користувача;

type: VARCHAR(45) – символічне поле, що містить тип звіту;

coal: DOUBLE – числове поле, що містить кількість поставленого вугілля в умовних одиницях палива;

oil:DOUBLE – числове поле, що містить кількість поставленої нафти в умовних одиницях палива;

gas: DOUBLE – числове поле, що містить кількість поставленого природнього газу в умовних одиницях палива;

full_oil: DOUBLE – числове поле, що містить кількість поставлених нафтопродуктів в умовних одиницях палива;

ass_gas: DOUBLE – числове поле, що містить кількість поставленого скрапленого природнього газу в умовних одиницях палива;

electr: DOUBLE – числове поле, що містить кількість поставленої електроенергії в умовних одиницях палива.

Складаємо таблицю feb. Дана таблиця містить інформацію про всі паливно енергетичні баланси, які було складено.

idFeb: INT(11) – дане поле є первинним ключем таблиці, що однозначно визначає будь-який реалізований баланс;

userid: INT(11) – дане поле є вторинним ключем таблиці, що однозначно визначає того чи іншого користувача та зв'язує з таблицею users;

date: DATE – часове поле, що визначає дату складання балансу;

recForCorps: LONGTEXT – текстове поле, що визначає зміст документу балансу за постачальниками;

recForRegion: LONGTEXT – текстове поле, що визначає зміст документу балансу за споживачами;

Складаємо таблицю corps. Дана таблиця містить інформацію про всі компанії постачальники та споживачі ресурсів.

idCorp: INT(11) – дане поле є первинним ключем таблиці, що однозначно ідентифікує компанію;

corpName: VARCHAR(45) – символічне поле, що містить назву компанії;

corpType: VARCHAR(45) – символічне поле, що містить тип власності компанії.

Складаємо таблицю productres. Дана таблиця містить свідомості про всі ресурси, які було вироблено компанією.

idProdRes: INT(11) – дане поле є первинним ключем таблиці, що однозначно ідентифікує свідомості;

idCorp: INT(11) – дане поле є вторинним ключем таблиці, що однозначно визначає того чи іншого користувача та зв'язує з таблицею corps;

date: DATE – часове поле, що визначає дату складання звіту;

coal: DOUBLE – числове поле, що містить кількість поставленого вугілля в умовних одиницях палива;

oil: DOUBLE – числове поле, що містить кількість поставленої нафти в умовних одиницях палива;

gas: DOUBLE – числове поле, що містить кількість поставленого природнього газу в умовних одиницях палива;

full_oil: DOUBLE – числове поле, що містить кількість поставлених нафтопродуктів в умовних одиницях палива;

ass_gas: DOUBLE – числове поле, що містить кількість поставленого скрапленого природнього газу в умовних одиницях палива;

electr: DOUBLE – числове поле, що містить кількість поставленої електроенергії в умовних одиницях палива;

summary: DOUBLE – числове поле, що містить кількість усіх поставлених ПЕР в умовних одиницях палива.

Сутність «consumeRes» містить свідомості про всі ресурси, які було використані компанією.

idCons: INT(11) – дане поле є первинним ключем таблиці, що однозначно ідентифікує свідомості;

idCorp: INT(11) – дане поле є вторинним ключем таблиці, що однозначно визначає того чи іншого користувача та зв’язує з таблицею corps;

date: DATE – часове поле, що визначає дату складання звіту;

coal: DOUBLE – числове поле, що містить кількість поставленого вугілля в умовних одиницях палива;

oil: DOUBLE – числове поле, що містить кількість поставленої нафти в умовних одиницях палива;

gas: DOUBLE – числове поле, що містить кількість поставленого природнього газу в умовних одиницях палива;

full_oil: DOUBLE – числове поле, що містить кількість поставлених нафтопродуктів в умовних одиницях палива;

ass_gas: DOUBLE – числове поле, що містить кількість поставленого скрапленого природнього газу в умовних одиницях палива;

electr: DOUBLE – числове поле, що містить кількість поставленої електроенергії в умовних одиницях палива;

summary: DOUBLE – числове поле, що містить кількість усіх поставлених ПЕР в умовних одиницях палива.

Складаємо таблицю user_corp. Дана таблиця є проміжною, для позбавлення від зв’язку «багато-до-багатьох», оскільки один користувач має доступ до багатьох підприємств, та доступ до одного підприємства можуть мати багато користувачів.

id_item: INT(11) – дане поле є первинним ключем таблиці, що однозначно зв’язує userid та idCorp;

userid: INT(11) – дане поле є вторинним ключем таблиці, що однозначно визначає того чи іншого користувача та зв’язує з таблицею users;

idCorp: INT(11) – дане поле є вторинним ключем таблиці, що однозначно визначає того чи іншого користувача та зв’язує з таблицею corps;

Вид схеми розташування таблиць бази даних серверної частини компонентів інформаційної системи розрахунку ПЕБ, реалізований на платформі «MySQL Server», представлена на рис. 2.20.

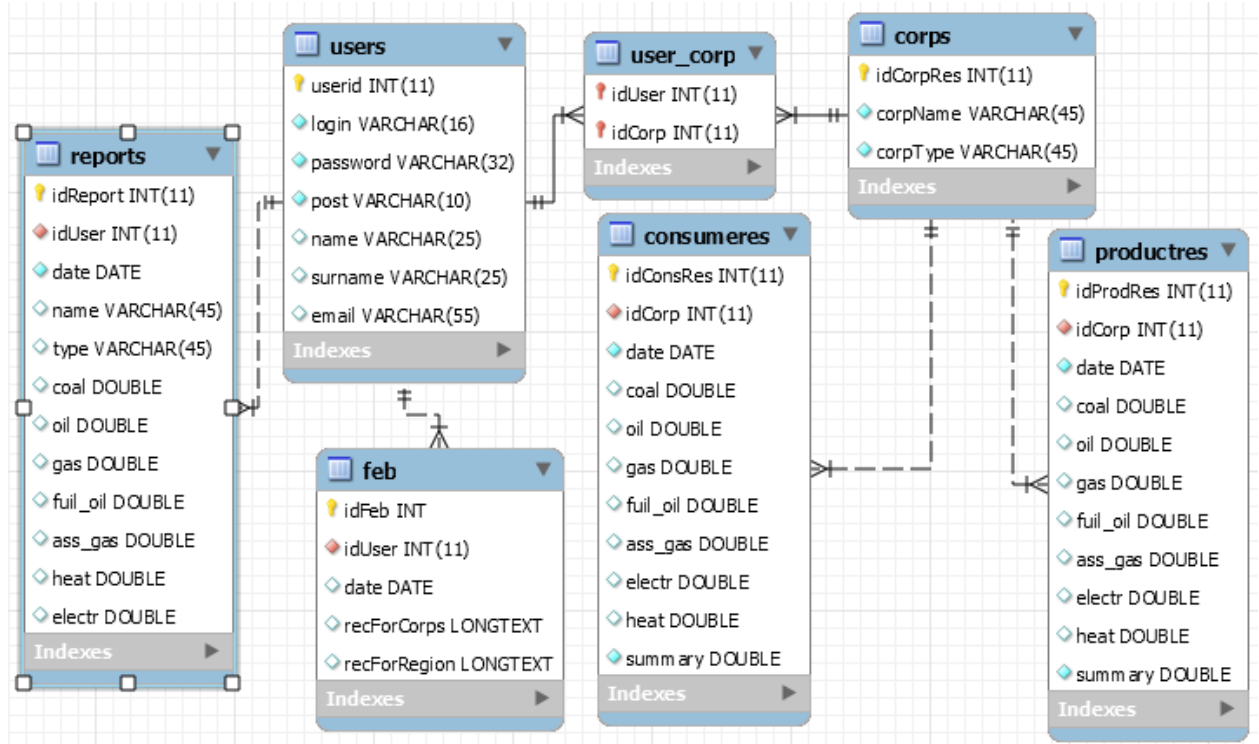


Рисунок 2.20 – Вид схеми даних реляційної БД ЕВ, реалізований на платформі «MySQL Server»

2.5 Математичні методи лінійного програмування, які були використані в модулі формування поточного ПЕБ

Лінійне програмування (ЛП) – це напрямок математичного програмування, що вивчає методи вирішення екстремальних задач, які характеризуються лінійною залежністю між змінними і лінійним критерієм.

У загальній постановці задачі лінійного програмування (ЗЛП) формулюється в такий спосіб.

Нехай існують якісь змінні $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ та лінійна функція цих змінних, яка називається цільовою. Ставиться завдання: знайти екстремум

(максимум або мінімум) цільової функції за умови, що змінна \bar{x} задовольняє системі лінійних рівнянь та/або нерівностей.

Класичним прикладом практичного застосування завдань лінійного програмування є завдання щодо складання дієти, а також завдання щодо складання плану виробництва.

Спираючись на предметну область розробки, складемо узагальнене завдання лінійного програмування для розрахунку ПЕБ.

Нехай, деяка виробнича одиниця може виробляти n видів енергетичних ресурсів G_1, G_2, \dots, G_n , використовуючи m видів сировинних ресурсів R_1, R_2, \dots, R_m , запаси яких обмежені величинами b_1, b_2, \dots, b_m .

Технологією виробництва енергетичних ресурсів G_j назвемо набір чисел a_{ij} , який показує яка кількість i -го сировинного ресурсу необхідна для виробництва одиниці енергетичного ресурсу G_j .

Це можна записати у вигляді технологічної матриці, представленої у табл. 2.1, яка повністю описує технологічні потреби виробництва і елементами якої є числа a_{ij} .

Таблиця 2.1 – технологічна матриця виробництва

	G_1	G_2	...	G_n
R_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
R_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
...	
R_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}

Допустимо також, що відомі ціни реалізації одиниці кожного ресурсу c_1, c_2, \dots, c_n .

Означимо через x_1, x_2, \dots, x_n плановане виробництво енергетичних ресурсів G_1, G_2, \dots, G_n . У силу наявної технологічної матриці для цього знадобиться:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n - \text{сировинного ресурсу } R_1$$

Функція (2.1) називається цільовою функцією задачі (2.2), а умова (2.2) – обмеженнями цієї задачі.

Особливістю стандартної задачі ЛП є те, що її обмеження представлені у вигляді лінійних нерівностей, а також умов невід’ємності змінних, присутніх в задачі:

$$\sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max \quad (2.3)$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i & i = 1, 2, \dots, n \\ x_j \geq 0 & j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (2.4)$$

Отже, на основі записаних вище формул, розв’яжемо задачу розрахунку ПЕБ методом лінійного програмування.

В ході виконання роботи, були розроблені методи і алгоритм вирішення такої задачі, складені необхідні математичні моделі, проведено розробка програмних засобів.

У даній роботі використані реальні дані, існуючих та працюючих електростанцій – у подальшому вони будуть назватися КТЕЦ.

У математичній постановці задача виглядає наступним чином.

Нехай мається декілька видів палива – у випадку КТЕЦ – 5 видів. Відомі їх теплотворні можливості – Q_p^i та питомі витрати по їх спалюванню, тобто ціна, транспортні та цехові витрати. При цьому у транспортні витрати входить витрати на підготовку палива до спалювання – наприклад, пиле приготування твердого палива чи підігрів та розпилення мазуту. Також відома загрузка-кількість тепла, яке необхідно отримати від спалювання усіх видів палива $Q_p^{бр}$.

У якості прикладу використання вирішення такої задачі і проведення необхідних порівнянь, візьмемо тепловий баланс КТЕЦ на 01.19.

Вихідні дані цієї задачі приведені в таблиці 2.2.

Накладені наступні обмеження (у місяць):

- а) витрати твердого палива – не більше 60000 т;
- б) витрати шламу – від 30000 т до 35000т;
- в) витрати вугілля – не більше 12000т;
- г) витрати природнього газу – не більше 46870 тис. нм³;
- д) витрати супутнього газу – не більше 3700 тис. нм³;
- е) витрати мазуту – не більше 1500 т.

Таблиця 2.2 – Вихідні данні на 01.19

Вид палива	Ум. позн.	Q_p^i , ккал/кг ккал/нм ³	Пит. вит. грн/т грн/тис.нм ³	Використано на 01.19.	Загрузка на 01.19.	Сум. витрати на 01.19.
Шлам	X1	2400	48,65	39552 т	279787,4 Гкал.	13731436 грн.
Бур. вугілля	X2	2100	130,5	200 т		
Прир. газ	X3	7990	413,61	17930 тис.нм ³		
Супут. газ	X4	9130	593,95	3270 тис.нм ³		
Мазут	X5	9850	2106,86	1150 т		

У ході оптимізації паливного балансу, за наявності заявлених обмежень та за допомогою форму (2.1 – 2.4) було отримано наступне – див. табл. 2.3.

Таким чином, у разі використання у січні 2019 р. оптимального паливного балансу витрати на паливо були б менше на 1.895.236 грн, при точно такій ж загрузці.

Неможливо заперечити, що отримані результати відносяться до ідеалізованого випадку.

У реальному житті керівники станції та енергосистем зазвичай ставляться перед необхідністю випалювати і ті види палива, які нерентабельні для їх підприємств. Робиться це, наприклад, для забезпечення розвитку інших галузей регіону чи у зв'язку з наявністю жорстко лімітованих видів палива. Таким паливом у багатьох регіонах є природний газ. Тоді дані, отримані при розробці оптимальних паливних балансів, можна використовувати при веденні перемов. Наприклад, при обговоренні ціни на паливо, яке пропонують, або ліміт на бажані, але жорстко лімітовані види палива.

Тому далі висунемо гіпотезу, що КТЕЦ маю жорстку необхідність використовувати у січні 2019 р. у якості палива 3700 тис.нм³ попутного газу у цілях забезпечення нафтовидобутку. Для цього випадку оптимальний паливний баланс приведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.3 – Оптимальний паливний баланс для КТЕЦ.

Вид палива	Умовне позначення	Оптимальні витрати.	Сум. загрузка Гкал	Сум. витрати грн
Шлам	X1	35000 т	279787,6	11836200
Бур. Вугілля	X2	0		
Прир. Газ	X3	24500 тис.нм ³		
Супут. Газ	X4	0		
Мазут	X5	0		

Таблиця 2.4 – Оптимальний паливний баланс КТЕЦ за умови додаткових обмежень.

Вид палива	Умовне позначення	Оптимальні витрати.	Сум. загрузка Гкал	Сум. витрати грн
Шлам	X1	35000 т	279787,8	12293030
Бур. Вугілля	X2	0		
Прир. Газ	X3	20291,25 тис.нм ³		
Супут. Газ	X4	3700 тис.нм ³		
Мазут	X5	0		

Отже, за умови обов'язкового використання 3700 тис.нм³ супутнього газу витрати КТЕЦ збільшаться у порівнянні з оптимальним на 456830 грн. у місяць (нагадаю, розглядається ситуація січня 2018 року). Це є причиною для ведення перемовин з поставником супутнього газу щодо зниження ціни на супутній газ, маючи переконливі, математично обґрунтовані і, що з цього випливає, незаперечні аргументи.

У разі, якщо використання неоптимального паливного балансу спричинене відсутністю сплати споживачами, тоді з'являються математично обґрунтовані причини для накладення на них штрафних санкцій, які передбачає Громадянський кодекс України.

2.6 Нейронна мережа, яка була використана у модулі формування прогнозного ПЕБ.

Штучна нейронна мережа (ШНМ) - обчислювальна нелінійна модель, в основі якої лежить нейронна структура мозку, здатна навчатися виконання завдань класифікації, передбачення, прийняття рішень, візуалізації і деяких інших тільки завдяки розгляду прикладів [13].

Будь-яка архітектура ШНМ складається з штучних нейронів - елементів обробки, мають структуру 3 пов'язаних один з одним шарів: вхідним, що складається з одного або кількох шарів прихованим і вихідним.

Вхідний шар складається з вхідних нейронів, які передають інформацію в прихований шар. Прихований шар в свою чергу передає інформацію в вихідний. Кожен нейрон має входи з вагами - синапсами, функцію активації, визначальну вихідну інформацію при заданій вхідній, і один вихід. Синапси - регульовані параметри, що конвертують нейронну мережу до параметричної системи. Основною характеристикою нейронної мережі є модель мережі.

Усе різноманіття існуючих типів ШНМ можна розглянути на рис.2.21.

Охарактеризувати нейронні мережі можна за видами нейронів використовуваних в мережі, структури моделі мережі, способам навчання мережі, завданням які вирішує мережу. Розглядаючи завдання вирішуються нейронними мережами можна виділити широке коло завдань обробки та аналізу даних - розпізнавання і класифікація образів, прогнозування, управління, кластерний аналіз, апроксимація, нейромережеве стиснення даних, асоціативну пам'ять і т.д.

За структурою зв'язків нейронні мережі можна розділити на:

а) повнозв'язані нейронні мережі, в яких кожен нейрон передає свій вихідний сигнал іншим нейронам, в тому числі і самому собі. Всі вхідні сигнали подаються всім нейронам. Вихідними сигналами мережі можуть бути всі або деякі вихідні сигнали нейронів після кількох тактів функціонування мережі;

б) неповнозв'язані нейронні мережі (описувані неполнозв'язним орієнтованим графом і зазвичай звані перцептроном), поділяються на одношарові (найпростіші перцептрони) і багатошарові, з прямими, перехресними і зворотними зв'язками. У нейронних мережах з прямими зв'язками нейрони j -ого шару по входах можуть з'єднуватися тільки з нейронами нижчих шарів. У нейронних мережах з перехресними зв'язками допускаються зв'язку всередині одного шару;

У свою чергу, серед багатошарових нейронних мереж виділяють наступні типи:

а) монотонні. Це окремий випадок шаруватих мереж з додатковими умовами на зв'язку і нейрони. Кожен шар крім останнього (вихідного) розбитий на два блоки: збудливий і гальмуючий. Зв'язки між блоками теж поділяються на які гальмують і збуджуючі. Якщо від нейронів блоку А до нейронам блоку В ведуть тільки збуджують зв'язку, то це означає, що будь-який вихідний сигнал блоку є монотонною невід'ємною функцією будь-якого вихідного сигналу блоку А. Якщо ж ці зв'язки тільки гальмують, то будь-який вихідний сигнал блоку В є незростаюча функцією будь-якого вихідного сигналу блоку А. Для нейронів монотонних мереж необхідна монотонна залежність вихідного сигналу нейрона від параметрів вхідних сигналів.

б) мережі без зворотних зв'язків. У таких мережах нейрони вхідного шару отримують вхідні сигнали, перетворюють їх і передають нейронам першого прихованого шару, і так далі аж до вихідного, який видає сигнали для інтерпретатора і користувача. Якщо не визначено інше, то кожен вихідний сигнал q -го шару надходить на вхід всіх нейронів $(q + 1)$ -го шару; проте можливий варіант сполуки q -го шару з довільним $(q + p)^\wedge$ шаром;

в) Мережі зі зворотними зв'язками. У мережах із зворотними зв'язками інформація з наступних шарів передається на попередні. Серед них, в свою чергу, виділяють наступні:

1) шарувато-циклічні, що відрізняються тим, що шари замкнуті в кільце: останній шар передає свої вихідні сигнали першого; всі верстви рівноправні і можуть як отримувати вхідні сигнали, так і видавати вихідні;

2) шарувато-повнозв'язані складаються з шарів, кожен з яких представляє собою повнозв'язну мережу, а сигнали передаються як від шару до шару, так і всередині шару; в кожному шарі цикл роботи розпадається на три частини: прийом сигналів з попереднього шару, обмін сигналами всередині шару, вироблення вихідного сигналу і передача до подальшого шару;

3) повнозв'язано-шаруваті, за своєю структурою аналогічні шарувато-повнозв'язаним, але функціонує по-іншому: в них не розділяються фази обміну всередині шару і передачі наступному, на кожному такті нейрони всіх верств приймають сигнали від нейронів як свого шару, так і наступних.

Відомі нейронні мережі можна розділити за типами структур нейронів на:

- 4) гомогенні (однорідні);
- 5) гетерогенні.

Гомогенні мережі складаються з нейронів одного типу з єдиною функцією активації, а до гетерогенної мережі входять нейрони з різними функціями активації.

Активаційна функція нейрону визначає нелінійне перетворення здійснюване нейроном. Існує безліч активаційних функцій. Найпоширеніші з них:

- а) лінійна передавальна функція;
- б) порогова передавальна функція;
- в) сигмоїдальна передавальна функція (логістична функція, гіперболічний тангенс і ін.);
- г) радіально-базисна функція передачі;
- д) інші функції передачі;

За організації навчання поділяють навчання нейронних мереж:

- а) з вчителем (supervised neural networks);
- б) без вчителя (nonsupervised);

в) змішане навчання.

При навчанні з учителем передбачається, що є зовнішнє середовище, яка надає навчальні приклади (значення входів і відповідні їм значення виходів) на етапі навчання або оцінює правильність функціонування нейронної мережі і відповідно до своїх критеріями змінює стан нейронної мережі або заохочує (карає) нейронну мережу, запускаючи тим самим механізм зміни її стану.

Визначають так само різні алгоритми навчання:

- а) по входах;
- б) по виходах.

При навчанні по входах навчальний приклад являє собою тільки вектор вхідних сигналів, а при навчанні по виходах в нього входить і вектор вихідних сигналів, відповідний вхідному вектору.

За способом пред'явлення прикладів розрізняють:

- а) пред'явлення одиничних прикладів;
- б) пред'явлення "сторінки" прикладів.

У першому випадку зміна стану нейронної мережі (навчання) відбувається після пред'явлення кожного прикладу. У другому - після пред'явлення "сторінки" (безлічі) прикладів на основі аналізу відразу їх усіх.

В нашому випадку з метою прогнозування показників ПЕБ була обрана модель нейронної мережі типу feed-forward з сигмоїдальною передавальною функцією.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ МОДУЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ІСУ ПЕБ

3.1 Загальні відомості щодо гіперпараметрів нейронної мережі

Важливим елементом конфігурації штучної нейронної мережі є підбір так званих гіперпараметрів. Гіперпараметри штучної нейронної мережі в загальному випадку можна розділити на дві групи: глобальні та локальні (вузлові).

До глобальних гіперпараметрів відносяться кількість прихованих шарів, кількість нейронів в кожному шарі, рівень навчання і момент, ініціалізація ваг нейронів.

Локальні гіперпараметри - тип шару, функція активації і інші параметри регуляризації.

Оскільки більшість локальних гіперпараметрів, по суті, визначено обраною структурою нейронної мережі, а саме мережі радіально-базисних функцій, то в ході даної глави розглядатимуться глобальні гіперпараметри, а саме:

- а) коефіцієнт навчання η ;
- б) момент навчання m ;
- в) кількість нейронів в прихованому шарі штучної нейронної мережі.

Для того, щоб підібрати перераховані вище гіперпараметри, необхідно провести дослідження їх впливу на прогнозовану помилку штучної нейронної мережі.

Для того, щоб оцінити ефективність навчання використовується безліч різних методів. Одним з найпоширеніших є RMSE - середньоквадратичного відхилення. RMSE є показником розсіювання значень випадкової величини щодо її математичного очікування.

Не буде зайвим відзначити, що оцінка відхилення, отримана при розрахунку RMSE, є зміщеною. Однак, дану оцінку все одно можна вважати спроможною [7].

Нейронна мережа навчалася на вибірці такого вигляду: набір рядків з довільного числа значень, розділених табуляцією. Останнє значення кожного рядка - очікуване значення.

Алгоритм навчання зображено на рисунку 3.1.

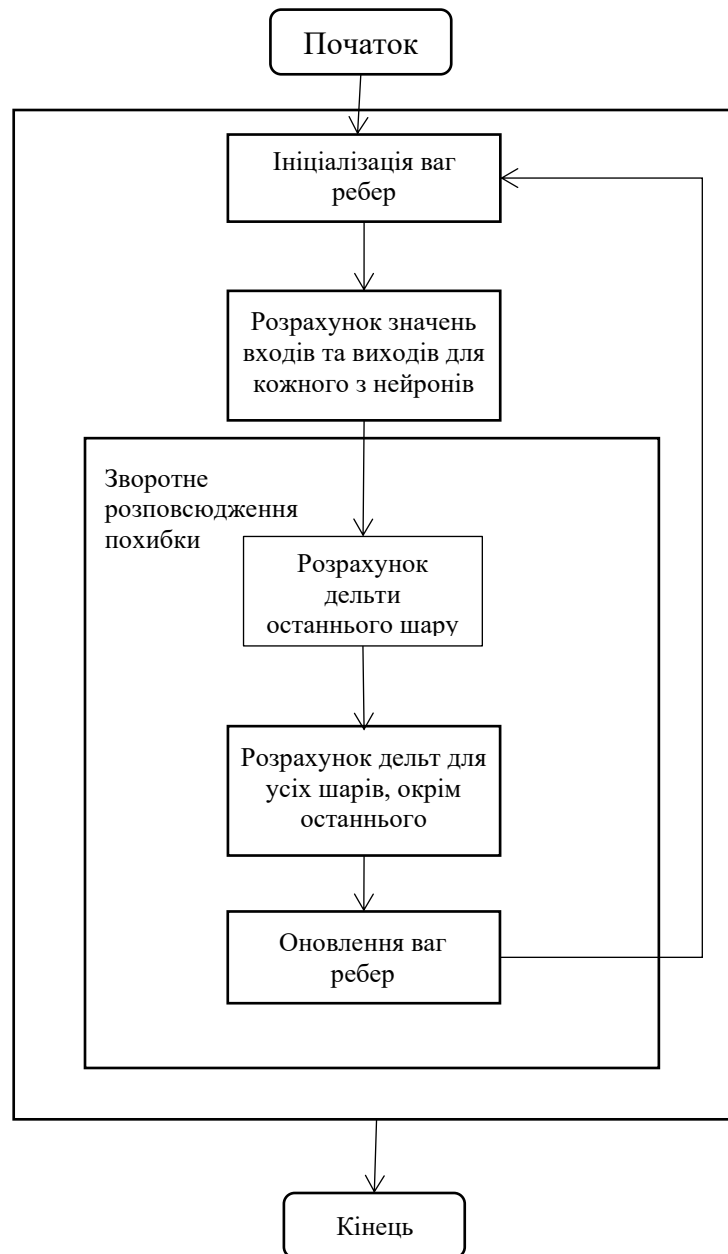


Рисунок 3.1 – Алгоритм навчання нейронної мережі

Дані навчальної вибірки отримані з показаннями різних лічильників ТЕЦ. Вид навчальної вибірки представлений на рисунку 3.2

Так, описавши формат вхідних і вихідних даних, а також описавши що з себе являє середньоквадратична помилка, можна приступити до дослідження впливу гіперпараметрів навчання на ефективність навчання нейронної мережі.

3.2 Дослідження ефективності алгоритму навчання

В процесі навчання нейронної мережі коефіцієнт навчання враховується при оновленні ваг нейрона, координат еталонного вектору і ширини радіальної функції під час роботи алгоритму зворотного поширення помилки з урахуванням моментів. Значення коефіцієнта навчання емпірично вибирають з інтервалу (0; 1). Оновлення ваг визначається наступною формулою:

$$\Delta w_{ij}(t + 1) = -\eta \delta_i x_i + \alpha \Delta w_{ij}(t) \quad (2.1)$$

де $\delta_i x_i$ - і-я складова градієнту цільової функції, а $\Delta w_{ij}(t + 1)$ і $\Delta w_{ij}(t)$ - ваги на наступному і попередніх етапах навчання відповідно. Далі досліджуємо залежність похибки від коефіцієнта навчання η .

Параметри навчання наступні:

- а) тестова вибірка - 200 векторів;
- б) число ітерацій навчання: 15000;
- в) момент $m = 0.1$;
- г) кількість нейронів в прихованому шарі $n = 7$.

На рисунку 3.4 зображена залежність середнє квадратичного відхилення (СКВ) від збільшенням коефіцієнту навчання, а оптимальним значенням коефіцієнта навчання буде $\eta = 0.03$.

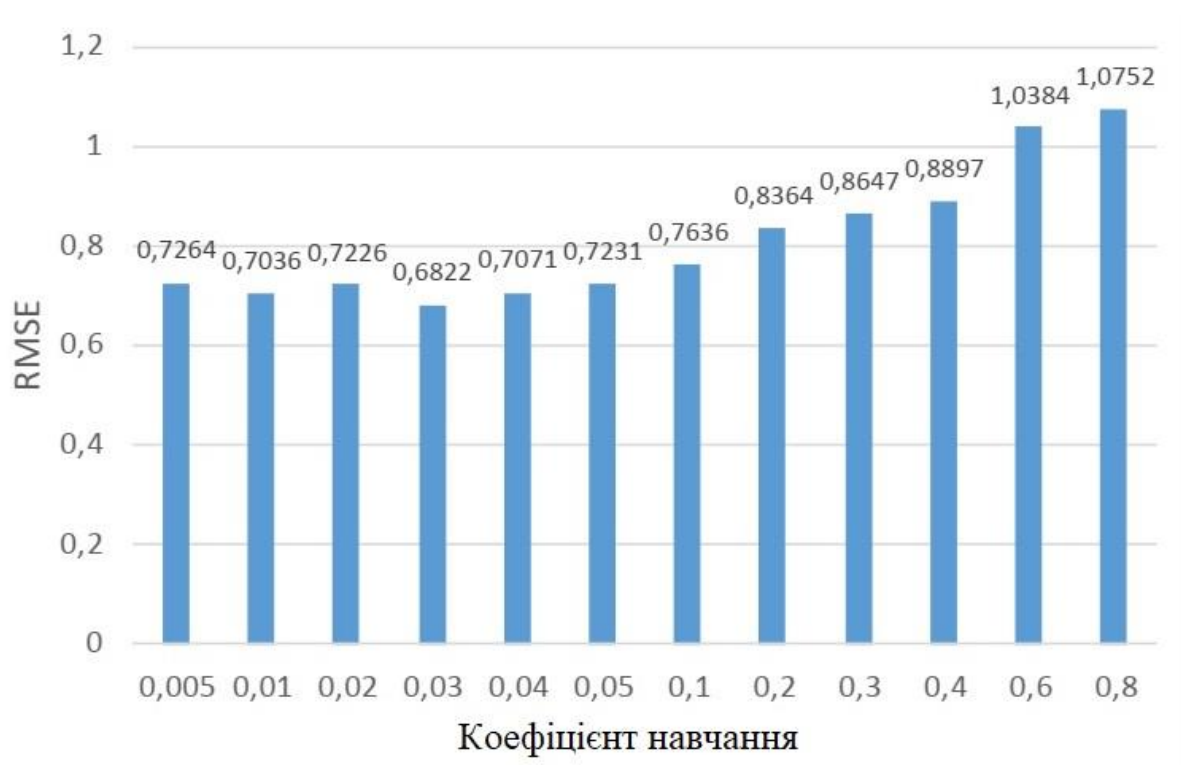


Рисунок 3.4 – Залежність RMSE від коефіцієнту навчання.

Так, розглянувши залежність похибки прогнозування від швидкості навчання нейронної мережі, можна приступити до дослідження залежності похибки прогнозування від навчального моменту.

3.3 Дослідження залежності похибки прогнозування від моменту

При навчанні штучної нейронної мережі методом градієнтного спуску може виникнути ситуація, в якій навчання зупиняється, знаходячи локальний мінімум оптимізаційної функції. Для того, щоб уникнути такої ситуації, в формулу зміни ваг нейрона вводиться додатковий параметр - момент m . Так само, як і в випадку з коефіцієнтом навчання η момент підбирається емпіричним шляхом і його значення знаходиться в діапазоні $(0; 1)$.

Далі досліджуємо залежність RMSE від моменту m . Параметри навчання наступні:

- а) тестова вибірка - 200 векторів;
- б) число ітерацій навчання: 15000;

в) коефіцієнт навчання $\eta = 0.03$;

г) кількість нейронів в прихованому шарі $n = 7$.

Графік залежності середньоквадратичного відхилення від моменту навчання представлений на рисунку 3.5.

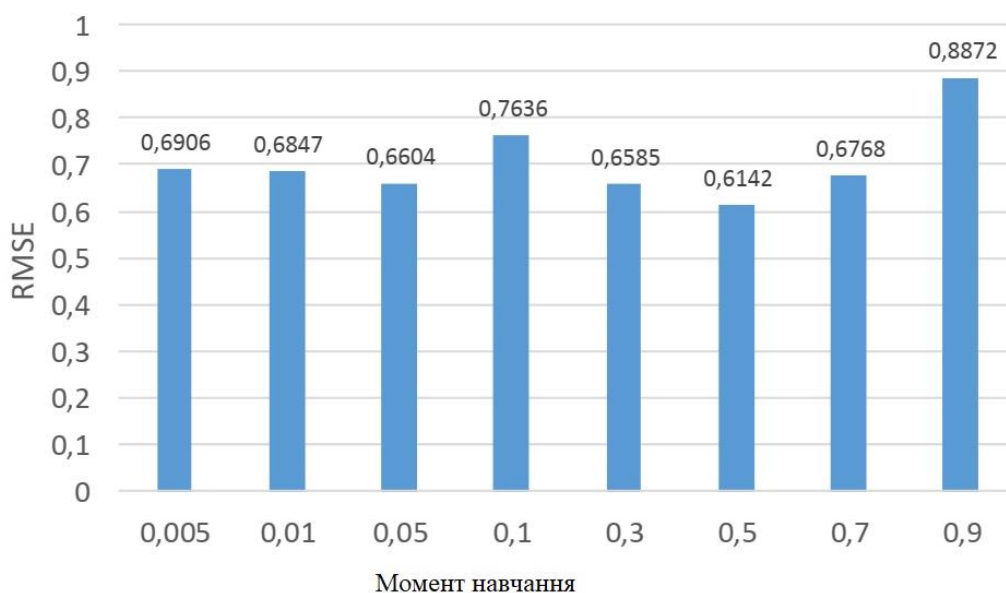


Рисунок 3.5 – Залежність RMSE від моменту навчання.

Як можна побачити оптимальним значенням моменту навчання буде $m = 0.5$, оскільки значення похибки найменше у цьому випадку.

Так, розглянувши залежність похибки прогнозування від моменту навчання нейронної мережі, можна приступити до дослідження залежності похибки прогнозування від кількості нейронів в прихованому шарі нейронної мережі.

3.4 Дослідження залежності ефективності алгоритму навчання від кількості нейронів прихованого шару

Кількість нейронів у прихованому шарі нейронної мережі також є важливим гіперпараметром при налаштуванні конфігурації нейронної мережі.

Так, при занадто низькій кількості нейронів в прихованому шарі нейронна мережа може бути піддана великого розкиду даних, що надходять, а при занадто низькій кількості нейронів можуть виникати шуми.

Досліджуємо залежність RMSE тестування від числа нейронів в прихованому шарі при наступних параметрах навчання:

- а) тестова вибірка - 200 векторів;
- б) число ітерацій навчання: 15000;
- в) коефіцієнт навчання $\eta = 0.03$;
- г) момент навчання $m = 0.5$.

Графік залежності RMSE від кількості нейронів в прихованому шарі представлений на рисунку 3.6.

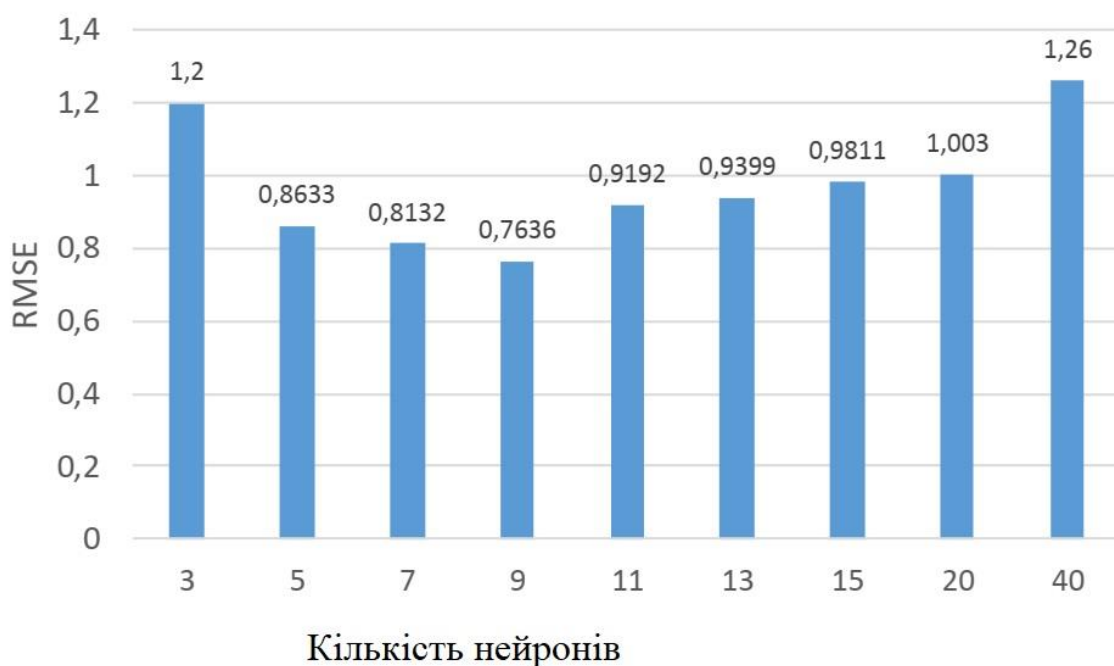


Рисунок 3.6 – Залежність RMSE від кількості нейронів в прихованому шарі

Як можна переконатися нейронна мережа при занадто маленькій кількості нейронів суттєво зростає похибка. При збільшенні кількості нейронів в прихованому шарі похибка зменшується, однак якщо продовжувати збільшувати кількість нейронів похибка знову починає рости. Оптимальною кількістю нейронів буде $n = 9$.

Отже, під час досліджень були описані основні гіперпараметри штучної нейронної мережі, дано формальне визначення похибки, котра видається нейронною мережею, а також досліджено вплив гіперпараметрів на прогнозовану похибку штучної нейронної мережі і були підібрані оптимальні значення даних гіперпараметрів.

Для даної роботи під час складання вибірки були виявлені наступні оптимальні значення гіперпараметрів нейронної мережі:

- а) коефіцієнт навчання $\eta = 0.03$;
- б) кількість нейронів в прихованому шарі $n = 9$;
- в) момент навчання $m = 0.5$.

У разі використання цих гіперпараметрів, для обраної нейронної мережі, значення кореня середньоквадратичного відхилення буде найменшим.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи розроблена інформаційної системи управління паливно-енергетичним балансом регіону.

На етапі підготовки до проектування проаналізовано предметну область, порівняні вже існуючі реалізовані системи, виявлені їх переваги та недоліки, також виявлені проблеми та актуалізовані рішення щодо їх подолання. Спроектовані різні аспекти інформаційної системи, а також її архітектура.

Оскільки в інформаційній системі буде використовуватися база даних, розроблено основні сутності системи, такі як користувач, звіт, та інші. База даних нормалізована і відповідає 3 нормальній формі. Стосунки між сутностями відображено на ER-діаграмі.

На етапі розробки інформаційної системи управління паливно-енергетичним балансом регіону розроблено серверну та клієнтську частини додатку. Розроблені модуль формування поточного та прогнозного ПЕБ. Точність прогнозу підлягає додатковому дослідженню.

Розроблений продукт готовий до застосування, однак в подальшому можливе розширення функціоналу інформаційної системи управління паливно-енергетичним балансом регіону, поліпшення дизайну, додавання контенту, оптимізація роботи, інтеграції до інформаційних систем регіональних органів державного управління.

Проведені дослідження ефективності модуля прогнозування шляхом емпіричного підбору значення таких гіперпараметрів штучної нейронної мережі, як швидкість навчання, момент навчання і кількість нейронів прихованого шару.

Виявлені наступні оптимальні значення гіперпараметрів нейронної мережі:

- а) коефіцієнт навчання $= 0.03$;
- б) кількість нейронів в прихованому шарі $n = 7$;
- в) момент навчання $m = 0.5$.

У разі використання цих гіперпараметрів значення кореня середньоквадратичного відхилення буде найменшим.

З недоліків реалізованої нейронної мережі можна відзначити відсутність можливості збереження її параметрів в файл. Виправлення останнього недоліку може бути предметом подальших наукових пошуків

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ратманова И.Д., Гурфова О.М. Информационно-аналитическое сопровождение энергетического менеджмента на региональном уровне - //Вестник ИГЭУ. – 2017. - Вып. 5 - С.59-68.
2. Гончар О. В. Методологічні питання оцінювання якості показників енергобалансу України// Економіка та держава. – 2012 - № 7 – С. 27-30.
3. Energy balance guide [Електронний ресурс] // Eurostat. – 2019. – Режим доступу: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/38154/4956218/ENERGY-BALANCE-GUIDE-DRAFT-31JANUARY2019.pdf/cf121393-919f-4b84-9059-cdf0f69ec045>.
4. Ратманова И.Д., Гурфова О.М. Подход к организации технического контроллинга в сфере коммунального теплоснабжения // Вестник ИГЭУ. - 2012. - Вып. 4. - С. 71-75.
5. Рашид, Т. Создаем Нейронную сеть./ Т.Рашид — М.: Вильямс, 2017. — 272с. — ISBN 978-5-9909445-7-2.
6. Хайкин, С. Нейронные сети. Полный курс./С.Хайкин — М.: Вильямс, 2016. — 1104с. — ISBN 978-5-8459-2069-0.
7. Положення про управління паливно-енергетичного комплексу Харківської обласної державної адміністрації [Електронний ресурс] // Харківська обласна державна адміністрація. – 2016. – Режим доступу: <http://kharkivoda.gov.ua/content/documents/836/83531/files/161117-01-11-zagal-526-rozp.pdf>.
8. Make Your Vision a Reality [Електронний ресурс] // Enterprise Architect. – 2019. – Режим доступу: <https://sparxsystems.com/>.
9. Денісова О.О. Автоматизоване проектування інформаційних систем: навч. посіб. – К.: КНЕУ, 2011. – 412 с.
10. Рассел, С. Искусственный интеллект. Современный подход. /С. Рассел, П. Норвиг; пер. с англ. К. Птицын; ред. К.Птицын. — М.: Вильямс, 2018. — 1408с. — ISBN 978-5-8459-1968-7

11. Рашид, Т. Создаем Нейронную сеть./ Т.Рашид — М.: Вильямс, 2017. — 272с. — ISBN 978-5-9909445-7-2
12. Флах, П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. Учебник. / П. Флах; пер. с англ. А.Слинкин. — М.:ДМК-Пресс, 2015. — 400с. — ISBN 978-5-97060-273-7
13. Хайкин, С. Нейронные сети. Полный курс./С.Хайкин — М.: Вильямс, 2016. — 1104с. — ISBN 978-5-8459-2069-0
14. Бэнкс Алекс и Порселло Ива. React и Redux: функциональная веб-разработка. – СПб.: Питер, 2018. – 336 с.: ил. – (Серия «Бестселлеры O`Reilly»).
15. Стефанов Стоян. React.js. Быстрый старт. – СПб.: Питер, 2017. – 304 с.: ил. – (Серия «Бестселлеры O`Reilly»).
16. Хэррон Д. Node.js. Разработка серверных веб-приложений в JavaScript: Пер. с англ. Слинкина А.А. – М.: ДМК Пресс, 2012 – 144 с.: ил.
17. Янг А., Мек Б., Кантелон М. Node.js в действии. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2018 – 432 с.: ил. – (Серия «Для профессионалов»).
18. Paul Clements; Felix Bachmann; Len Bass; David Garlan; James Ivers; Reed Little; Paulo Merson; Robert Nord; Judith Stafford. Documenting Software Architectures: Views and Beyond. – Second Edition. – Addison-Wesley Professional, 2010. – ISBN 978-0-13-248861-7.
19. So, you say your data's clean? [Электронный ресурс] // Dulcia. – 1999. – Режим доступа: <http://www.dulcian.com/papers/IOUG/SoYouSayDatasClean.htm>.
20. Raul R. Neural Networks: A Systematic Introduction / Rojas Raul. – New York: Springer, 1996. – 232 с. – (Springer).
21. Петрик М. Р. Моделювання програмного забезпечення: наук.-метод. посібник / М. Р. Петрик, О. Ю. Петрик. – Тернопіль: ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2015. – 200 с.
22. Мартин Р. The Clean Coder: A Code of Conduct for Professional Programmers. /Р. Мартин: пер. с англ. СПб.: ООО «И.Д. Питер», 2012. 211 с.

23. Bunke H. Graph matching: theoretical foundations, algorithms and applications // Proceedings of Vision Interface. Montreal, Quebec, Canada, May 14–17, 2000. – 2000. – P. 82–88.

24. Грешилов А. А., Стакун В. А., Стакун А. А. Математические методы построения прогнозов. — М.: Радио и связь, 1997.- 112 с.