

Хмельницький національний університет
Факультет програмування та
комп'ютерних і телекомунікаційних систем
Кафедра комп'ютерної інженерії та системного програмування

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРА

Галузь знань _____ 12 – Інформаційні технології _____

Спеціальність _____ 123 – Комп'ютерна інженерія _____

на тему «Аналітична комп'ютерна система оцінки ефективності математичних
моделей» _____

ДРКІСПр. 015046.04.01.03 ПЗ

Виконав: студент 6 курсу, група КІ2м-19-1


Підпис

Годованець С.М.
Ініціали, прізвище

Керівник _____ докт. техн. наук, проф. _____
Науковий ступінь, вчене звання


Підпис

Боровик О.В.
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри КІСП, д.т.н., с.н.с., проф.

Г.О. Говорущенко

_____ 2021_р.



Хмельницький, 2021

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ПРОГРАМУВАННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ І ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА СИСТЕМНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Освітній рівень МАГІСТР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма ОСВІТНЬО-НАУКОВА ПРОГРАМА «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О. Говорущенко

07-09 2021 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ)**

Головинець Станіслав Михайлович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Аналітична комп'ютерна система оцінки ефективності математичних моделей

Керівник проекту (роботи) Боровик О.В., докт. техн. наук, проф.,

Прізвище, ім'я, по батькові, звання, ступінь, місце роботи

Затверджена наказом ректора університету від 15.01.2021 р. № 7

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 26.05.2020 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналіз існуючих методів та засобів оцінки ефективності математичних моделей





Удосконалений метод оцінки ефективності математичних моделей

Алгоритми та технологія реалізації удосконаленого методу оцінки ефективності математичних моделей

Реалізація аналітичної комп'ютерної системи для оцінки ефективності математичних моделей

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання пр
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КІСП		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КІСП		


7. Дата видачі завдання « 01 » 09 2020р.

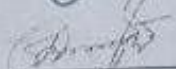
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Пр
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики ДРМ з керівником	01.09.2020	вик
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	05.10.2020	ви
3	Робота над розділом 1 – огляд концепції Інтернету речей в середовищі розумного будинку. Аналіз відомих рішень та засобів	05.11.2020	ви
4	Робота над розділом 2 – розробка моделі споживання енергії пристроями розумного будинку	07.12.2020	ви
5	Робота над науковою статтею	15.01.2021	в
6	Робота над розділом 3 – розробка методу колективної комунікації в кластерній структурі для ефективного споживання енергії в мережах IOT	24.02.2021	в
7	Робота над розділом 4 – розробка кіберфізичної система для колективної комунікації пристроїв розумних будинків	26.03.2021	т
8	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	19.04.2021	
9	Попередній захист ДРМ	21.04.2021	
10	Захист ДРМ на засіданні ЕК	24.05.2021	

Студент

Керівник проекту (роботи)


Підпис



Голованець С.М.
Ініціали, прізвище

Боровик

РЕФЕРАТ

Тема дипломної роботи: Аналітична комп'ютерна система оцінки ефективності математичних моделей.

Автор роботи: Годованець С.М., студент групи КІ2м-19-1.

Керівник роботи: Боровик О.В., докт. техн. наук, проф..

Пояснювальна записка: 117с., 26 рис., 11 табл., 2 дод., 66 джерел.

ПЕРЕЛІК КЛЮЧОВИХ СЛІВ (6-8) ЧЕРЕЗ КОМУ.

Математична модель, ефективність, оцінка, класифікація, аналітична комп'ютерна система, методика, оцінювання, фактори, залежності. Об'єктом дослідження є оцінка ефективності математичних моделей.

Метою дипломної роботи є створення архітектури системи для оцінки ефективності довільних математичних моделей, з реалізованим вдосконаленим методом.

Об'єктом дослідження є процес оцінки ефективності математичних моделей.

Предметом дослідження є системи оцінки ефективності математичних моделей.

Для розв'язання поставлених задач використовувалися існуючі методи оцінки ефективності математичних моделей, здійснювався їх аналіз, знайдено переваги та недоліки цих методів.

Наукова новизна отриманих результатів:

Вдосконалено метод оцінки ефективності математичних моделей, який базується на комплексуванні існуючих методів та архітектурі системи, один з яких стосується кількісної оцінки значущих вимог до математичних моделей, інший же стосується реалізації етапів оцінки доцільності застосування методу моделювання, оцінки ефективності моделювання та порівняльної оцінки моделей.

На основі проведених досліджень розроблена архітектура і компоненти програмного забезпечення комп'ютерної системи оцінки ефективності математичних моделей.

Практична значимість отриманих результатів полягає у тому, що створена система з ознаками універсальності, в основі якої лежить вдосконалений метод оцінки ефективності, може використовуватись для оцінки ефективності довільної математичної моделі.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
СКРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	12
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ.....	13
1.1 Класифікація математичних моделей.....	14
1.2 Аналіз існуючих методів оцінки ефективності математичних моделей. 17	
1.2.1. Перший підхід.....	17
1.2.2. Другий підхід.....	27
1.3 Аналіз існуючих засобів оцінки ефективності математичних моделей. 34	
1.4 Висновки.....	39
2 УДОСКОНАЛЕНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ.....	40
2.1 Особливості оцінки ефективності математичних моделей в залежності від їх типу.....	41
2.2 Удосконалений підхід щодо визначення оцінки ефективності математичних моделей	43
2.3 Висновки.....	48
3 АЛГОРИТМИ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РЕАЛІЗАЦІЇ УДОСКОНАЛЕНОГО МЕТОДУ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ.....	49
3.1 Алгоритми реалізації удосконаленого методу оцінки ефективності математичних моделей.	49
3.2 Проектування програмного забезпечення реалізації удосконаленого методу оцінки ефективності математичних моделей.....	60

3.3	Висновки.....	65
4	РЕАЛІЗАЦІЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ.....	67
4.1	Опис середовища розробки комп'ютерної системи.....	67
4.2	Програмна реалізація удосконаленого методу оцінки ефективності математичних моделей	68
4.3	Висновки.....	82
	ВИСНОВКИ.....	83
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	85
	Додаток А.....	92
	Додаток Б.....	108

ВСТУП

На даний час побудова і дослідження математичних моделей є важливим завданням для багатьох спеціальних дисциплін. При дослідженні та вивченні складних явищ, над якими проведення експериментів неможливе, виникає необхідність побудови математичної моделі. В таких випадках найбільш широко використовуються математичні моделі, завдяки яким дослідник може встановити зв'язок характеристик об'єктів моделювання з безліччю параметрів об'єктів, які пов'язані між собою функціональними або стохастичними залежностями. Один і той же об'єкт в залежності від цілі дослідження може мати різні моделі, тому що реальний об'єкт моделювання має нескінченну кількість взаємозв'язків та особливостей.

Математичне моделювання передбачає створення концептуальної моделі об'єкта дослідження та перетворення її у математичну або комп'ютерну модель, перевірку адекватності, а також подальше дослідження отриманої моделі за допомогою аналітичних методів і сучасних технологій. Застосування методів моделювання дозволяє отримати більш точні відомості про досліджувану систему або процеси, ніж при їх безпосередньому вивченні, і при цьому витрати часу і коштів будуть менші.

Якщо для дослідження використовувати вже відомі моделі або створювати нові, то це може обернутись великими затратами часу й коштів. Тому актуальним є завдання оцінки доцільності розробки моделі, можливості вибору моделі з числа альтернативних, а також оцінки ефективності проведеного дослідження та оцінки ефективності саме моделі.

Модель виконує функцію проміжної ланки між дослідником та об'єктом пізнання. Моделювання передбачає, що об'єкт вивчається не безпосередньо, а шляхом дослідження іншого об'єкта, який в свою чергу, в деякому відношенні, є аналогом оригіналу. Модель – це умовний образ досліджуваного об'єкта.

Завдяки їй можна отримати нові знання. Зазвичай модель будують для того, щоб відобразити або встановити характеристики об'єкта.

Застосування методів моделювання дозволяє отримати більш точні відомості про досліджувану систему або процеси, ніж при їх безпосередньому вивченні, і при цьому витрати часу і коштів будуть менші.

Якщо узагальнити, то моделювання – це метод пізнання за допомогою штучних систем, які зберігають особливості об'єкта та надають можливість отримати нові знання про оригінал.

Модель є цільовим відображенням об'єкта оригінала, що виявляється у множинності моделей для одного і того ж об'єкта. Це означає, що для різних цілей дослідження будуються різні моделі.

Проблема оцінки ефективності математичних моделей є однією з найбільш актуальних як для конкретних галузей знань, зокрема, так і в методологічному аспекті, загалом. Аналіз значної кількості наукових джерел і математичних моделей, що сформовані стосовно задач різних галузей людської діяльності, свідчить про відсутність єдиних підходів щодо оцінки ефективності математичних моделей. Складність зазначеної проблеми полягає у тому, що визначення більшості показників, які враховуються при визначенні рівня ефективності, вимагає знання не тільки загальних методик аналізу, але й глибокого розуміння суті явища, яке вивчається. Це обумовлює необхідність поєднання різних груп знань.

Тому актуальним є завдання оцінки доцільності розробки моделі, можливості вибору моделі з числа альтернативних, а також оцінки ефективності проведеного дослідження та оцінки ефективності саме моделі.

Метою роботи є створення архітектури системи для оцінки ефективності довільних математичних моделей, з реалізованим вдосконаленим методом.

Об'єктом дослідження є процес оцінки ефективності математичних моделей.

Предметом дослідження є системи оцінки ефективності математичних моделей.

Наукова новизна:

Вдосконалено метод оцінки ефективності математичних моделей, який базується на комплексуванні існуючих методів та архітектурі системи, один з яких стосується кількісної оцінки значущих вимог до математичних моделей, інший же стосується реалізації етапів оцінки доцільності застосування методу моделювання, оцінки ефективності моделювання та порівняльної оцінки моделей.

Практична цінність роботи:

Практична цінність роботи полягає в тому, що створена комп'ютерна система з ознаками універсальності, в основі якої лежить вдосконалений метод оцінки ефективності, може використовуватись для оцінки ефективності довільної математичної моделі

Важливість роботи і висновки. Робота має важливе значення для розвитку та оцінювання довільних математичних моделей.

За результатами роботи зроблені наступні висновки:

1. Проведено аналіз існуючих методів та засобів оцінки ефективності математичних моделей.
2. Виявлено переваги та недоліки існуючих методів.
3. Розроблено вдосконалений метод оцінки ефективності математичних моделей.
4. Розроблено комп'ютерну систему, в якій було реалізовано вдосконалений метод, а також проаналізовані методи.

Публікації. За темою роботи опубліковано одну статтю в журналі «Computer systems and information technologies».

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, представлені у кваліфікаційній роботі, проводились в рамках держбюджетної НДР Хмельницького національного університету № 1Б-2019 «Агентно-

орієнтована система підвищення безпеки та якості програмного забезпечення комп'ютерних систем» (номер державної реєстрації 0119U100662).

Структура та об'єм дипломної роботи: Дипломна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновку та додатків, її повний зміст 117 сторінок, основний зміст викладено на 87 сторінках, 2-х додатків на 30 сторінках, містить 26 рисунків, 11 таблиць, включає 66 найменувань вітчизняної та зарубіжної літератури.

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

DB	–	Database
CSS	–	Cascading Style Sheets
UML	–	Unified Modeling Language
PHP	–	Personal Home Page
JS	–	Javascript

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

Математична модель являється сукупністю математичних об'єктів, які описують на мові математичних символів об'єкт, що досліджується.

У науковій літературі представлений ряд праць, присвячених дослідженню проблем оцінки ефективності як на загальнометодологічному рівні [2], так і в конкретних сферах людської діяльності [3-15].

Аналіз робіт [3-15], як і інших проаналізованих, але не відображених у списку літератури, авторами праць, підтверджує, що оцінка ефективності математичної моделі в кожному окремому випадку є складним творчим завданням, яке передбачає урахування специфічних особливостей, але при цьому і таким, що підпорядковане єдиному підходу.

Різні елементи математичного моделювання застосувались одночасно з появою точних наук. Технічні, екологічні та інші системи, які вивчаються сучасною наукою, більше не піддаються для дослідження звичайними теоретичними методами. А прямий експеримент над даними системами занадто затратний, небезпечний або неможливий. Ціна помилок та похибок занадто велика, тому математичне моделювання є невід'ємною частиною науково-технічного прогресу.

Отже, завдання щодо створення єдиного підходу для визначення оцінки ефективності довільних математичних моделей є достатньо актуальним. Для досягнення мети дослідження вбачається за доцільне здійснити аналіз базових положень про математичні моделі з позиції виокремлення тих з них, що необхідні для врахування при оцінюванні ефективності математичних моделей, а також провести аналіз існуючих підходів і засобів щодо оцінки ефективності математичних моделей.

1.1 Класифікація математичних моделей

Під математичною моделлю розуміється система математичних залежностей і логічних правил, що дозволяють з достатньою повнотою і точністю: описувати найістотніші процеси, що властиві операції; за певними початковими даними прогнозувати можливий хід і результат операції; оцінювати ефективність варіантів рішень і планів; отримувати дані щодо оптимізації певних елементів, які відповідають меті операції.

Під моделлю розуміють такий створений специфічний об'єкт матеріального або абстрактного характеру, що знаходиться у певній подібності до об'єкта-оригінала і відображає частину властивостей, характеристик, зв'язків об'єкта-оригінала, які є істотними для поставленої задачі. Модель створюється з метою одержання або збереження інформації про об'єкт-оригінал.

Сукупність загальних вимог до математичних моделей (таблиця 1.1)

Таблиця 1.1 - Загальні вимоги до математичних моделей

№з/п	Вимоги	Зміст вимог
1.	Достовірність результатів моделювання	Достатньо точне відображення найбільш суттєвих сторін процесів і притаманних їм закономірностей
2.	Оперативність	Можливість отримання та використання результатів моделювання в задані терміни
3.	Контрольованість результатів	Можливість контролю результатів логікою здорового глузду, що є необхідним у зв'язку з можливістю допущення помилок вхідних даних, розробки, програмування, виходу за рамки прийнятих припущень і в зв'язку зі збоями в роботі ЕОМ

Кінець таблиці 1.1 – Загальні вимоги до математичних моделей

№з/п	Вимоги	Зміст вимог
4.	Відповідність рівню керівництва	Відповідність рівню керівництва за наявністю вихідної інформації, за ступенем її деталізації і результатів моделювання, за точністю моделювання та формою представлення даних
5.	Системність	Узгодженість з іншими моделями за метою, призначенням, показниками і критеріями ефективності, переліком факторів, які враховуються тощо
6.	Модульність	Організація виконання окремих функцій або груп функцій окремими модулями (блоками алгоритмів) з метою підвищення ефективності розробки та супроводження моделей
7.	Безпечність опрацювання інформації	Захист від несанкційованого доступу

Методи за якими можна досліджувати математичні моделі:

- 1) аналітичні;
- 2) чисельні;
- 3) якісні;
- 4) аналогові.

Аналітичні методи дають змогу отримати у загальному вигляді залежності характеристик, що досліджуються. Чисельні дозволяють отримати числові значення шуканих параметрів при конкретних початкових і межових умовах. За допомогою якісних методів можна визначити певні властивості розв'язку без отримання його в явному вигляді. Ну і аналогові методи, за їх допомогою можна вивчати властивості досліджуваної системи за допомогою певного реального об'єкта.

Існує велика кількість різноманітних класифікацій математичних моделей. Наприклад, за способом їх реалізації вони поділяються на абстрактні, матеріальні та змішані (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Класифікація моделей за способом реалізації

1. Абстрактні	2. Матеріальні	3. Змішані
1.1. Математичні	2.1. Фізичні	3.1. Напівнатурні
1.1.1. Аналітичні	2.1.1.Просторово подібні	
1.1.2. Статистичні	2.1.2. Фізично подібні	
1.1.3. Алгоритмічні		
1.2. Словесні	2.2. Аналогові	
1.3. Образні	2.3. Натурні	
1.3.1. Гіпотетичні		
1.3.2. Макетні		
1.4. Графічні		
1.4.1. Монограми		
1.4.2. Креслення		
1.4.3. Схеми		
1.4.4. Графіки		
1.4.5. Діаграми		

Також є класифікація за характером процесів та явищ в об'єкті моделювання (таблиця 1.3).

За характером сторони об'єкту, яка моделюється:

- 1) моделі структури об'єкту;
- 2) моделі поведінки об'єкту.

Таблиця 1.3 – Класифікація моделей за характером процесів та явищ в об'єкті моделювання

1. За наявністю випадкових впливів на об'єкт	2. В залежності від поведінки об'єкту протягом певного проміжку часу	3. В залежності від процесів, що протікають в об'єкті
1.1. Детерміновані	2.1. Статичні	3.1. Дискретні
1.2. Стохастичні	2.2. Динамічні	3.2. Неперервні
		3.3. Дискретно-неперервні

1.2 Аналіз існуючих методів оцінки ефективності математичних моделей.

Із наведеного вище випливає, що багатоваріантність класів математичних моделей обумовлює існування значної кількості методів і засобів для оцінки ефективності їх окремих складових, а також підходів, які можуть бути використані для цього. Аналіз навчальної літератури та ряду наукових статей, у яких розглядалися питання оцінки ефективності математичних моделей, дозволяють виділити два основних підходи для оцінки ефективності математичних моделей. Їх можна розглянути в матеріалах робіт [2, 14-15].

1.2.1. Перший підхід

Зміст методики першого підходу оцінки ефективності може бути розкритий в таких етапах.

Етап 1. Оцінка доцільності застосування методу моделювання.

Визначення доцільності моделювання може обумовлюватись наступними факторами: ціль дослідження; обсяг коштів, які були виділені на дослідження;

резерв часу на вивчення проблеми і прийняття рішення тощо. Саме ціль дослідження є визначальним фактором для оцінки доцільності моделювання. Але не потрібно забувати і про інші фактори, вони теж потребують ретельного аналізу та врахування. На рисунку 1.1 наведено алгоритм розробки довільної математичної моделі. З аналізу рисунку 1.1 випливає справедливність висновків, що наведені вище.

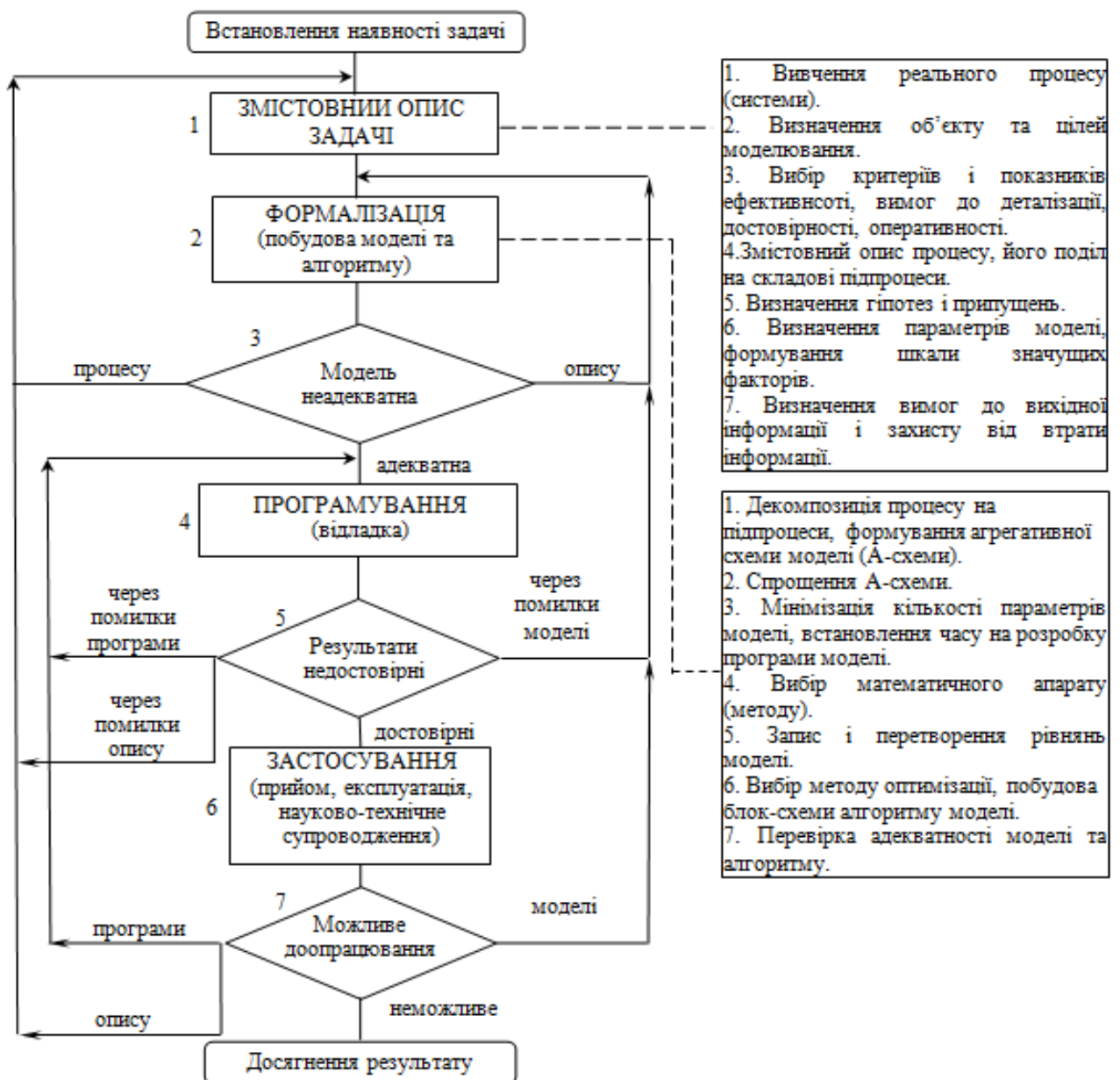


Рисунок 1.1 – Процедура розробки математичної моделі

Етап 2. Оцінка швидкості створення моделі.

Потрібно оцінити затрати часу на створення моделі і порівняти з резервом часу для прийняття рішень щодо вирішення проблем. Тобто оцінюється виконання умови

$$t_p < t_{рез}, \quad (1.1)$$

t_p - час на розробку моделі;

$t_{рез}$ - резерв часу для прийняття рішення.

За допомогою такої оцінки можна встановити оперативність розробки моделі. Якщо умова не виконується, тобто, витрати часу на створення перевищують наявний час для прийняття рішення, можна зробити висновок, що моделювання є недоцільним.

Етап 3. Оцінка матеріальних затрат на створення моделі.

Вона передбачає оцінку затрат коштів на створення моделі і порівняння цих витрат з резервом коштів, які є наявні для розробки. Оцінюється виконання умови

$$C_p < C_{рез}, \quad (1.2)$$

де C_p - сума коштів на розробку моделі;

$C_{рез}$ - резерв коштів вирішення проблеми.

Якщо ж умова не виконується, то розробка моделі вважається неможливою у зв'язку з відсутністю фінансового забезпечення.

Етап 4 Оцінка чутливості проблеми до точності її математичного рішення.

Приймається необхідна глибина моделювання існуючої проблеми і вибір математичних методів оцінки явищ. глибина моделювання існуючої проблеми і вибір математичних методів оцінки явищ.

Етап 5. Оцінка ступеня точності може визначати кількісне вираження розміру явища або характеристик процесу за різних умов їх прояву.

Необхідний рівень точності визначає суб'єкт прийняття рішень, враховуючи те, що підвищення рівня точності збільшує кількість розрахунків і вимагає більших затрат часу на розробку і випробовування моделі.

На наступному етапі здійснюється порівняльна оцінка моделей. Здійснюється вона в випадку наявності двох або більшої кількості альтернативних моделей і забезпечує вибір більш ефективної моделі серед можливих для застосування. Таку оцінку проводять експертним способом за переліком вимог, що висуваються до моделей та забезпечують ефективність процесу моделювання.

Перелік вимог, щоб оцінити модель, може мати вигляд (таблиця 1.4). Даний перелік запропонований автором праці [14].

Таблиця 1.4 - Перелік рекомендованих вимог для оцінки моделей

№з/п	Вимоги (критерії)	Ваговий коефіцієнт значущості критерію ($k_{\max} = 1$)	Рекомендована експертна оцінка критеріїв моделей ($E_{\max}^p = 5$)	Фактична експертна оцінка критеріїв моделі ($E_{\max}^{\phi} = 5$)		
				Модель 1	Модель 2	...
1	Швидкість створення	0,95	5			
2	Подібність	0,85	4			
3	Об'єктивність	1	5			

Кінець таблиці 1.4 - Перелік рекомендованих вимог для оцінки моделей

№з/п	Вимоги (критерії)	Ваговий коефіцієнт значущості критерію ($k_{\max} = 1$)	Рекомендована експертна оцінка критеріїв моделей ($E_{\max}^p = 5$)	Фактична експертна оцінка критеріїв моделі ($E_{\max}^{\phi} = 5$)		
				Модель 1	Модель 2	...
4	Повнота	0,9	3			
5	Простота	0,75	2			
6	Доступність	0,8	4			
7	Точність	0,95	4			
8	Адекватність	1	5			
9	Достовірність	0,95	4			
10	Швидкодія	0,95	5			

Застосувавши далі дані таблиці 2.2, подальшу оцінку моделі можна проводити так.

Визначення стандартизованого показника експертної оцінки за кожним критерієм:

$$E_{cm}^1 = \frac{E_{\max}^{\phi}}{E_{\max}^p}, \quad (1.3)$$

де E_{cm}^1 - перша стандартизована експертна оцінка критеріїв моделі;

E_{\max}^p - рекомендована (нормативна) експертна оцінка критеріїв моделі;

E_{\max}^{ϕ} - фактична експертна оцінка критеріїв моделі.

Врахування значущості критеріїв моделі через вагові коефіцієнти (визначаються експертами):

$$E_{cm}^2 = \sum_{i=1}^n E_{cm}^1 k_i , \quad (1.4)$$

де E_{cm}^2 - друга стандартизована експертна оцінка критеріїв моделі;

k_i - вагові коефіцієнти значущості критеріїв моделі.

Розрахунок середньої критеріальної оцінки моделі (здійснюється для кожної альтернативної моделі):

$$\bar{E}_{cm} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n E_{cm}^2} . \quad (1.5)$$

На основі розрахунку середньої критеріальної оцінки для кожної моделі здійснюється порівняння моделей, а саме порівняння середніх значень їх критеріальних оцінок. А перевага надається моделі з більшим середнім значенням оцінки.

Далі відбувається оцінка ефективності моделювання за наслідками застосування моделей.

Оцінка прирістних ефектів – дає можливість оцінити приріст нових знань про досліджуване явище, які можна оцінити як обсяг інформації про нове явище чи досі відсутні дані про вже відоме явище, або економію ресурсів у грошовому вираженні.

Оцінка ефекту від інвестування у новий напрям наукових досліджень передбачає визначення обсягу отриманої нової інформації про явища і процеси, які ще не вивчалися. Оцінка цих знань про об'єкт внаслідок застосування методу моделювання може проводитись експертним способом

на основі визначення властивостей об'єкта та проставлення оцінок з подальшим розрахунком середнього балу:

- 1) визначення переліку всіх характеристик досліджуваного явища, які представляють інтерес для дослідження;
- 2) визначення переліку характеристик, які були вивчені в ході дослідження;
- 3) розподілення характеристик об'єкта за їх важливістю для користувачів, а також проставлення експертом балів для кожної отриманої в ході моделювання характеристики;
- 4) розрахунок середньої бальної оцінки.

Отриманий коефіцієнт може враховуватись в інтегральному показнику приростних ефектів наступним чином

$$O_{zn} = \frac{\bar{O}_m}{O_o} \cdot 100\% \quad (1.6)$$

де O_{zn} - питома вага отриманих знань у загальній сукупності можливих знань про об'єкт дослідження; \bar{O}_m - середня бальна оцінка отриманих знань; O_o - бальна оцінка всіх можливих характеристик об'єкта оригінала.

На даному етапі визначається очікуваний ефект від застосування моделі.

Оцінка власне моделі передбачає оцінку ефективності застосування методу моделювання у порівнянні з дослідженням, яке проводиться без застосування моделей.

Оцінка приросту (економії) витрат внаслідок застосування методу моделювання:

$$\Delta_{\epsilon} = B_m - B_o, \quad (1.7)$$

де Δ_{ϵ} - прирістний ефект від застосування методу моделювання в сумі економії використаних ресурсів;

B_m - сума витрат на дослідження що проводиться з моделюванням; а B_o , навпаки, сума витрат на дослідження, що проводиться без моделювання.

Відносний приріст ефекту від економії витрат внаслідок застосування методу моделювання:

$$t_{\epsilon} = \frac{B_m}{B_o} \cdot 100\% \quad (1.8)$$

Оцінка приросту (економії) часу дослідження внаслідок застосування методу моделювання:

$$\Delta_{\eta} = \eta_m - \eta_o, \quad (1.9)$$

є η_m - витрати часу для дослідження з використанням моделювання, а η_o - без використання моделювання.

Відносний приріст ефекту від економії часу дослідження внаслідок застосування методу моделювання:

$$t_{\eta} = \frac{\eta_m}{\eta_o} \cdot 100\% \quad (1.10)$$

Непараметрична оцінка приросту знань, які були отримані внаслідок застосування методу моделювання:

$$\Delta_z = Z_m - Z_o, \quad (1.11)$$

де Z_m обсяг інформації, який був отриманий при застосуванні методу моделювання, а Z_o - без моделювання.

Відносний приріст ефекту від отримання знань про об'єкт внаслідок застосування методу моделювання:

$$t_z = \frac{Z_m}{Z_o} \cdot 100\% \quad (1.12)$$

Інтегральна оцінка ефектів приросту здійснюється через переведення отриманих показників приросту у коефіцієнтні значення:

$$t_{zag} = t_g t_u t_z, \quad (1.13)$$

де t_{zag} - інтегральний показник прирістного ефекту від застосування методу моделювання, – відносні прирістні ефекти, що отримуються за допомогою формул (1.8), (1.10), (1.12).

Оцінка ефективності моделювання дозволяє встановити порівняльні ефекти між отриманими результатами діяльності та затратами на її проведення, а також ступінь повноти отриманих результатів у порівнянні з очікуваними.

Співвідношення результату моделювання із затратами на його проведення називають ефективністю процесу моделювання.

$$E_{мз}^1 = \frac{P_m}{B_m} \cdot 100\% \quad (1.14)$$

$E_{мз}^1$ - ефективність результату моделювання;

P_m - результат дослідження, який був отриманий в результаті застосування моделювання;

B_m - сума витрат на дослідження, при застосуванні моделювання.

Ступінь повноти досягнення результату при застосуванні методу моделювання обчислюють співвідношенням отриманого результату із запланованим, а саме, відбувається порівняння результату з метою дослідження:

$$E_m^2 = \frac{P_m^\phi}{P_m^{пл}} \cdot 100\% \quad (1.15)$$

E_m^2 - ефективність результатів моделювання;

P_m^ϕ - результат діяльності, який був отриманий із застосуванням нових моделей;

$P_m^{пл}$ - запланований результат діяльності із застосуванням нових моделей.

Представлена методика оцінки ефективності застосування методу моделювання в економічних дослідженнях забезпечує виконання трьох різних завдань, а саме:

- 1) оцінка доцільності застосування методу моделювання;
- 2) вибір ефективної моделі серед альтернативних;
- 3) оцінка ефективності господарської діяльності із застосуванням методу моделювання.

1.2.2. Другий підхід

Другий метод для оцінки ефективності математичних моделей базується на застосуванні кількісних оцінок визначальних вимог із числа загальних вимог до математичних моделей. Метод детально проаналізований у роботі [15].

Для оцінки достовірності результатів, що були отримані з використанням різних моделей, оцінюється повнота і точність відображення у цих моделях основних особливостей і закономірностей їх роботи з урахуванням їх важливості.

За наявності готової детальної моделі системи важливість конкретного і-го фактора визначається частковою похідною шуканого показника ефективності системи по і-му фактору в околі очікуваного значення показника. У випадку, коли відсутня детальна модель значення важливості факторів оцінюються експертно. Варіант результатів такої оцінки, що був виконаний експертами з використанням 100-бальної шкали оцінювання при вирішенні однієї прикладної задачі, представлено в таблиця 1.5.

Таблиця 1.5 - Шкала факторів, значущих при моделюванні системи

№ з/п фактора, значущого для моделювання	Вага фактора у відносних одиницях	Номер моделі				
		1	2	3	4	5
1	0,0697	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф
2	0,0679	К	Н	Ф	К	П
3	0,0662	Ф	Н	Ф	К	Ф
4	0,061	Ф	Н	Н	Ф	Ф
5	0,061	П	Н	Н	Н	П
6	0,059	Ф	Н	П	К	Ф

Кінець таблиці 1.5 – Шкала факторів, значущих при моделюванні системи

№ з/п фактора, значущого для моделювання	Вага фактора у відносних одиницях	Номер моделі				
		1	2	3	4	5
7	0,0575	Ф	Н	П	Ф	П
8	0,054	Ф	Н	Н	Ф	П
9	0,054	Ф	Н	К	К	К
10	0,054	Ф	Н	Ф	Ф	К
11	0,054	К	Н	К	К	Н
12	0,0505	К	Н	Н	Н	П
13	0,04	Ф	Н	Ф	Ф	Ф
14	0,0287	К	Н	К	К	Ф
15	0,0279	Ф	Н	Ф	Ф	П
16	0,0244	К	Н	К	Ф	К
17	0,0244	К	К	Ф	К	Ф
18	0,024	Ф	Н	Ф	Ф	К
19	0,0209	К	К	К	К	К
20	0,0209	К	Н	К	К	П
21	0,0174	Ф	Н	Н	Ф	П
22	0,0157	К	К	К	К	К
23	0,0139	К	Ф	Ф	К	Ф
24	0,013	К	П	К	К	П
25	0,0122	К	Н	К	К	Ф

Достовірність відтворення роботи системи залежить від важливості і способу врахування кожного фактора в моделі. Може бути оцінена показником достовірності:

$$R = \begin{cases} 1 - \frac{1}{1 + n_p} - \sum_{j=1}^4 \left(\beta_j \cdot \sum_{i \in g_j} \alpha_i \right) & \text{для статичних моделей} \\ 1 - \sum_{j=1}^4 \left(\beta_j \cdot \sum_{i \in g_j} \alpha_i \right) & \text{для аналітичних моделей} \end{cases} \quad (1.16)$$

де α_i – вага значущості у відносних одиницях i -го параметра;

g_j – множина факторів;

n_p – кількість прогонок моделі для набору статистики;

β_j – відносне середнє значення похибки, яка вноситься в розрахунки внаслідок неточного урахування параметрів і факторів.

Значення коефіцієнта β_j , який характеризує спосіб урахування параметрів, можна оцінити з наступних визначень:

- 1) $\beta_j = 0$, при безпосередньому урахуванні параметра ($j=1$)(Н);
- 2) $\beta_j = 0,445$, при простому узагальненні, який характеризується заміною групи однорідних параметрів одним параметром ($j=2$)(К);
- 3) $\beta_j = 0,6$, при функціональному узагальненні різнорідних параметрів і факторів та урахуванні їх у моделі однією представницькою величиною ($j=3$)(Ф);
- 4) $\beta_j = 1$, при неявному врахуванні параметра або фактора ($j=4$)(П);

Обчислення показника R достовірності моделювання для прикладу, що відповідає даним таблиці 1.5, зображено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 - Значення показника R достовірності моделювання

Номер моделі	Значення показника достовірності
1	0,1395
2	0,863
3	0,39
4	0,16
5	0,33

Часові характеристики застосування декількох умовних моделей показані в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 - Часові затрати на застосування моделей та їх комплексів

Номер моделі	Час циклу моделювання	
	При повному введенні інформації	При корегуванні готових даних
1	60 хв	40 хв
2	60-64 год	0,7-7 год
3	8,5-12 год	35-50 хв
4	26-50 хв	26-50 хв
5	15 хв	3-5 хв

Величини наявного T_p часу і часу T розрахунків на практиці залежать від багатьох непередбачуваних умов і є випадковими, тому показник оперативності кожної моделі оцінюється як ймовірність своєчасного отримання результатів моделювання(1.18).

Таблиця 1.8 – Середнє значення наявного часу для кількісної оцінки одного варіанту дій

Етапи роботи системи		
Безпосередня підготовка		Реалізація рішення
Оцінка обстановки, прийняття рішення	Планування	
40 хв	4 год	10 хв

$$P = 1 - e^{-\frac{T_p}{T}} \quad (1.17)$$

Оцінювані моделі можуть відрізнятись між собою кількістю оцінюваних параметрів, що визначає повноту моделювання.

Повнота моделювання може характеризуватись показником:

$$W = \sum_{k=1}^{\gamma} \xi_k \cdot R_k \cdot P_k \quad (1.18)$$

Показник $R(k)$ при $R(k)=R$, $P(k) = P$, звідки слідує наступне:

$$W = R \cdot P \sum_{k=1}^{\gamma} \xi_k \quad (1.19)$$

Коли відсутні дані про вагу шуканих параметрів значення ξ_k можна оцінити, якщо врахувати припущення, що всі показники, які розраховуються в моделі, мають рівну важливість(1.21).

Таблиця 1.9 - Значення показника оперативності застосування моделей, для даних табл. 1.7-1.8

Номер моделі	Етапи роботи системи					
	Безпосередня підготовка				Реалізація рішення	
	Оцінка обстановки, планування прийняття рішення					
	Підготовка інформації		Підготовка інформації		Підготовка інформації	
	Повна	Корегування	Повна	Корегування	Повна	Корегування
1	0,49	0,632	0,98	0,99	0,15	0,22
2	0,011	0,158	0,064	0,0632	0,0028	0,041
3	0,063	0,61	0,323	0,99	0,016	0,209
4	0,65	0,65	0,99	0,99	0,23	0,23
5	0,93	1,0	1,0	1,0	0,49	0,92

$$\xi_k = \xi = \frac{1}{Q} \quad (1.20)$$

Виходячи з попереднього виразу, маємо

$$W = \frac{\gamma}{Q} R \cdot P \quad (1.21)$$

Застосування цієї формули (1.21) дозволяє для аналізованого прикладу отримати значення показника ступеню повноти моделювання у вигляді, що може бути оцінений з таблиці 1.10.

При розрахунках враховано, що оцінки величини $\frac{\gamma}{Q}$ приймають наступні значення: 0.07; 0.85; 0.8; 0.5; 0.75.

Значення, які наведені в таблиці 1.10, дозволяють перейти до порівняльної оцінки моделей за узагальненим показником ефективності:

$$\bar{W} = \frac{W_o - W_c}{1 - W_c}. \quad (1.22)$$

Таблиця 1.10 – Значення показника W повноти моделювання

Номер моделі	Етапи роботи системи					
	Безпосередня підготовка				Реалізація рішення	
	Оцінка обстановки, планування прийняття рішення					
	Підготовка інформації		Підготовка інформації		Підготовка інформації	
	Повна	Корегування	Повна	Корегування	Повна	Корегування
1	0,0048	0,0062	0,0096	0,0097	0,0015	0,0027
2	0,0081	0,116	0,047	0,4633	0,0020	0,0296
3	0,0192	0,1904	0,1008	0,3088	0,0049	0,0652
4	0,052	0,052	0,079	0,079	0,0184	0,0184
5	0,231	0,247	0,2475	0,2475	0,1213	0,2277

Наведена методика для оцінки ефективності математичних моделей може використовуватись при розробці або при виборі моделі, які задовольняють вимогам, що висуваються до них.

1.3 Аналіз існуючих засобів оцінки ефективності математичних моделей.

В останній період зв'явилося багато бібліотек наукових підпрограм на різних алгоритмічних мовах, які призначені для вирішення задач обчислювальної математики. Також є цілий ряд математичних пакетів, які реалізують числові методи і аналітичні математичні перетворення. До таких програм і математичних бібліотек відносяться MathLab, Maple, Mathematica, MathCAD. Саме ці програми, як правило, використовуються під час оцінки ефективності математичних моделей. Проведемо їх аналіз з позиції функціональних можливостей і адаптивності до вирішення досліджуваної задачі.

Розглянемо систему MATLAB [18-21], вона застосовується в математиці, фінансових розрахунках, імітаційному моделюванні, аналізі даних, дослідженні та візуалізації результатів, розробки програм тощо. А також являється одночасно і операційним середовищем, і мовою програмування. Її використовують для виконання інженерних та наукових розрахунків. Перевагою MATLAB над іншими пакетами є матричне представлення даних і можливості матричних операцій над даними.

Використовуючи дану систему, можна швидко побудувати математичну модель. MATLAB надає можливість легко реалізувати ідеї інженерів завдяки наявності потужних числових методів і графічних можливостей. А наявність вбудованого середовища дозволяє швидко отримати результати.

На сьогоднішній час MATLAB вважається одним із найбільш досконалих, ретельно опрацьованих програмних продуктів автоматизації математичних розрахунків. Важливою задачею системи являється представлення користувачам потужної мови програмування, яка орієнтується на технічні і математичні розрахунки. Особлива увага приділяється підвищенню швидкості обчислення, а також адаптації системи до різноманітних задач користувачів.

У системі MATLAB існують широкі можливості для програмування. Бібліотека C math, що являється компілятором MATLAB, містить понад 300 процедур обробки даних на мові C. Всередині цього пакету можна використовувати процедури мови C і процедури MATLAB. Завдяки бібліотеці C Math, користувач може користуватись такими функціями: порівняння матриць, рішення лінійних рівнянь, інтерполяція, операції з рядками, пошук коренів поліному, основи статистики і аналізу даних, операції з матрицями, фільтрація та операція вводу-виводу файлів.

Наступний математичний пакет MathCad [22-25]. Він також призначений для виконання наукових і інженерних розрахунків. Головною відмінністю від інших пакетів комп'ютерної математики є те, що всі формули і рівняння формуються на звичайній математичній мові в той час, коли в інших пакетах є свій синтаксис.

Об'єднання текстового редактора з можливістю використання загальноприйнятої математичної мови дозволяє користувачеві отримати готовий підсумковий документ.

Пакет, в більшості, призначений для користувачів, які не являються програмістами. Але тим не менш, він використовується у великих проектах. Він має доволі простий інтерфейс, введення формул і даних використовується як і клавіатура, так і панель інструментів. Також вирази і рівняння відображаються графічно.

Робота здійснюється в межах робочого аркуша, де графічно відображаються вирази і рівняння. MathCad доволі зручно використовувати для обчислень і інженерних розрахунків. Відкрита архітектура застосунку у поєднанні з підтримкою технологій .net і xml надає можливість легко інтегрувати mathcad в будь-які ІТ структури і інженерні застосунки.

Пакет MathCad має компоненти:

- 1) редактор формул;
- 2) редактор графіків;

- 3) текстовий редактор, який надає можливість для введення, редагування і форматування тексту та математичних виразів;
- 4) великий набір панелей інструментів;
- 5) обчислювальний процесор, який, використовуючи вбудовані числові методи, виконує розрахунки по введених формулах.

Даний пакет в основному призначений для студентів або інженерів, тобто непрофесійних математиків, яким потрібні швидкі математичні розрахунки. MathCad став найбільш популярною математичною програмою завдяки простоті використання, великій бібліотеці вбудованих функцій і числових методів, можливості символічних обчислень, і найголовніше, зручному апарату виведення розрахунків.

До основних можливостей системи MathCad, які зазвичай використовують при математичному моделюванні, відносять:

- 1) аналітичне і числове рішення квадратного рівняння;
- 2) диференціювання виразів;
- 3) обчислення визначеного і невизначеного інтегралів;
- 4) спрощення математичного виразу, а саме, розклад його на прості множники;
- 5) аналітичне та чисельне рішення системи нелінійних рівнянь.

Також є пакети Maple і Mathematica. Вони, як і MatLab, призначені для професійних наукових цілей.

Maple вважається лідером серед систем комп'ютерної алгебри і забезпечує зручне середовище користувачу для проведення математичних досліджень, а також оформлення результатів.

Система здатна виконувати швидко і ефективно символічні і числові розрахунки, також має засоби графічної візуалізації і підготовки електронних документів.

Вона складається з ядра, що написане на мові C, а також має більше 100 базових функцій і алгоритмів символічних представлень, бібліотеки

оптимізованих процедур, що написані на мові Maple, і інтерфейса. Також, можна розширити можливості Maple, так як бібліотеку можна доповнювати своїми процедурами.

Maple - інтегрована система, що об'єднує в собі:

- 1) потужну мову програмування;
- 2) систему діагностики;
- 3) сучасний багатокористувацький інтерфейс;
- 4) редактор для редагування програм та документів;
- 5) бібліотеки вбудованих та додаткових функцій;
- 6) числові і символні процесори.
- 7) об'ємну довідкову систему, в якій є багато прикладів.

У цій системі можна розв'язувати звичайні диференціальні рівняння, задачі з початковими умовами, і задачі з граничними умовами. Програма має безліч потужних засобів для обчислення виразів з однією або декількома змінними. Також можна використовувати для розв'язування задач диференційного і інтегрального числення, обчислення границь та ін..

Система maple призначена для виконання аналітичних обчислень і має для цього у своєму класі арсенал спеціалізованих процедур і функцій. Орієнтована вона в більшості на професійних математиків, розв'язання задач в середовищі вимагає не тільки навичок оперування функціями, але і знання самих методів розв'язання.

Також система підтримує сотні спеціальних функцій та чисел, що зустрічаються в багатьох областях математики, науки і техніки.

У програмі найбільше використовують пакет лінійної алгебри, який має набір команд, що дозволяють працювати з векторами і матрицями. Maple може розраховувати криволінійні координати, знаходити матричні норми і обчислювати більшість типів розкладу матриць.

Математичний пакет maple має велику точність отримання результатів, тому ядро системи використовується в інших системах комп'ютерної

математики, наприклад системи що були описані вище, а саме Matlab і MathCad.

Пакет Mathematica призначений для символних розрахунків. Має відкрите середовище, що дозволяє доповнювати пакет своїми розширеннями. Також має високу швидкість і високу точність розрахунків. Даний пакет являється популярним і застосовується в сучасних наукових дослідженнях.

Система доволі проста в використанні, тому її можуть використовувати студенти, інженери, аспіранти тощо. Так як ядром пакету являється web-сервер, робити розрахунки в даній системі можна навіть на не самих сильних комп'ютерах. Велика кількість функцій програми не перевантажують інтерфейс, і саме головне, не сповільнюють розрахунки.

Можна вважати що система mathematica є лідером серед комп'ютерних систем символної математики. Вона надає можливість складних розрахунків, а також вивід їх в графічному представленні.

До основних можливостей відносять:

- 1) обчислення систем поліноміальних і тригонометричних рівнянь та нерівностей;
- 2) обчислення диференційних рівнянь;
- 3) спрощення виразів;
- 4) знаходження границь;
- 5) інтегрування та диференціювання функцій;
- 6) знаходження скінченних та нескінченних сум.

1.4 Висновки

У роботі під моделлю розуміється умовний образ об'єкта, що досліджується. Дослідження ефективності математичних моделей є важливою і водночас складною задачею, вирішення якої необхідне для оцінки якості математичної моделі та встановлення можливості щодо її подальшого використання для формування коректних висновків стосовно характеристик досліджуваного об'єкту.

На даний час існує велика кількість не лише математичних моделей у різних галузях людської діяльності, а й і їх класів.

Для оцінки ефективності математичних моделей використовуються різні методи. У роботі проаналізовано два з них, які характеризуються властивостями загальності.

На сьогодні існує цілий ряд математичних пакетів прикладного програмного забезпечення, які реалізують числові методи і аналітичні математичні перетворення, що дозволяють оцінювати ефективність математичних моделей. До таких програм і математичних бібліотек відносяться, зокрема, MathLab, Maple, Mathematica, MathCAD.

На даний час відсутні єдині підходи щодо оцінки ефективності математичних моделей. Складність полягає у тому, що визначення більшості показників, які враховуються при визначенні рівня ефективності, вимагає знання не тільки загальних методик аналізу, але й глибокого розуміння суті явища, яке вивчається. Це обумовлює необхідність поєднання різних груп знань. Тому актуальним є завдання оцінки можливості та визначення підходів щодо створення системи з ознаками універсальності, яка б могла використовуватись для оцінки ефективності довільної математичної моделі.

2 УДОСКОНАЛЕНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

Проблема оцінки ефективності математичних моделей є однією з найбільш актуальних як для конкретних галузей знань, зокрема, так і в методологічному аспекті, загалом. Аналіз значної кількості наукових джерел і математичних моделей, що сформовані стосовно задач різних галузей людської діяльності, свідчить про відсутність єдиних підходів щодо оцінки ефективності математичних моделей. Складність зазначеної проблеми полягає у тому, що визначення більшості показників, які враховуються при визначенні рівня ефективності, вимагає знання не тільки загальних методик аналізу, але й глибокого розуміння суті явища, яке вивчається. Це обумовлює необхідність поєднання різних груп знань.

Оцінка ефективності математичної моделі в кожному окремому випадку є складним творчим завданням, яке передбачає урахування специфічних особливостей, але, при цьому, і таким, що підпорядковане єдиному підходу. Оскільки при дослідженні кожної із згаданих вище задач доводиться аналізувати достатньо велику кількість факторів, параметрів, умов тощо, які визначають або впливають на перебіг досліджуваного процесу чи якості системи, то природним є бажання спростити оцінювання ефективності відповідної математичної моделі.

Отже, актуальним є завдання створення універсального підходу до оцінки ефективності довільних математичних моделей.

2.1 Особливості оцінки ефективності математичних моделей в залежності від їх типу.

У науковій літературі представлений ряд праць, присвячених дослідженню проблем оцінки ефективності як на загальнометодологічному рівні [2], так і в конкретних сферах людської діяльності [3-15].

Зокрема, у роботах [3-4] наведено окремі підходи до оцінки ефективності складних технічних і радіотехнічних систем. Робота [5] присвячена дослідженню підходів із застосуванням математичного моделювання до оцінювання ефективності інтернет-сайтів. У авторських працях [6-8] аналізувалися окремі аспекти застосування математичного моделювання для оцінювання ефективності функціонування складних інформаційно-телекомунікаційних систем і комплексів. Питанням дослідження оцінки ефективності використання технічних, організаційних, управлінських систем, зокрема, присвячені роботи [9-13]. Методика оцінки ефективності економічного моделювання може бути оцінена з роботи [14]. А питанням застосування моделювання у військовій справі присвячено роботу [15].

Аналіз робіт [3-15], як і інших проаналізованих, але не відображених у списку літератури, авторами праць, підтверджує, що оцінка ефективності математичної моделі в кожному окремому випадку є складним творчим завданням, яке передбачає урахування специфічних особливостей, але при цьому і таким, що підпорядковане єдиному підходу. Оскільки при дослідженні кожної із згаданих вище задач доводиться аналізувати достатньо велику кількість факторів, параметрів, умов тощо, які визначають або впливають на перебіг досліджуваного процесу чи якості системи, то природним є бажання спростити оцінювання ефективності відповідної математичної моделі.

Для оцінки ефективності математичних моделей різних класів використовуються різні параметри. Наприклад, в роботі [10] методика оцінки ефективності функціонування системи висвітлення надводної обстановки

полягає в виборі показників та відповідного критерію, за допомогою яких можна визначити ефективність системи. Властивості системи визначаються властивостями складових її елементів та залежать від їх взаємодії.

В роботі [11] запропоновано методику оцінки ефективності перевезень резервів. Після визначення параметрів, які будуть обраховані у методиці оцінки ефективності військових перевезень, визначається показники:

- 1) тактичної ефективності перевезень, що дозволяє оцінити ефективність доставки;
- 2) коефіцієнт технічної ефективності перевезень, що дає оцінку готовності техніки;
- 3) коефіцієнт економічної ефективності перевезень, що оцінює витрати;
- 4) комплексний показник ефективності перевезень охоплює всі показники та завдяки йому проводиться загальна оцінка ефективність перевезень колони техніки.

Для визначення ефективності штабних моделей [15] основними вимогами є достовірність результатів, оперативність та повнота. Достовірність характеризується точним відображенням найбільш важливих сторін процесів що моделюються. Під оперативністю являється ймовірність отримання результатів моделювання.

Аналіз праці [2] дозволяє зробити припущення про доцільність створення системи для оцінки ефективності математичних моделей, в основі якої може лежати деякий узагальнений підхід, що містив би універсальні процедури, які могли б адаптуватися на конкретні задачі, що досліджуються.

А отже, актуальним є завдання оцінки можливості та визначення підходів щодо створення комп'ютерної системи з ознаками універсальності, яка б могла використовуватись для оцінки ефективності довільної математичної моделі.

2.2 Удосконалений підхід щодо визначення оцінки ефективності математичних моделей .

Наведений вище аналіз дозволяє встановити перелік значущих факторів для вирішення задачі оцінки ефективності математичних моделей та оцінити їх урахування в існуючих підходах.

Вказані положення наведені в таблиці 2.1 .

Таблиця 2.1 Перелік значущих факторів для вирішення задачі оцінки ефективності математичних моделей

№з/п	Найменування значущих положень підходу	Підхід	
		перший	другий
1	Можливість кількісної оцінки швидкості створення моделі	+	-
2	Можливість оцінки матеріальних затрат на створення моделі	+	-
3	Можливість оцінки чутливості проблеми до точності її математичного вирішення	-	+
4	Можливість визначення стандартизованого показника експертної оцінки за кожним критерієм	+	+
5	Можливість урахування значущості критеріїв моделі через вагові коефіцієнти	+	+
6	Можливість розрахунку середньої критеріальної оцінки моделі	+	+
7	Можливість оцінки прирістних ефектів	+	+-
8	Можливість оцінки приросту (економії) витрат внаслідок застосування методу моделювання	+	-

Кінець таблиці 2.1 Перелік значущих факторів для вирішення задачі оцінки ефективності математичних моделей

№з/п	Найменування значущих положень підходу	Підхід	
		перший	другий
9	Можливість оцінки приросту (економії) часу дослідження внаслідок застосування методу моделювання	+	+
10	Можливість оцінки приросту знань, отриманих внаслідок застосування методу моделювання	+	+-
11	Можливість інтегральної оцінки прирістних ефектів	+	+-
12	Можливість оцінки ефективності процесу моделювання	+	-
13	Можливість оцінки ступеню повноти досягнення результату	+	+
14	Інструментальні особливості реалізації	+	+

За допомогою таблиці 2.1, можемо зробити висновок, що вони мають переваги один перед одним, але також мають і певні недоліки.

Переваги першого підходу:

- 1) можливість кількісної оцінки швидкості створення моделі;
- 2) можливість оцінки матеріальних затрат, які необхідні для створення моделі;
- 3) можливість оцінки прирістних ефектів;
- 4) можливість оцінки приросту або економії витрат внаслідок застосування методу моделювання
- 5) можливість оцінки приросту знань, отриманих внаслідок застосування методу моделювання;
- 6) можливість інтегральної оцінки прирістних ефектів.

Але при цьому у першому підході відсутні можливості ефективної оцінки чутливості проблеми до точності її математичного рішення, а саме кількісної оцінки врахування таких важливих вимог до математичної моделі як оперативність, достовірність і повнота моделювання. Саме ці аспекти мають якісну і кількісну реалізацію в другому підході, і це є його перевагою.

Недоліки першого підходу:

- 1) відсутність інструментальної методики оцінки швидкості та матеріальних затрат на створення моделі;
- 2) необґрунтованість виду залежностей середньої критеріальної оцінки моделі від стандартизованого показника експертної оцінки за кожним критерієм і значущості критеріїв моделі;
- 3) необґрунтованість виду залежності інтегральної оцінки прирістних ефектів від відносних прирістних ефектів, які отримуються за формулами;
- 4) неможливість застосування формули щодо оцінки ступеня повноти досягнення результату моделювання в разі відсутності можливості впровадження моделі в практичну діяльність;
- 5) відсутність інструментальної методики оцінки результату дослідження, що отриманий із застосуванням моделювання.

Тепер розглянемо недоліки другого підходу:

- 1) необґрунтованість виду залежності для оцінки достовірності моделювання;
- 2) однотипність врахування у моделі параметрів і факторів, що визначають умови впливу на досліджуваний об'єкт;
- 3) неможливість абсолютної оцінки повноти моделювання, а не відносної стосовно довільних двох існуючих моделей;
- 4) припущення про те, що достовірність результатів моделювання пропорційна кількості врахованих у моделі факторів і параметрів реального процесу. В даних параметрах є своя особливість, яка полягає в тому, що їх значення не точні і покращення достовірності результатів моделювання при

збільшенні кількості параметрів реального процесу може відбуватись лише до певної межі.

Отже, після аналізу переваг і недоліків даних підходів, в якості базової методики оцінки ефективності математичних моделей не можна обрати одну із тих, що ми розглянули в якості окремих підходів. В якості базової методики доцільно вбачати інтегральну комбінацію цих підходів, які взаємодоповнюють один інший на макро і мікрорівні. А саме, взаємодоповнення має бути як адитивним, так і суперпозиційним завдяки урахуванню значущих положень підходів.

Після порівняльного аналізу підходів для оцінки ефективності математичних моделей і визначення базової методики, що може бути покладена в основу аналітичної комп'ютерної системи оцінки ефективності математичних моделей, визначається, які саме основні аспекти повинні бути враховані при побудові зазначеної системи. Такими є:

- 1) комплексування існуючих підходів оцінки ефективності, які повинні взаємодоповнювати одна іншу на макро і мікрорівні;
- 2) створення інструментальної методики оцінки швидкості та матеріальних затрат на створення моделі на основі аналізу та врахування положень алгоритму моделювання;
- 3) обґрунтування виду залежності для середньої критеріальної оцінки моделі;
- 4) обґрунтування виду залежності для інтегральної оцінки прирістних ефектів;
- 5) формування інструментальної методики оцінки результату дослідження, що отриманий із застосуванням моделювання;
- 6) обґрунтування виду залежності для оцінки достовірності моделювання;

7) перевірка припущення про те, що достовірність результатів моделювання пропорційна кількості врахованих у моделі факторів і параметрів реального процесу;

8) обґрунтування відносних середніх значень похибки, яка вноситься у модельні розрахунки внаслідок узагальненого врахування параметрів і факторів;

9) обґрунтування залежності для абсолютної оцінки повноти моделювання.

2.3 Висновки

У результаті проведеного дослідження встановлено, що в якості базової методики оцінки ефективності математичних моделей доцільно прийняти методику, яка базується на комплексуванні існуючих підходів оцінки ефективності, перший з яких стосується реалізації етапів оцінки доцільності застосування методу моделювання, порівняльної оцінки моделей, оцінки ефективності моделювання, а другий – кількісної оцінки значущих вимог до математичних моделей. Вказані підходи повинні взаємодоповнювати один інший на макро та мікрорівні за рахунок реалізації властивостей адитивності та суперпозиції значущих положень для моделювання. При цьому основними аспектами, які визначають необхідні напрями удосконалення базової методики, є аспекти, що пов'язані із створенням інструментальних методик оцінки швидкості та матеріальних затрат на створення моделі і оцінки результату дослідження, що отриманий із застосуванням моделювання, а також із обґрунтуванням аналітичних залежностей для визначення середньої критеріальної оцінки моделі, інтегральної оцінки прирістних ефектів, достовірності моделювання, відносних середніх значень похибки, яка вноситься у модельні розрахунки внаслідок узагальненого врахування параметрів і факторів, залежності для абсолютної оцінки повноти моделювання.

3 АЛГОРИТМИ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РЕАЛІЗАЦІЇ УДОСКОНАЛЕНОГО МЕТОДУ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Розробка комп'ютерної системи оцінки ефективності математичної моделі передбачає насамперед алгоритмізацію відповідного авторського удосконаленого методу та розробку технології його реалізації. Перше із зазначеного передбачає формування алгоритмів реалізації методу, а друге – формування відповідних UML-діаграм [41-42].

3.1 Алгоритми реалізації удосконаленого методу оцінки ефективності математичних моделей.

Формування комп'ютерної системи планується у вигляді трьох окремих модулів, кожен із яких реалізує один із методів оцінки ефективності моделей з числа проаналізованих вище. Вибір окремого модуля має здійснюватись користувачем.

Для реалізації удосконаленого авторського методу використовуються наступні алгоритми: перевірки введених даних, запису та видалення даних, редагування збережених записів, а також розрахунку ефективності математичних моделей.

Алгоритм роботи аналітичної комп'ютерної системи зображено на рисунку 3.1.

На рисунку 3.1 зображено загальний алгоритм роботи комп'ютерної системи. Як з нього випливає, при запуску користувач повинен вибрати кількість експертів та метод оцінювання математичних моделей. Далі здійснюється введення даних та їх відправка в базу даних, після чого виконується обчислення та виведення на екран.



Рисунок 3.1- Загальна блок-схема комп'ютерної системи

На рисунку 3.2 наведено алгоритм роботи першого методу, що описаний у пункті 2.2.

Метод може бути використаний для оцінки ефективності моделювання та для оцінки ефективності математичних моделей.

Після вибору даного методу з'являться поля для заповнення значень показників окремих критеріїв. Дані поля перевіряються алгоритмом правильності введення даних, так як є відповідний діапазон для значень оцінок. Також виконується перевірка чи введені всі оцінки і їх назви.

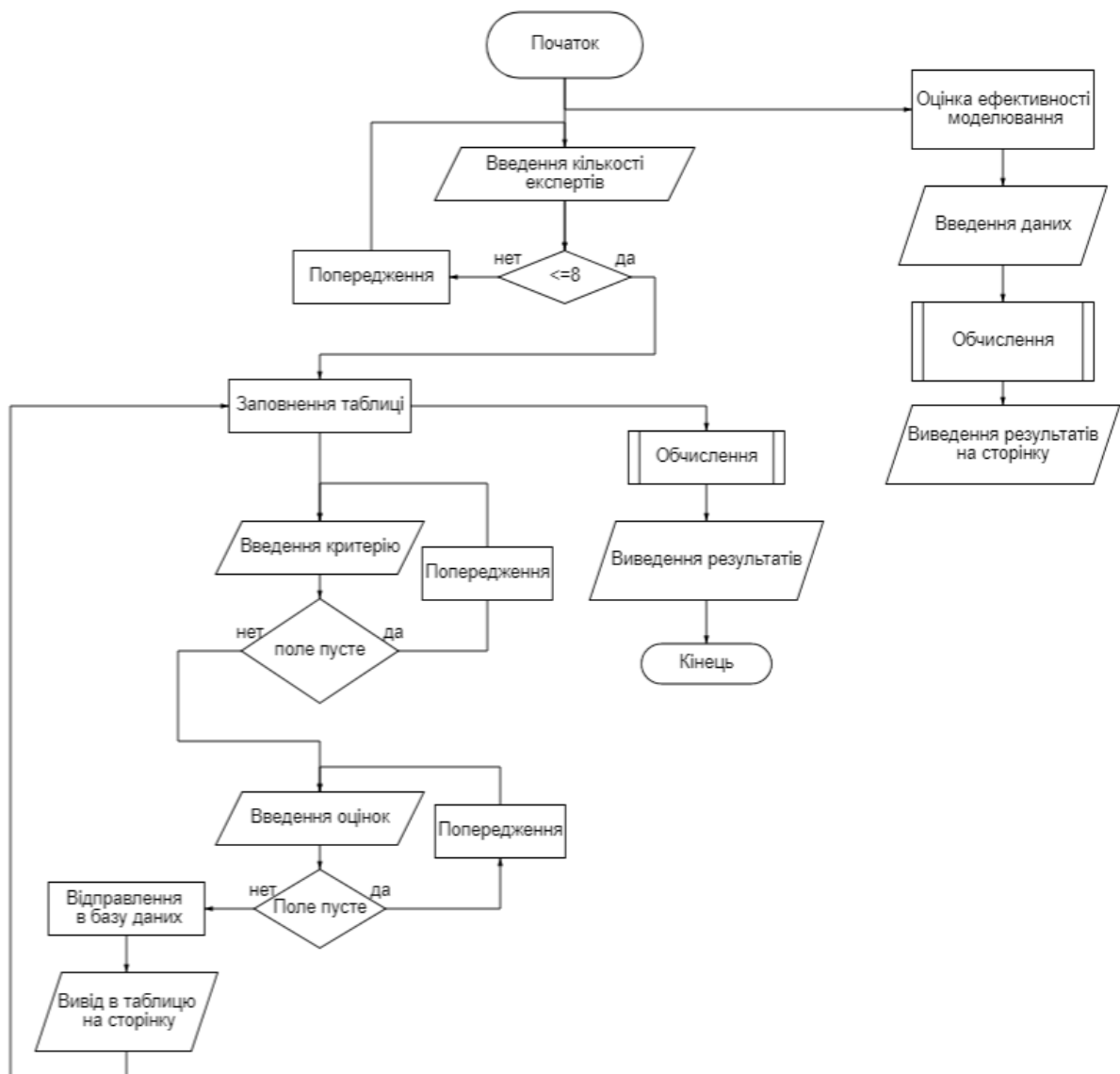


Рисунок 3.2 - Блок-схема алгоритму роботи першого методу

Якщо всі поля заповнені і перевірка пройшла успішно, дані записуються в базу даних, після чого формується таблиця, яка виводиться на екран. Також можливе редагування введених даних або ж їх видалення. Коли будуть заповнені всі потрібні значення, при натисканні на кнопку, виконується обчислення ефективності кожної із моделей і результати виводяться на екран.

На рисунку 3.3 зображено алгоритм роботи другого методу оцінки ефективності математичних моделей, що описаний у пункті 2.2.

Після визначення кількості експертів відбувається заповнення даних щодо значень показників за окремими критеріями.

Також відбувається перевірка правильності введення даних. За умови коректного введення даних відбувається їх запис у базу даних. Одразу ж виконується зчитування з бази даних, і відбувається виведення даних у вигляді таблиці. Тобто, при збереженні даних поступово відбувається нарощування таблиці. Також можливе редагування та видалення вже збережених даних.

Після формування таблиці, при натисканні кнопки, відбувається перехід до обчислення ефективності кожної з моделей, а також виведення результатів на екран.

Алгоритм роботи авторського удосконаленого методу, що сформований на базі двох вище наведених методів, можна оцінити з рисунку 3.4.

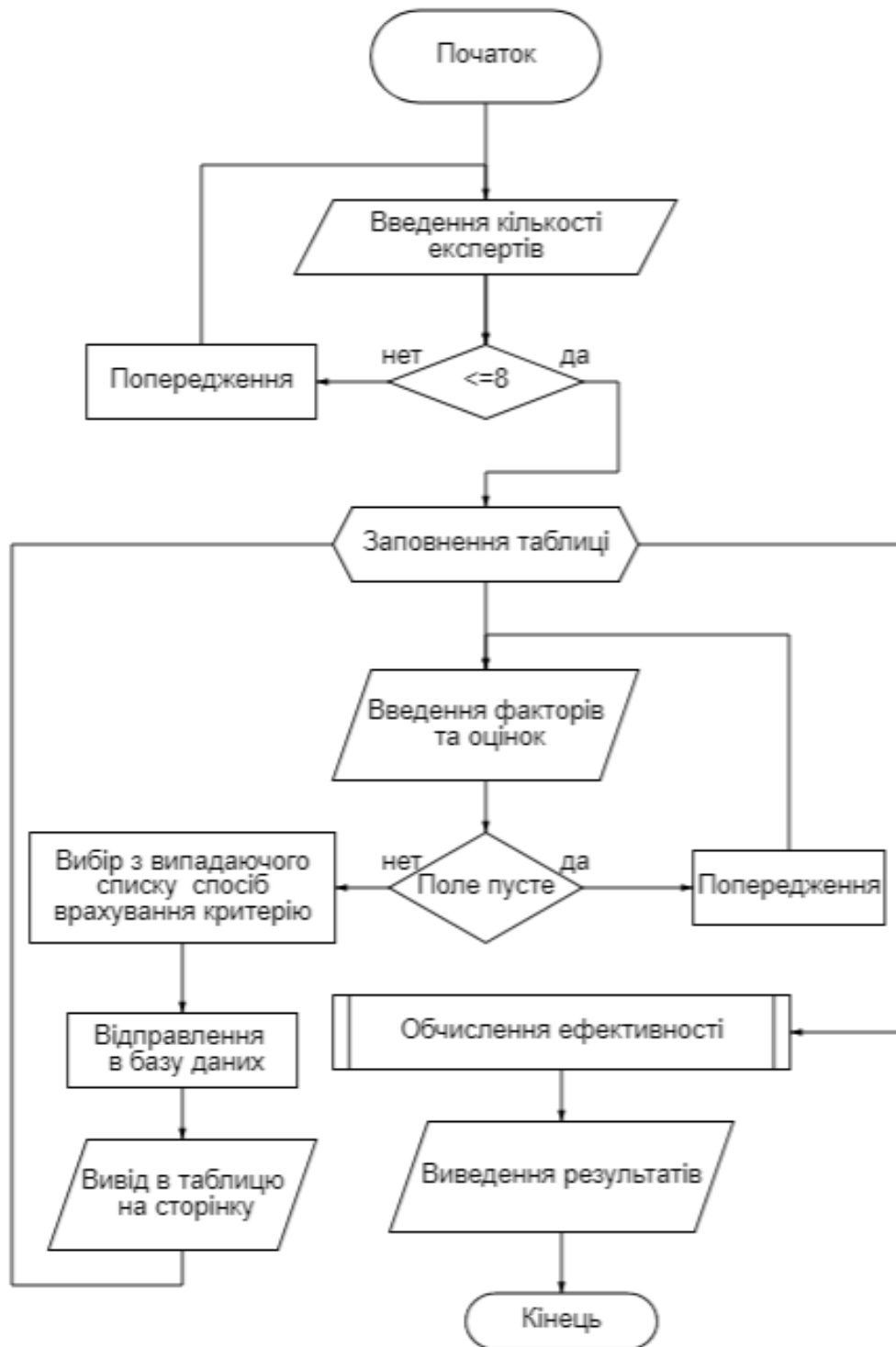


Рисунок 3.3 – Блок-схема алгоритму роботи 2-го методу оцінки ефективності математичних моделей

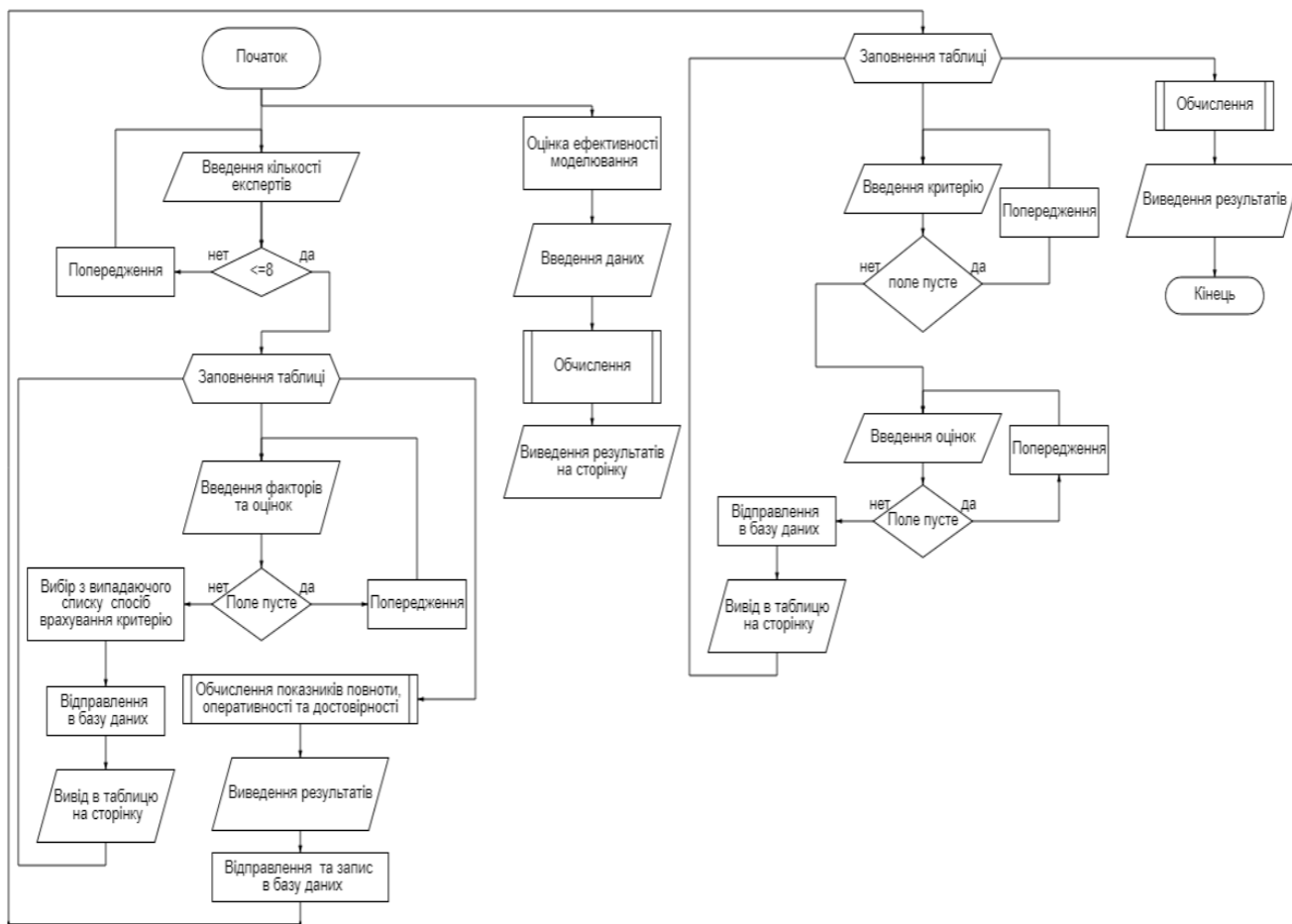


Рисунок 3.4 - Алгоритм роботи вдосконаленого методу оцінки ефективності математичних моделей

Даний метод може бути використаний для оцінки ефективності моделювання, а також для оцінки ефективності математичної моделі.

Якщо вибір робиться в сторону оцінки ефективності моделювання, відбувається перехід на сторінку, де потрібно заповнити поля показників для кожної моделі. Після перевірки правильності введення даних, відбувається обчислення ефективності моделювання.

Якщо ж вибір падає на оцінку ефективності моделей, відбудеться перехід на сторінку першого етапу вдосконаленого методу. Він базується на методиці, що описана в першому розділі (пункт 1.2.2). Відбувається заповнення факторів та оцінок, при цьому виконується перевірка правильності введення даних.

Якщо перевірка пройшла успішно, відбувається запис в базу даних, а також виконується виведення всіх збережених записів у вигляді таблиці. Після заповнення значень по всіх факторах відбувається перехід до обчислень таких показників, як: повнота, достовірність та оперативність.

На наступному етапі попередні обчислення будуть перенесені в вигляді таблиці, де потрібно здійснити доповнення відсутніми показниками (вимогами) та оцінками експертів, після чого виконується перевірка та запис в базу даних. Є можливість редагування та видалення введених даних. При заповненні всіх вимог та оцінок, визначається середня критеріальна оцінка моделі, порівнянням цього показника визначається яка з моделей є найбільш ефективною. Результати виводяться на екран.

На наступних блок схемах можна побачити алгоритми скриптів, що перевіряють правильність введення даних для вдосконаленого методу, рисунки 3.5-3.8. Після чого відбувається запис в базу даних. Алгоритм роботи даних скриптів зображено на наступних рисунках.

Якщо перевірка пройдена успішно, відбувається відправлення даних у базу даних, в іншому випадку користувач отримає повідомлення з попередженням, яке вказує на поле з помилкою.

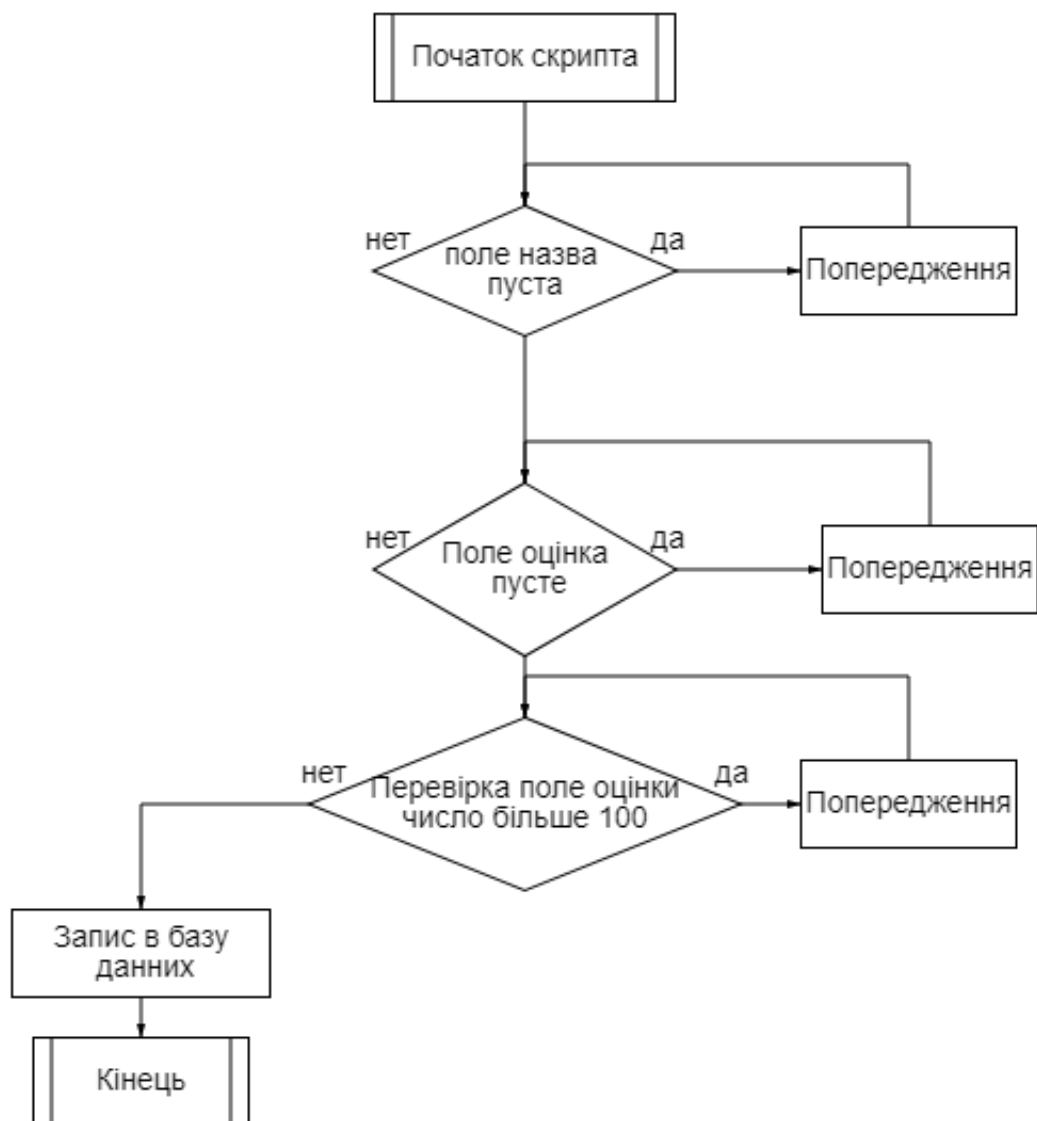


Рисунок 3.5 – Алгоритм роботи скрипта, що виконує функцію перевірки правильності введення даних на 1-му етапі вдосконаленого методу



Рисунок 3.6 – Блок схема продовження алгоритму скрипта, який виконує перевірку правильності введення даних на 1-му етапі

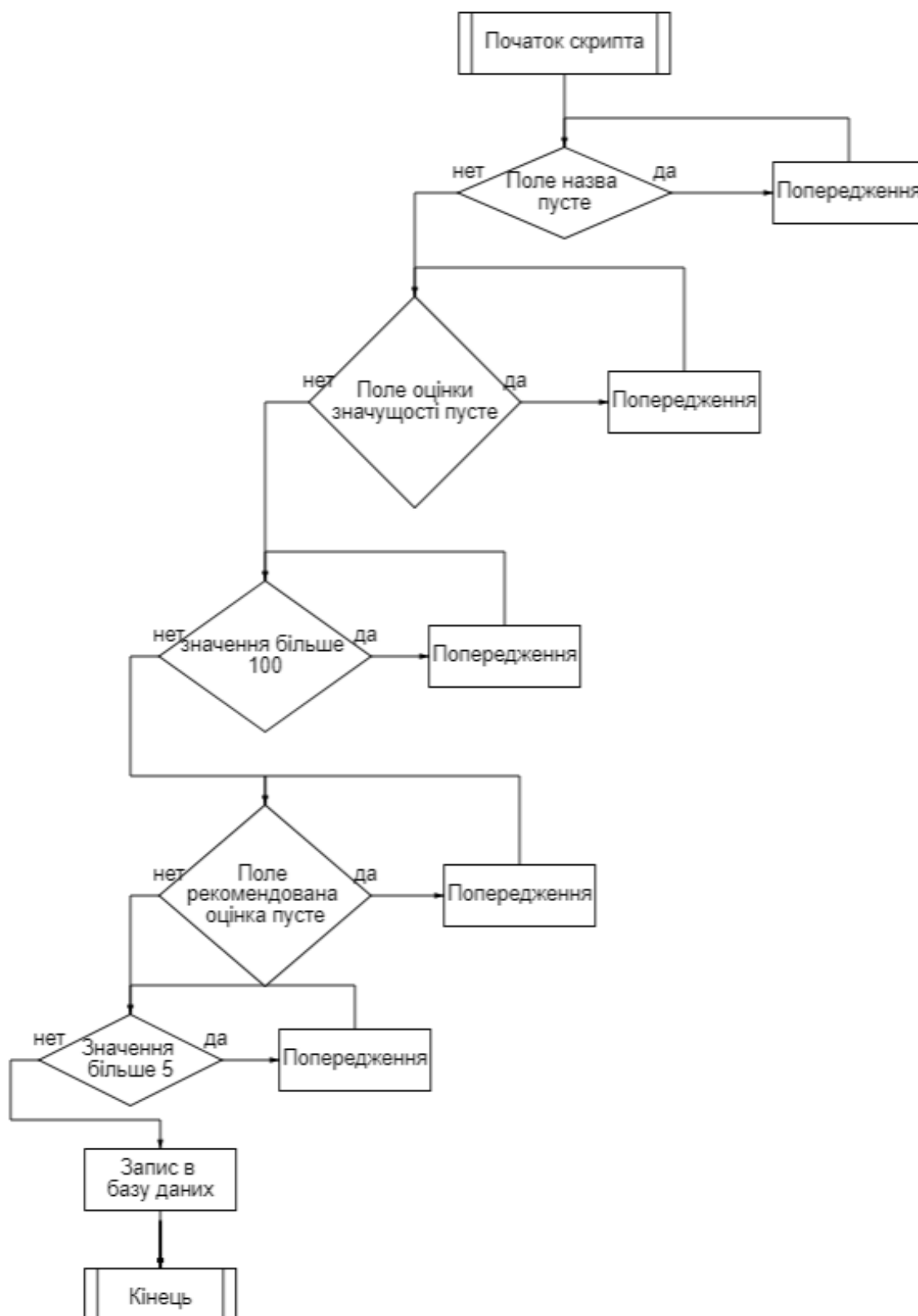


Рисунок 3.7 – Алгоритм роботи скрипта перевірки правильності введення даних на 2-му етапі роботи вдосконаленого методу

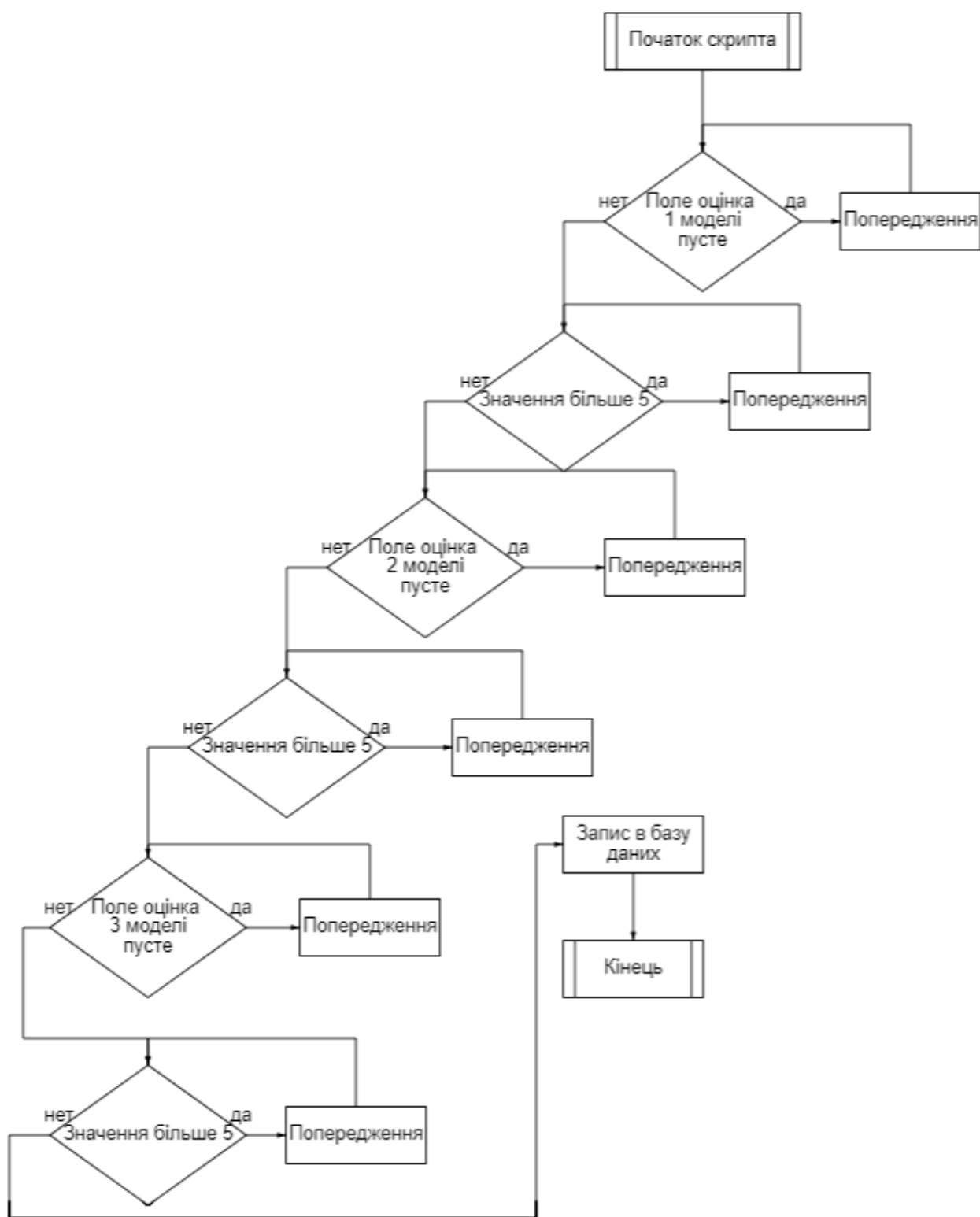


Рисунок 3.8 – Алгоритм скрипта перевірки правильності введення даних вдосконаленого методу

3.2 Проектування програмного забезпечення реалізації удосконаленого методу оцінки ефективності математичних моделей

Для відображення програмного забезпечення було зроблено наступні діаграми: прецедентів, розгортання, компонентів та послідовності.

На першій діаграмі прецедентів відображається взаємодія користувача з програмним продуктом. Користувач має можливість вибору методу оцінювання. Також відображено введення та перевірку даних. Після успішної перевірки виконується відправка даних в базу. Далі виконуються обчислення та виведення результату роботи програми.

Діаграма прецедентів зображена на рисунку 3.9



Рисунок.3.9 – Діаграма прецедентів

На наступній діаграмі (рисунок 3.10) показуються компоненти програми для вдосконаленого методу.

У файлі `index.php` вибирається метод визначення оцінки ефективності моделей. У файлі `3m.php` знаходиться пуста таблиця, яку необхідно заповнити. Заповнюється вона за допомогою файлу `act.php`, що звертається до бази даних, та записує дані.

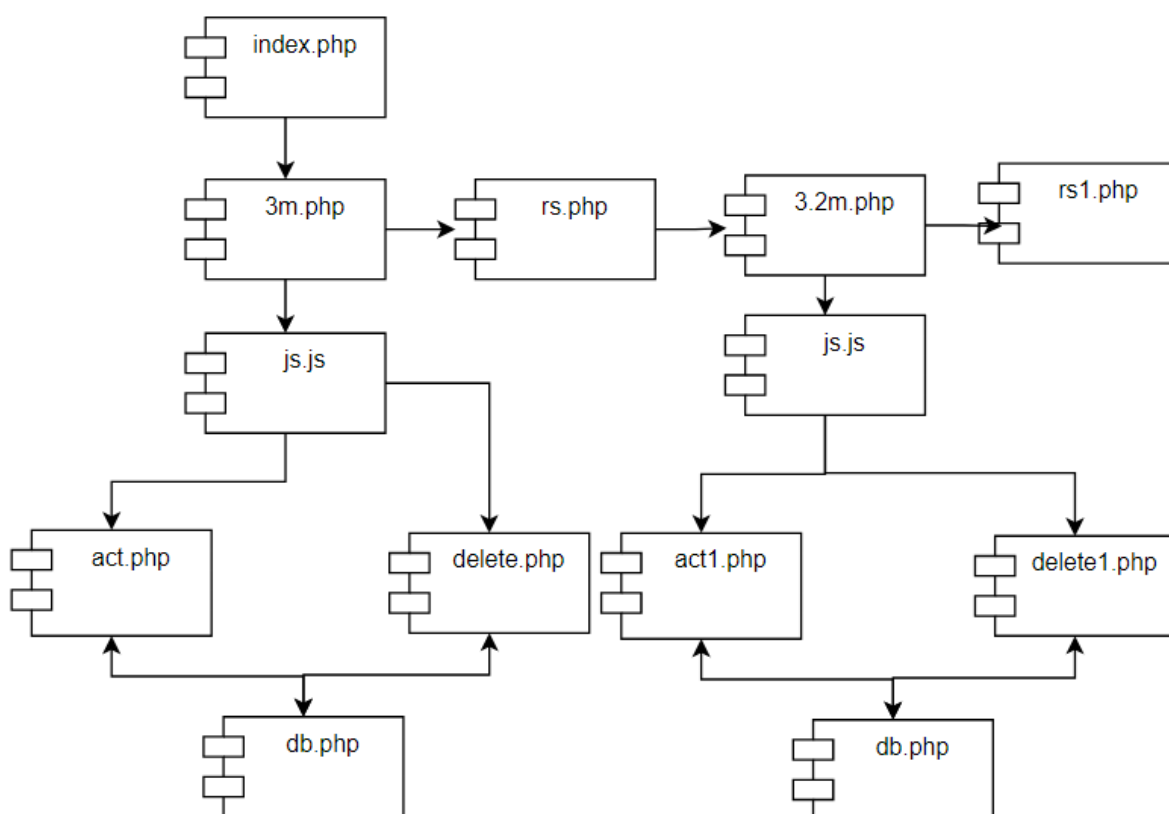


Рис.3.10 – Діаграма компонентів

Але перед цим виконується файл `js.js`, а саме скрипт перевірки правильності введених даних. За функцію видалення відповідає файл `delete.php`, що дозволяє видалити певний рядок. У файлі `rs.php` виконуються розрахунок показників, які виводяться на сторінку, після чого вони передаються на наступний етап методу. Файлом другого етапу є `3.2m.php`, на головній сторінці з'явиться таблиця, в якій будуть знаходитись показники, що визначені на

попередньому етапі. Користувачу потрібно доповнити таблицю відсутніми вимогами та оцінками для них. Після чого файл js.js виконує перевірку правильності введення даних і дозволяє перейти до запису в базу даних. При введенні всіх вимог та натисканні кнопки для розрахунку, виконується файл rs1.php, який видає кінцевий результат. А саме оцінку ефективності моделей.

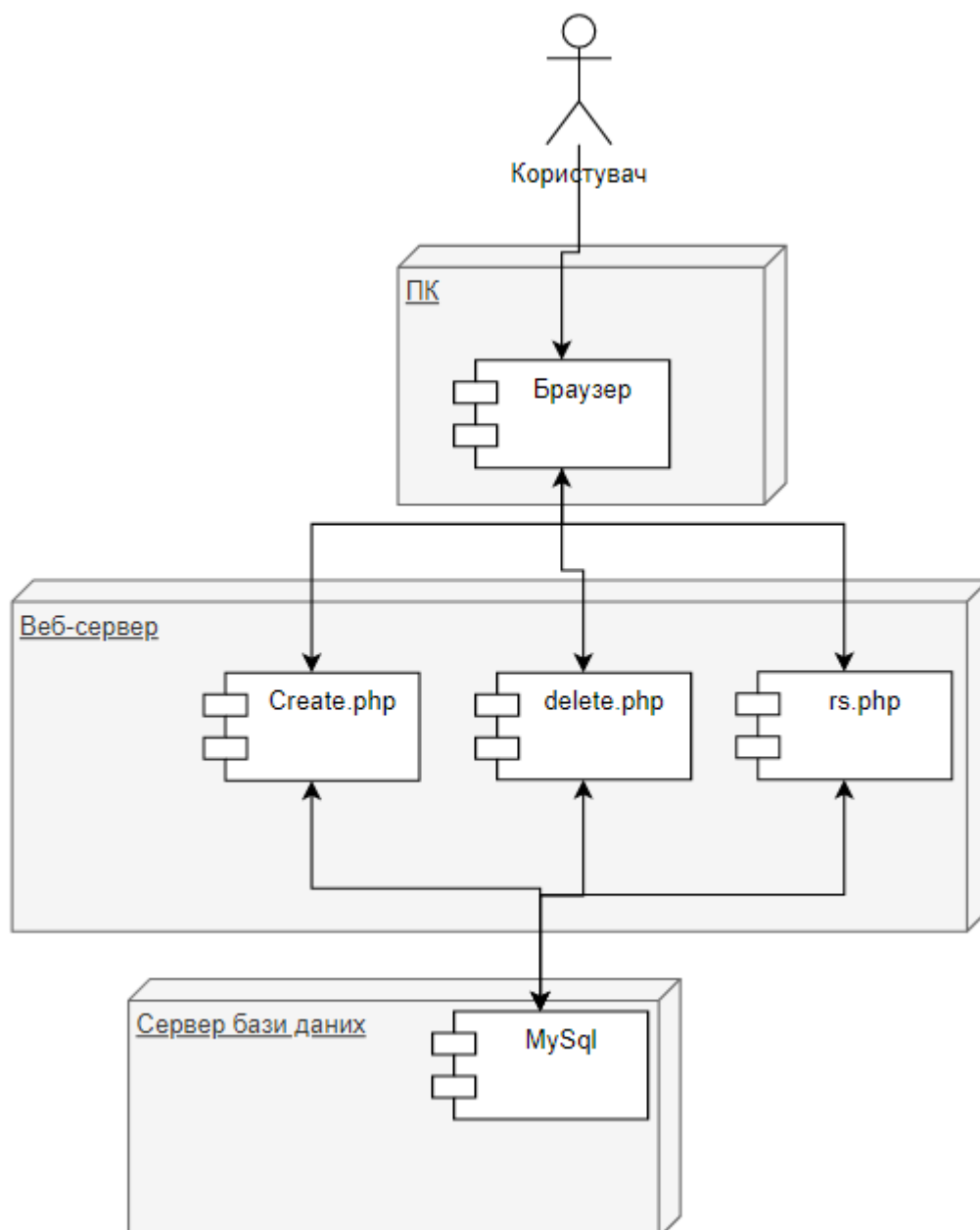


Рисунок 3.11 - Діаграма розгортання

У діаграмі розгортання відображаються обчислювальні вузли під час роботи програми, компоненти та об'єкти, що виконуються на цих вузлах. На рисунок 3.11 відображено взаємодію користувача з візуальною оболонкою сторінки, а також взаємодію візуальної оболонки сторінки з сервером.

На наступному рисунку 3.12 зображена діаграма послідовності, послідовний шлях використання програми, а саме вдосконаленого методу. Починаючи від введення кількості експертів, вибору методу, заповнення таблиці, до виведення кінцевого результату. Також показано послідовність дій користувача при натисканні кнопки редагування чи видалення.

Оскільки авторський удосконалений метод складається з двох етапів, то діаграму розділено на 2 частини. На рисунку 3.12-3.13 зображено перший етап, показано «шлях» користувача для знаходження показників повноти, достовірності та оперативності моделювання. Після розрахунку даних показників вони переносяться в наступний етап, діаграма послідовності якого зображена на рисунку 3.14-3.15.

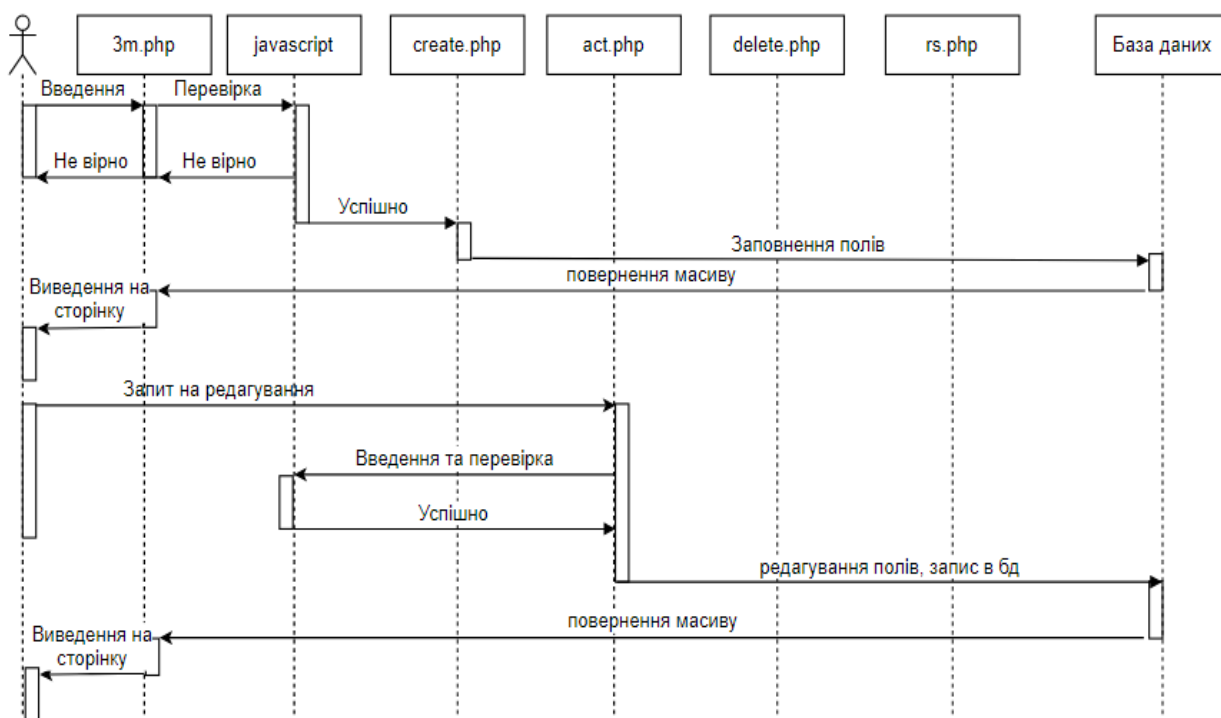


Рисунок 3.12 - Діаграма послідовності першого етапу вдосконаленого методу.

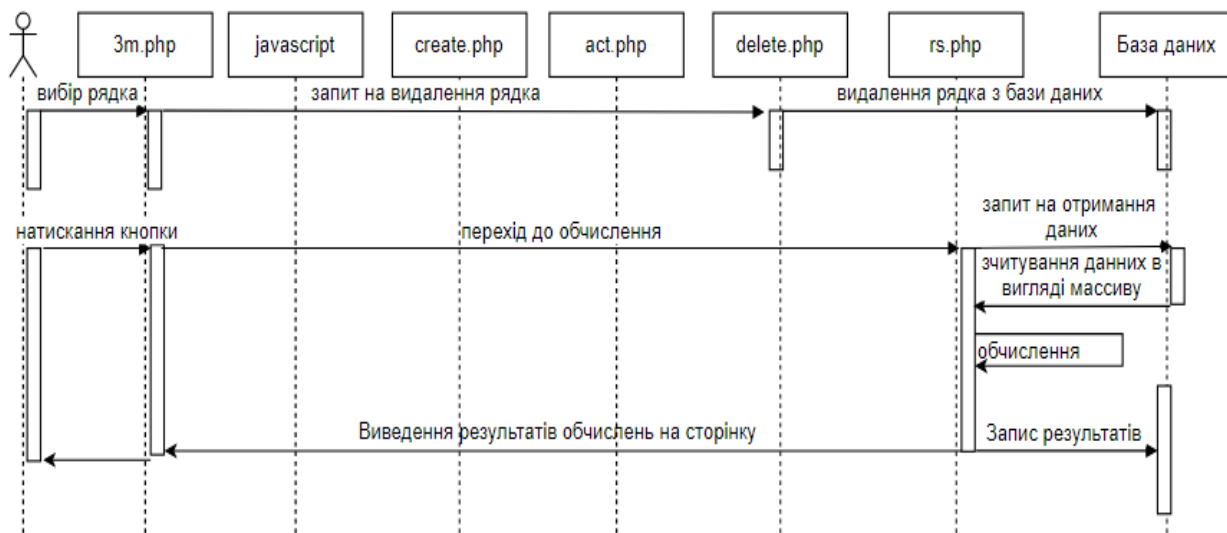


Рисунок 3.13 – Продовження діаграми послідовності першого етапу вдосконаленого методу.

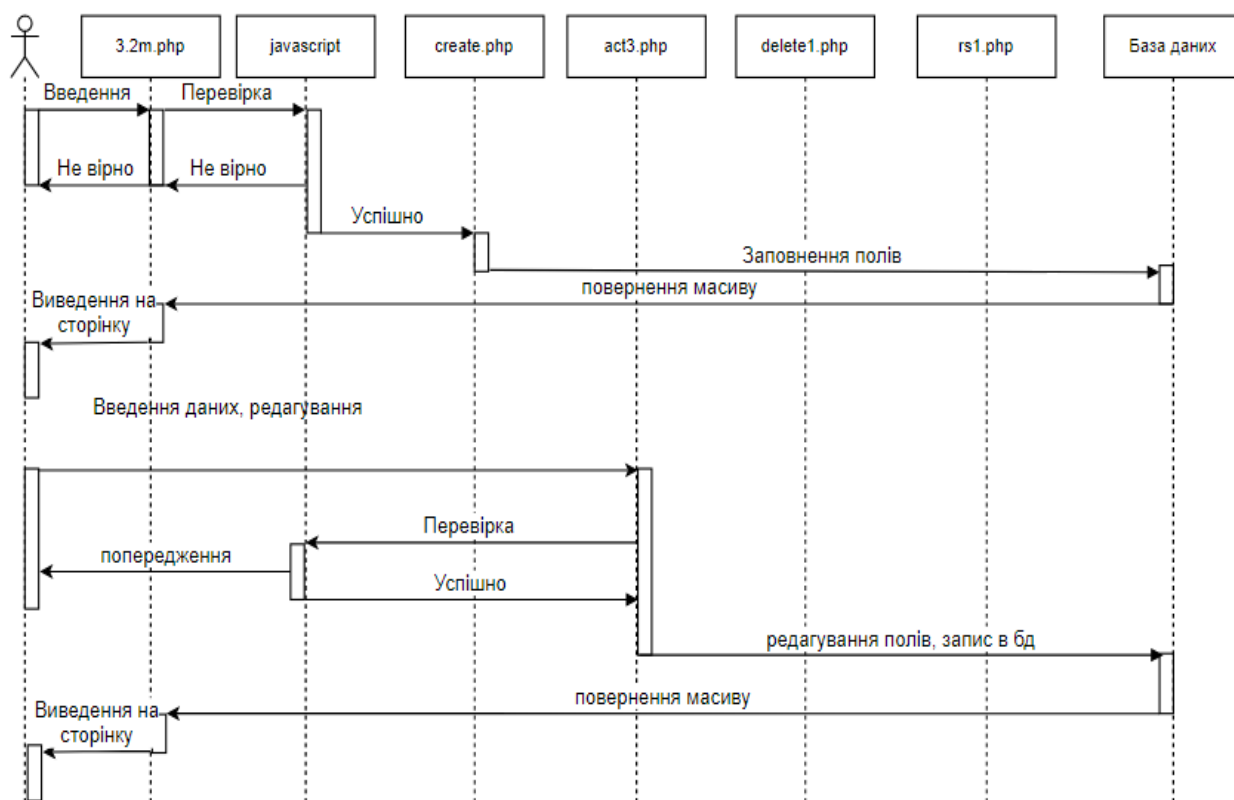


Рисунок 3.14 – Діаграма послідовності другого етапу вдосконаленого методу

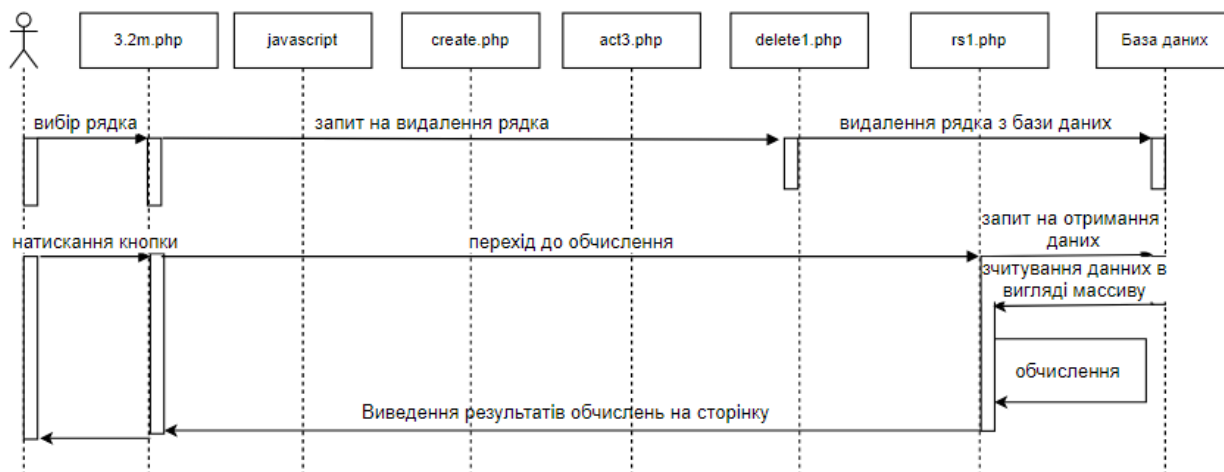


Рисунок 3.15 – Продовження діаграми послідовності другого етапу вдосконаленого методу

На рисунку 3.13 зображена послідовність роботи вдосконаленого методу після успішної реалізації першого етапу. Зазначена послідовність передбачає визначення показників оперативності, достовірності та повноти моделювання. Щоб перейти до обчислення ефективності математичних моделей потрібно ввести інші вимоги та експертні оцінки до них. Також зображено процедуру запису в базу даних, редагування вже збережених вимог, видалення їх з бази даних та шлях для обчислення ефективності і виведення результатів на екран. З діаграми можна побачити, які файли використовуються для операцій.

3.3 Висновки

У межах розділу 3 побудовано алгоритми роботи комп'ютерної системи оцінки ефективності математичних моделей. На блок схемах показано алгоритм роботи програмного забезпечення, а на діаграмах показано алгоритми програмного забезпечення та їх компонентів.

На першій блок схемі зображено загальний алгоритм аналітичної комп'ютерної системи з можливістю введення кількості експертів та вибору

одного з трьох методів оцінки ефективності. На другій блок схемі зображено алгоритм роботи першого методу, який може бути використаний для оцінки ефективності моделювання, а також оцінки ефективності моделі. На третій блок схемі показана методика другого методу. На четвертій блок схемі зображено алгоритм вдосконаленого методу, що являє собою об'єднання перших двох методів.

З метою визначення підходів до побудови програмного забезпечення було спроектовано програмне забезпечення з використанням uml діаграм, що відображають структуру, а також залежність файлів., без яких виконання обчислень неможливе. Сформовано діаграми компонентів, послідовності, розгортання та прецедентів.

На діаграмі прецедентів показується алгоритм взаємодії користувача з програмним продуктом.

На діаграмі компонентів показана залежність файлів у програмному забезпеченні. Основним файлом є `index.php`, він виступає з'єднувальною ланкою між трьома методами. Також з діаграми видно, що програмна реалізація вдосконаленого методу складається з двох етапів: етапу обрахунку показників адекватності, достовірності та повноти моделювання, а також етапу їх подальшого використання.

На діаграмі розгортання наведено комп'ютер користувача та сервер, де розміщено файли програми, а також сервер бази даних.

На діаграмі послідовності зображено послідовний шлях застосування вдосконаленого методу, починаючи від введення кількості експертів, вибору методу, заповнення таблиці, до виведення кінцевого результату. Також показано послідовність дій, коли користувач натискає кнопку редагування чи видалення.

4 РЕАЛІЗАЦІЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

Логічним завершенням проведених у розділі 3 алгоритмізації і проектування програмного забезпечення є реалізація комп'ютерної системи для оцінки ефективності математичних моделей.

4.1 Опис середовища розробки комп'ютерної системи

Для створення комп'ютерної системи оцінки ефективності моделей було використане програмне забезпечення Sublime text. Це простий і багатофункціональний редактор. Програма не вимоглива і швидко працює навіть на звичайних комп'ютерах. Також він запускається на всіх популярних операційних системах, наприклад: Windows, Linux та Mac OS.

Редактор Sublime text підтримує велику кількість мов та має біля 20 кольорових схем. Вбудована перевірка орфографії і можливість автозбереження, дана операція буде виконуватись кожен раз коли вікно програми чи вкладка з відкритим файлом втратять фокус. До переваг можна віднести міні карту, що дозволяє швидко пересуватись по коду. Оцінити її можна на рисунку 4.1, зображена вона в правому верхньому кутку.

Також можливості Sublime text можна розширити за допомогою плагінів, що написані на Python.

Всі файли проекту розміщені в лівій колонці, що робить зручним перехід між файлами.

Для більшої зручності в корені проекту знаходиться тільки файл `index.php`, який являється головним файлом та сполучною ланкою між методами. Саме через нього відбувається перехід до одного з методів оцінки ефективності математичних моделей. Всі інші ж файли були посортовані по папках. Кожен метод має свою папку з файлами.

Вигляд програми можна оцінити з рис. 4.1.

```

File Edit Selection Find View Goto Tools Project Preferences Help
FOLDERS
  ki.di
    1m
    3.1
    3m
  index.php
index.php
1 <?
2 session_start();
3
4 if(isset($_REQUEST['cc']))
5 {$_SESSION['cc1'] = $_REQUEST['cc1'];
6
7 }
8 >}
9 <!doctype html>
10 <html lang="en">
11 <head>
12 <meta charset="UTF-8">
13 <meta charset="UTF-8">
14 <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
15 <link href="css/style.css" rel="stylesheet">
16 <link href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.0.0-beta1/dist/css/bootstrap.min.css" rel="stylesheet"
  integrity="sha384-giJF6kkoqM00vuy+HMDP7azD0uL0xtbfIcaT9wjKhr8RbDvddVhytFAAsrekwKMP1" crossorigin="anonymous">
17
18 <title>Методи</title>
19 </head>
20 <body>
21 <div class="container mt-5">
22 <h2> Аналітична система оцінки ефективності математичних моделей</h2>
23
24
25
26 <button class="btn btn-primary btn-block" onclick="location.href='1m/1m.php'">Перейти до 1 методу</button>
27
  
```

Рисунок 4.1 – Вигляд програмного забезпечення

4.2 Програмна реалізація удосконаленого методу оцінки ефективності математичних моделей

Для реалізації програмного забезпечення була обрана мова програмування php 5 [27-37] і javascript [43]. Для візуального оформлення було використано гіпертекстову розмітку та каскадну таблицю стилів.

У даному програмному забезпеченні javascript використовується тільки для перевірки правильності введених даних.

Також був підключений фреймворк bootstrap. Це фреймворк, який використовується веб-розробниками для швидкого створення дизайну сайту та веб-програм. Він являє собою набір css та javascript файлів і для того, щоб його використати ці файли необхідно лише підключити до сторінки (рисунок 4.2) в блоці head.

Розглянемо php файли в даній системі.

Головним файлом в даній системі є index.php (рисунок 4.3).

```

<link href="css/style.css" rel="stylesheet">
<link href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.0.0-beta1/dist/css/
bootstrap.min.css" rel="stylesheet" integrity="
sha384-gijF6kkoqN00vy+HMDP7azOuL0xtbfIcaT9wjKhr8RbDVddVHyTfAAsrekWkmP1" crossorigin="
anonymous">

```

Рис.4.2 – Підключення фреймворка Bootstrap

Тут користувач має можливість вибрати метод оцінки ефективності моделювання. Але перед цим він повинен вибрати кількість експертів для оцінювання критеріїв та факторів. Дана сторінка являється, так би мовити, перехрестям, де користувач вибирає яким методом йому оцінювати ефективність математичного моделювання.

Аналітична система оцінки ефективності математичних моделей

Перейти до 1 методу

Перейти до 2 методу

Перейти до 3 методу

Визначіть кількість експертів (max = 8)

Введіть число

Отправить

Кількість експертів = 3

Рисунок 4.3 – Вигляд першої сторінки програми

Вибір кількості експертів зроблений у вигляді input форми, де користувач записує число, після чого воно записується в сесію. Розглянемо код детальніше.

```

<h4>Визначіть кількість експертів (max = 8)</h4>
<form action="" method="GET">
  <input type="number" class="form-control mb-3" name="cc1"
placeholder="Введіть число" min="0" max="8">

```

```

    <input type="submit" class="btn btn-primary btn-block" name="cc">
<br>
<br>
<p><h4> Кількість експертів = <? echo $_SESSION['cc1']; ?></h4>
</form>

```

Код запису в сесію має наступний вигляд:

```

<?
    session_start();
    if(isset($_REQUEST['cc']))
    {$_SESSION['cc1'] = $_REQUEST['cc1'];
    }
?>

```

Після чого, дане значення використовується в наступних сторінках простим підключенням в заголовку сторінки:

```

<?php
    session_start();
?>

```

Та викликом в основному коді:

```
$_SESSION['cc1']
```

За цією змінною в наступних файлах визначається кількість input форм для оцінок експертів.

Файл php для підключення бази даних.

```
<?php
    $connect = mysqli_connect($host = 'localhost', $user='root',
    $password='root', $database='bugi');

    if(!$connect)
    {
        echo 'error';
    }
?>
```

Розглянемо код детальніше та проаналізуємо його. Для початку, з'єднання з базою даних виконується за допомогою функції `mysqli_connect`. Змінна `connect` відповідає за з'єднання. Функція `mysqli_connect` включає в себе такі змінні, що записані в дужках: хостинг бази даних, логін та пароль користувача бази даних, а також ім'я бази даних. Далі відбувається перевірка чи відбулось з'єднання з базою даних. Якщо не вдалось з'єднатись з базою даних, виводиться повідомлення `Error`.

Для зменшення навантаження на базу даних в `php` використовуються масиви, щоб уникнути повторюваних звернень до бази даних, кожен раз коли необхідно добути значення в фрагменті коду, зображено приклад використання масиву.

Далі розглянемо першу сторінку, на яку попаде користувач, коли вибере третій вдосконалений метод. Ця сторінка називається `3m.php`. На даній сторінці розміщена таблиця, яка зчитує дані з бази даних та записує їх на сторінку, а саме в таблицю. Код програми для зчитування даних і виведення в таблицю наведений нижче:

```
<?php
```

```

$connect = mysqli_connect($host = 'localhost', $user='root',
$password='root', $database='bugi');
    $bugi33 = mysqli_query($connect, "SELECT * FROM `bugi33` ");
    $i=1;
    while($row=mysqli_fetch_array($bugi33)){
    {
    ?>
    <tr>
    <td><?php echo $i++; ?> </td>
    <td><?php echo $row['name'] ?></td>
    if ($_SESSION['cc1'] == '3'){ ?>
    <td><?php echo $row['k1'] ?></td>
    <td><?php echo $row['k2'] ?></td >
    <td><?php echo $row['k3'] ?></td>
    <? } ?>

```

Також на цій сторінці розміщені input форми для долучення нових записів. Їх кількість залежить від значення, яке було записано в сесію. Якщо точніше, кількість полів для оцінок експертів залежать від введеного на головній сторінці числа.

У програмі реалізовано деякі системи запобігання введення невірних даних, котрі унеможливають отримання некоректних результатів обрахунку програмою.

Приклади попереджень зображено на рисунках: 4.4 ; 4.5; 4.6.

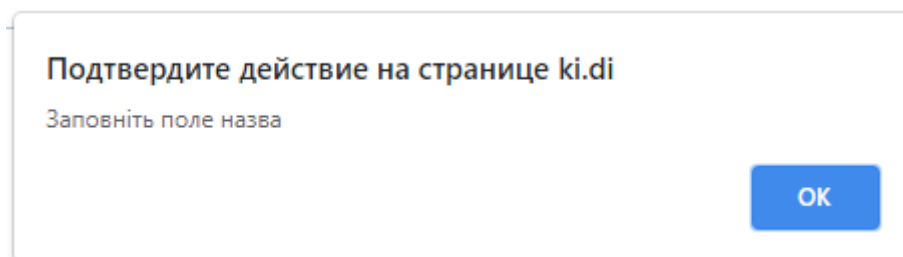


Рисунок 4.4 – Попередження про незаповнене поле з назвою

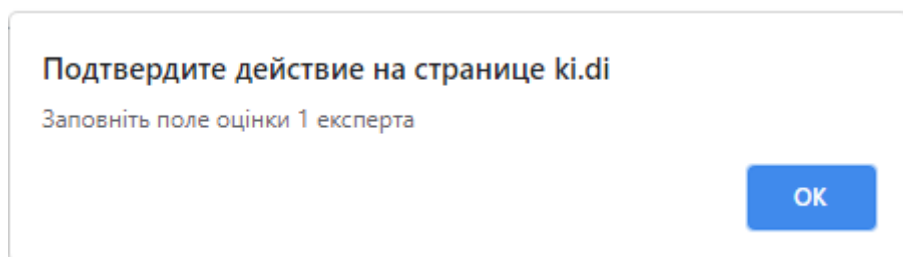


Рисунок 4.5 – Попередження про незаповнене поле з оцінкою першого експерта

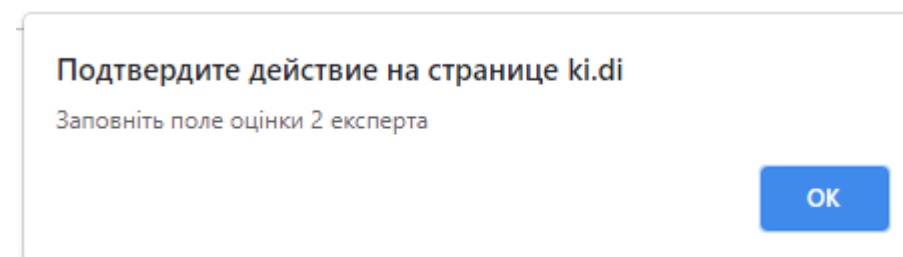


Рисунок 4.6 – Попередження про незаповнене поле з оцінкою першого експерта

Перед записом в базу даних файл js.js виконує перевірку на правильність введених даних. Код наведено нижче.

```
function validate_form ( )
{
var x=document.forms["form"]["name"].value;
if (x.length==0){
```

```

        alert("Заповніть поле назва");
        return false;
    }
<?php
if($_SESSION['cc1'] == '3'){
?>
var y=document.forms["form"]["r1"].value;
var y1=document.forms["form"]["r2"].value;
var y2=document.forms["form"]["r3"].value;
if (y.length==0){
    alert("Заповніть поле оцінки 1 експерта");
    return false;
}
if (y1.length==0){
    alert("Заповніть поле оцінки 2 експерта");
    return false;
}
if (y2.length==0){
    alert("Заповніть поле оцінки 3 експерта");
    return false;
}
<? } ?>

```

Якщо перевірка завершена успішно, відбувається відправка даних у файл create.php. Це робиться методом post. А саме виконується запис їх в базу даних та повернення на початок вдосконаленого методу, а саме 3m.php. Після прийняття даних методом post, реалізується наступний код.

```

$sql = " INSERT INTO `bugi33`(`name`, `k1`, `k2`, `k3`, `s1`) VALUES ('$name',
'$k1', '$k2', '$k3', '$s1')";

$query= mysqli_query($connect, $sql);
if($query){
Header("Location: 3m.php");
}else {echo"eror";
}

```

Запити до бази даних виконуються через функцію `mysqli_query`. Якщо запис відбувся успішно, виконується функція `header`.

Також користувач має можливість редагувати та видаляти вже записані фактори і оцінки, натиснувши кнопку. На рисунку 4.7 показано як виглядає заповнена таблиця.

До вибору методу

3 вдосконалений метод

Перейти до оцінки ефективності моделювання

Додати

Введіть критерій та заповніть експертні оцінки (100-бальна система)

№	Фактор	оцінка 1 експерта	оцінка 2 експерта	оцінка 3 експерта		
1	1k	33	76	57	виправити	видалити
2	2k	65	76	56	виправити	видалити
3	3k	76	56	76	виправити	видалити

Перейти до наступного етапу

Рисунок 4.7 – Вигляд програми на першому етапі вдосконаленого методу.

Розглянемо код для видалення рядка з бази даних.

```

<?php
include("db.php");
$id=$_GET['id'];

```

```

$sql="DELETE FROM bugi33 WHERE id='$id'";
$query=mysqli_query($connect, $sql);
    if($query){
        Header("Location: 3m.php");
    }
?>

```

При натисканні на кнопку «видалити» відбувається перехід на сторінку delete.php, і відбувається видалення по параметру id. Якщо видалення пройшло успішно, відбудеться повернення на сторінку 3m.php.

Редагування відбувається також через функцію mysqli_query, через запит update.

```

$k1=$_POST['k1'];
$k2=$_POST['k2'];
    $k3=$_POST['k3'];
$q = "UPDATE bugi33 SET name='$name', k1='$k1', k2='$k2', k3='$k3', s1='$s1'
WHERE id=$id";
    $dbd=mysqli_query($connect, $q);

```

Далі при переході на наступний етап відбудеться перехід на наступну сторінку, з'явиться таблиця з назвами факторів, які були введені на попередній сторінці. При натисканні на кнопку «додати/редагувати» користувач переходить на сторінку act1.php, де має можливість вибрати спосіб врахування фактору для моделі. Вибір відбувається через «випадаючий список». Частина коду:

```

<label> 1Model: </label>
    <select name = "m1" >

```

```

    <option value=""> -- </option>
    <option value="H"> H </option>
    <option value="K"> K </option>
    <option value="Φ"> Φ </option>
    <option value="Π"> Π </option>
</select>
<label> 2Model: </label>
<select name = "m2" >
    <option value=""> -- </option>
    <option value="H"> H </option>
    <option value="K"> K </option>
    <option value="Φ"> Φ </option>
    <option value="Π"> Π </option>
</select>
<label> 3Model: </label>
<select name = "m3" >
    <option value=""> -- </option>
    <option value="H"> H </option>
    <option value="K"> K </option>
    <option value="Φ"> Φ </option>
    <option value="Π"> Π </option>
</select>

```

Відбувається перевірка, чи не залишились пусті поля, після чого показник заноситься в базу даних.

Після заповнення даної таблиці, користувач вводить значення наявного і затраченого часу і натискає кнопку «обчислення». Відбувається перехід на сторінку rs.php, де виконується підключення до бази даних, і виконується зчитування в вигляді масиву. На основі введених оцінок експертів,

обчислюється ваговий коефіцієнт значущості для кожного фактору. Далі в залежності від способу врахування фактору, обчислюються показники повноти, оперативності та достовірності для всіх трьох моделей. І виконується запис значень в нову сторінку бази даних. Після чого користувач переходить до наступного етапу реалізації вдосконаленого методу. Тут потрібно заповнити таблицю з критеріями і оцінками експертів. У даній таблиці вже будуть присутні показники, які були обраховані на попередньому етапі. Це означає, що дану таблицю користувачу потрібно заповнити іншими критеріями.

Так як показники для даних критеріїв вже обраховані, для них не потрібно вводити рекомендовану і фактичну оцінку експертів.

Приклад вигляду заповненої таблиці може бути таким (рисунок 4.8).

До вибору методу

3 метод

2 етап

Додати

Критерій:

Ваговий кф значущості критерію:

Рекомендована оцінка експертів:

Запис

Готові значення

		Показник		
No	Критерій	1 модель	2 модель	3 модель
1	Достовірність	0.490718	0.67204	0.36352
2	Оперативність	0.795714	0.564286	0.992621
3	Повнота	0.19886	0.12437	0.229666

Заповніть експертні оцінки

Для вимог достовірність, повнота та оперативність не потрібно заповнювати рекомендовані оцінки експертів

No	Критерій	Ваговий кф значущості критерію			Рекомендована оцінка експертів				
		1 експерт	2 експерт	3 експерт	1 експерт	2 експерт	3 експерт		
1	Достовірність	44	44	44				виправити	видалити
2	Оперативність	87	67	77				виправити	видалити
3	Повнота	97	89	78				виправити	видалити
4	1k	44	54	34	4	5	4	виправити	видалити
5	2k	65	74	45	4	4	4	виправити	видалити

Перейти до наступного етапу

Рисунок 4.8 – Вигляд заповненої таблиці.

Таблиця була розбита на 2 частини, щоб не займати багато місця на сторінці. Тому після заповнення таблиці користувач переходить на наступну сторінку, де потрібно заповнити для всіх введених критеріїв експертну оцінку. Для таких параметрів, як достовірність, оперативність та повнота, не потрібно заповнювати дані оцінки. Тому при спробі додати оцінки користувач отримає відповідь, що зображено на рисунк 4.9.

Повернутись

Фактична експертна оцінка критеріїв моделі(max=5)

Додати/редагувати

Достовірність

Для даного критерію оцінки вводити не потрібно !

Зберегти

Рисунок 4.9 - Відповідь на спробу ввести оцінку для зазначених параметрів.

В кодї це виглядає так:

```
if($row['name']=='Достовірність'|| $row['name']=='Оперативність'||
$row['name']=='Повнота'){
?>
<p> Для даного критерію оцінки вводити не потрібно !
<? }
```

Для зчитування даних з бази даних при редагуванні можна скористатися наступним кодом:

```
<?php
```

```
include("db.php");  
session_start();  
$id=$_GET['id'];  
$sql="SELECT * FROM bugibugi WHERE id='$id';"  
$query=mysqli_query($connect,$sql);  
$row=mysqli_fetch_array($query);  
?>
```

Відбувається зчитування з бази даних по отриманому показнику `id`, та розміщується даний рядок в асоціативний масив. Назва масиву `row`. Після чого використовується просте звернення в коді, `$row[name]`.

Для даних показників вже були обчислені значення. Тому програма перевіряє по імені, якщо ім'я співпадає з заданим в операторі `if`, користувач просто не зможе додати значення.

Після повного заповнення таблиці користувач переходить на сторінку з обчисленнями `rs1.php`. У даному файлі виконується зчитування всіх записів з бази даних, що зробив користувач на етапі 2 вдосконаленого методу, в асоціативний масив. Після чого виконується обчислення вагового коефіцієнту значущості вимоги для кожної моделі та здійснюється обчислення критеріальних оцінок. При цьому, для показників адекватності, повноти та оперативності підставляються значення, які розраховувались на першому етапі.

Після повного обчислення, результат буде виведений на головну сторінку в вигляді маленької таблиці. Вигляд такої таблиці можна оцінити з рисунок 4.10.

3 метод

[Повернутись до попереднього етапу](#)

Назва	1 модель	2 модель	3 модель
друга критеріальна оцінка	0.67613660400216	0.28104525466392	0.71519086169039
середня критеріальна оцінка	0.13522732080043	0.056209050932783	0.14303817233808

Рисунок 4.10 – Вигляд виведення кінцевого результату.

Після чого при порівнянні показників середньої критеріальної оцінки для кожної моделі визначається найефективніша модель.

4.3 Висновки

У магістерській роботі створена архітектура комп'ютерної системи оцінки ефективності математичних моделей. Для цього було використано програмне забезпечення sublime text. Це простий та зручний редактор коду. Програма працює на різних популярних операційних системах. Вона не вимоглива та швидко працює без проблем навіть на слабких комп'ютерах.

В якості мови програмування для реалізації системи була використана мова програмування php 5 та javascript. Для візуального оформлення використано гіпертекстову розмітку html та каскадну таблицю стилів css. Також був підключений фреймворк bootstrap.

В комп'ютерній системі оцінки ефективності математичних моделей реалізовано два існуючих методи та третій авторський метод. Користувач має можливість вибору методу для оцінки ефективності математичної моделі та вибору кількості експертів, які будуть залучені до експертної оцінки.

При записі даних у базу даних передбачена перевірка на правильність введених даних, а також перевірка на пустоту полів. В іншому випадку на головній сторінці з'явиться попередження з відповідним текстом, що вказує на поле введення.

Також в програмному забезпеченні є можливість редагування та видалення збережених даних.

Для виконання операцій з базою даних була використана функція mysqli_query.

Основна увага приділена вдосконаленому методу. Його реалізація відбулась у два етапи. Спочатку користувач визначає показники повноти, оперативності та достовірності моделювання, а потім на наступному етапі відбувається заповнення таблиці іншими вимогами. Після розрахунку формуються звітні матеріали.

ВИСНОВКИ

У роботі за результатами виконаних теоретичних та практичних досліджень розроблено вдосконалений метод, який реалізований в комп'ютерній системі для оцінки ефективності довільних математичних моделей.

У першому розділі було розглянуто основні положення про моделі та їх класифікацію. Встановлено, що на даний час не існує єдиного підходу для визначення ефективності математичних моделей. Для оцінки ефективності математичних моделей використовуються різні методи. Було розглянуто два основних методи для оцінки ефективності математичних моделей та описані основні положення, що стосуються їх застосування.

Розглянуто математичні пакети прикладного програмного забезпечення, які реалізують числові методи і аналітичні математичні перетворення, що дозволяють оцінювати ефективність математичних моделей. До таких програм і математичних бібліотек відносяться, зокрема, MathLab, Maple, Mathematica, MathCAD.

В другому розділі проведено дослідження і встановлено, що в якості базової методики оцінки ефективності математичних моделей доцільно прийняти методику, яка базується на комплексуванні існуючих підходів оцінки ефективності, перший з яких стосується реалізації етапів оцінки доцільності застосування методу моделювання, порівняльної оцінки моделей, оцінки ефективності моделювання, а другий – кількісної оцінки значущих вимог до математичних моделей.

В третьому розділі побудовано алгоритми функціонування аналітичної комп'ютерної системи оцінки ефективності математичних моделей. На блок-схемах показано алгоритм роботи програмного забезпечення, а на діаграмах показано алгоритми програмного забезпечення та їх компонентів.

З метою визначення підходів до побудови програмного забезпечення було спроектовано програмне забезпечення з використанням uml діаграм, що відображають структуру, а також залежність файлів, без яких виконання обчислень неможливе. Були створені такі діаграми: компонентів, розгортання, прецедентів та послідовності.

Логічним завершенням проектування програмного забезпечення є реалізація комп'ютерної системи для оцінки ефективності математичних моделей, реалізація описана в 4 розділі.

Для створення системи було використано програмне забезпечення sublime text. Це простий та зручний редактор коду. Програма працює на різних популярних операційних системах.

В якості мови програмування для реалізації системи була використана мова програмування php 5 та javascript. Для візуального оформлення використано гіпертекстову розмітку html та каскадну таблицю стилів css.

Комп'ютерна система складається з комплексу застосування трьох методів для оцінки ефективності математичних моделей. Були реалізовані алгоритми перевірки введених даних, запису, виведення, редагування та видалення даних з бази. Для виконання операцій з базою даних використовується функція `mysqli_query`.

Набула подальшого розвитку система оцінки ефективності математичних моделей, яка на відміну від існуючих методів, дозволяє оцінювати ефективність довільних математичних моделей.

Впровадження результатів роботи дозволяє використовувати створену комп'ютерну систему з ознаками універсальності, в основі якої лежить вдосконалений метод оцінки ефективності, для оцінки ефективності довільної математичної моделі.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Боровик О.В., Боровик Л.В., Годованець С.М. Підходи до створення інформаційно-аналітичної системи оцінки ефективності математичних моделей. *Computer Systems and Information Technologies*. 2020. №2. С. 10-23
2. Боровик О. В., Боровик Л. В. Дослідження операцій в оперативно-службовій діяльності органів охорони державного кордону: Підручник. – Хмельницький: Видавництво Національної академії Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького, 2009. 444 с.
3. Татаринев Ю. Б. Проблема оценки эффективности фундаментальных исследований: Логико-методологические аспекты. М.: Наука, 1986.
4. Боровик О. В., Боровик Л. В., Трасковецька Л. М. Особливості оцінки ефективності технічних систем за допомогою графоаналітичних діаграм: зб. наук. пр.. Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Вип. № 43. К: ВІКНУ, 2013. С. 10-16.
5. Боровик О. В., Боровик Л. В., Трасковецька Л. М. Особливості оцінки ефективності радіотехнічних пристроїв та засобів телекомунікацій : зб. наук. пр. № 2 (60). Серія: Військові та технічні науки. Хмельницький: Вид. НАДПСУ, 2013. С. 261-270.
6. Даник Ю. Г., Писарчук О. О., Лагодний О. В., Випорхонюк О. В. Математична модель багатокритерійного оцінювання ефективності інтернет-сайтів цільового спрямування. *Вісник ЖДТУ*. 2016. № 1 (76). С. 114-120.
7. Боровик О. В., Боровик Л. В., Трасковецька Л. М. Дослідження характеристик ефективності функціонування інформаційно-телекомунікаційної системи «Гарт-1» на основі застосування методів імітаційного моделювання : зб. наук. пр. № 1 (63). Серія: Військові та технічні науки. Хмельницький: Вид. НАДПСУ, 2015. С. 167-182.

8. Боровик О. В., Рачок Р. В., Дармороз М. М. Методика оцінки ефективності функціонування однієї вежі системи оптико-електронного спостереження : зб. наук. пр. № 4 (70). Серія: Військові та технічні науки. Хмельницький: Вид. НАДПСУ, 2016. С. 208-226.

9. Боровик О. В., Рачок Р. В., Дармороз М. М. Оцінка ефективності функціонування системи оптико-електронного спостереження. *Радіоелектроніка, інформатика, управління (PIU)*. Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. Вип. № 2(41). С. 93-99.

10. Боровик О. В., Левков В. В. Оцінка ефективності використання систем електрозабезпечення на основі використання потенціалу відновлюваних джерел енергії для технічних засобів охорони кордону : зб. наук. пр. № 1 (63). Серія: Військові та технічні науки. Хмельницький: Вид. НАДПСУ, 2015. С. 183-196.

11. Мазур В. Ю., Боровик О. В. Методичні основи оцінки ефективності функціонування єдиної системи висвітлення надводної обстановки на морській ділянці. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. Харків: ХНУПС, 2018. Вип. № 2 (31). С. 182-189.

12. Боровик О. В., Купельський В. В. Методика оцінки ефективності військових перевезень колоною техніки. *Системи озброєння і військова техніка*. Харків: НУВПС, 2019. Вип. № 3(59). С. 25-35.

13. Боровик О. В., Русаков В. М. Новий підхід до оцінки ефективності управлінської діяльності органу управління : зб. наук. пр. № 36, Ч. 2. Хмельницький: Вид. НАДПСУ, 2006. С. 5-8.

14. Боровик О. В., Березенський О. І. Ефективність базової моделі підтримки прийняття рішення начальником відділу прикордонної служби щодо розподілу сил і засобів для організації патрулювання в межах ділянки відповідальності : зб. наук. пр. № 49/1, Ч. 2. Хмельницький: Вид. НАДПСУ, 2009. С. 64-68.

15. Шигун М.М. Методика оцінки ефективності економічного моделювання : міжнар. зб. наук. пр.. Випуск 3(6). С. 167-185.
16. Городнов В. П. Моделирование боевых действий частей, соединений и объединений войск ПВО. Харьков : ВИРТА ПВО, 1987. 383 с.
17. Математичне моделювання: навчальний посібник / В. Г. Маценко. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2014. 519 с.
18. Економіко-математичне моделювання: Навчальний посібник / Заред. О. Т. Іващука. – Тернопіль: ТНЕУ «Економічна думка», 2008. – 704 с.
19. Начало работы с Matlab – [Електронний ресурс] : Портал Matlab. – Режим доступу : <http://matlab.exponenta.ru/ml/book3/index.php> - Назва з екрана.(електронне джерело).
20. Mathematical Modeling and Simulation Theory. URL: <https://sites.google.com/site/mmpc08cproj/change-the-banner> (дата звернення 16.01.2021)
21. Mathematical modeling and economic efficiency assessment of autonomous energy systems with production and storage of secondary energy carriers. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, Volume 5, Issue 4, December 2010, Pages 250–255,
22. Егоренков Д.Л., Фрадков А.Л., Харламов В.Ю. Основы математического моделирования. Построение и анализ моделей с примерами на языке MATLAB.
23. Дьяконов В.П. MatLab 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5 в математике и моделировании. Полное руководство пользователя. М.: СОЛОН-Пресс. 2003. 576 с.
24. Ткалич О.В., Пономарев Н.Н. Применение пакета MatLab для моделирования мехатронных систем.
25. Кирьянов Д.В. / Mathcad 15/Mathcad Prime 1.0. СПб.: БХВ-Петербург, 2012. 432 с.: ил.

26. . Очков В. Ф. О-94 Mathcad 14 для студентов, инженеров и конструкторов. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 368 с.: ил.
27. Seyed M.M., Tahaghoghi, Hugh Williams Learning MySQL: Get a Handle on Your Data / O'Reilly Media, Inc., 2006 515 с.
28. Жадаєв Олександр PHP для початківців; "Видавництво" Пітер "- М., 2014. 288 с
29. Baron Schwartz, Peter Zaitsev, Vadim Tkachenko High Performance MySQL: Optimization, Backups, and Replicatio / O'Reilly Media, Inc., 2012 801 с.
30. Sasha Pachev Understanding MySQL Internals: Discovering and Improving a Great Database / O'Reilly Media, Inc., 2007 243 с
31. Robin Nixon Learning PHP, MySQL & JavaScript / O'Reilly Media, Inc., 2014. 166 с.
32. Vikram Vaswani PHP A Beginner's Guide / The McGraw-Hill Companies, 2009 232 с.
33. Brett McLaughlin PHP & MySQL / O'Reilly Media, Inc., 2012 C/ 123-127.
34. Качанов А.Н. Буквар по PHP і MySQL: навч. посібник О.М.. Качанов. М.: Інфо, 2010. 129 с
35. . Брендон Д. Буквар по PHP і MySQL: навч. посібник / Д. Брендон. - СПб: Пітер, 2014. 160 с.
36. Редько, В. Н. Базы данных та інформаційні системи / В.М. Редько, І.А. Басараб. - М .: Знание, 2017. 341 с
37. Буч, Грейді Мова UML. Керівництво користувача / Грейді Буч, Джеймс Рамбо, Айвар Джекобсон. М .: ДМК, 2015. 432 с.
38. Голіцина Базы данных / Голіцина. О.Л. М .: Форум; Инфра-М, 2015. 399 с.
39. Малихіна, М. Базы данных: основы, проектирования, використання / М. Малихіна. М .: БХВ-Петербург, 2016. 512 с.

40. Мюллер, Роберт Дж. Проектування баз даних та UML / Р.Дж. Мюллер. М.: ЛОРИ, 2013. 422 с.
41. Мюллер, Роберт Дж. Бази даних та UML. Проектування / Р.Дж. Мюллер. М.: ЛОРИ, 2017. 420 с.
42. Справочник Javascript [Електронний ресурс] : Портал документації javascript. – Режим доступу : <http://javascript.ru/manual>. – Назва з екрана.(електронне джерело) (дата звернення 15.02.2021).
43. PHP: count - Manual [Електронний ресурс] : Портал документації php. – Режим доступу : <http://php.net/manual/ru/function.count.php>. – Назва з екрана.(електронне джерело) (дата звернення 10.01.2021).
44. Войтоловский Н.В., Калинина А.П., Мазурова И.И. Экономический анализ: Основы теории. Комплексный анализ хозяйственной деятельности организации: Учебник. М.: Высшее образование, 2005. 509 с
45. Кобелев Н.Б. Практика применения экономико-математических методов и моделей/ Учебное практическое пособие. М.: ЗАО “Финстатинформ”, 2000. 246с.
46. Житна І.П., Тацій І.В., Житний П.Є. Економічний аналіз: Навчальний посібник. Луганськ: Вид-во СНУ ім. В.Даля, 2006. 296 с.
47. Stasyuk AI, Goncharova LL. Mathematical models and methods of the analysis of computer networks of control of power supply of railways traction substations. J Autom Inform Sci. 2017;49(2):50–60.
48. Shaidurov GY, Kudinov D. System mathematical models for the formation of signals and synchronous interference with the use of pulsed non-explosive seismic sources. Siberian Fed Univ. 2015;8(4):442–53.
49. Problems of optimization and economic applications: reports of the V All-Russian Conference (Omsk, 2 - 6 July 2012). - Omsk: Omsk State University, 2012.

50. Bianca C. Mathematical modelling for keloid formation triggered by virus: Malignant effects and immune system competition. *Math Models Methods Appl Sci* 2011;21: 389–419.
51. Pappalardo F., Motta S., Lollini P.-L., Mastriani E. Analysis of vaccine's schedules using models. *Cellular Immunology* 2006;244(2):137–140.
52. Bonotto, C. (2010). Realistic mathematical modelling and problem posing. In R. Lesh, P. L. Galbraith, C. R. Haines, & A. Hurford (Eds.), *Modeling students' mathematical modeling competencies: ICTMA13* (pp. 399-408). New York: Springer.
53. Kaiser, G., Blum, W., Borromeo Ferri, R., & Stillman, G. (Eds.). (2011). *Trends in teaching and learning of mathematical modelling*. Springer: New York.
54. Мних Є.В. Економічний аналіз: Підручник. К.: Центр навчальної літератури, 2003. – 412 с.
55. Методи оцінки ефективності дослідних робіт та формування звіту про проведення дослідження системи управління [Електронний ресурс] // База даних “Управління інноваціями” : Підручники для студентів онлайн. – Режим доступу : https://stud.com.ua/16711/investuvannya/metodi_o_tsinki_efektivnosti_doslidnih_robit_formuvannya_zvitu_provedennya_doslidzhennya_sistemi_upravlinn (дата звернення: 09.08.2018). Назва з екрана.
56. Стеценко, І.В. Моделювання систем: навч. посіб. [Електронний ресурс, текст] / І.В. Стеценко ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. Черкаси : ЧДТУ, 2010. 399 с.
57. Сініцина Т.А. Проблеми оцінки ефективності системи управління – результати, невирішені питання. *Вісник ЖДТУ. Економічні науки*. 2003. № 3 (25). 330 с. С. 260 – 266

58. Басовский Л.Е., Басовская Е.Н. Комплексный экономический анализ хозяйственной деятельности: Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2005. 366 с.
59. Дьяконов, В. П. Mathematica 5/6/7. Полное руководство / В.П. Дьяконов. М.: ДМК Пресс, 2010. 170 с.
60. В.З. Аладьев, В.К. Бойко, Е.А. Ровба "Программирование в пакетах Maple и Mathematica: Сравнительный аспект" / Монография / Гродно: Гродненский Госуниверситет, 2011, 517 с.
61. М. Н. Кирсанов. "Практика программирования в системе Maple" М.: Издательский дом МЭИ, 2011, 208с.
62. В.З. Аладьев. Системы компьютерной алгебры. MAPLE: Искусство программирования. Бином.Лаборатория знаний, 2006.
63. Мышкис А.Д. Элементы теории математических моделей. М.: КомКнига, .Изд. 3-е. 2007. 192 с.
64. Mareth, T., Thomé, A.M.T., Cyrino Oliveira, F.L., Scavarda, L.F.: Systematic review and meta-regression analysis of technical efficiency in dairy farms. *Int. J. Product. Perform. Manag.* 65(3), 279–301 (2016)
65. Боровик О.В. Ефективність методики інформаційного забезпечення базових моделей типових фахових задач відділу прикордонної служби / О.В. Боровик, О.І. Березенський : зб. наук. пр.. Серія: Військові та технічні науки. Хмельницький: Вид. НАДПСУ, 2009. № 50. С. 3-7
66. Городнов В.П. Методика визначення загального показника ефективності оперативно-службової діяльності від-ділу прикордонної служби ДПСУ / В.П. Городнов, О.А. Бінковський, І.В. Кукін, А.П. Курашкевич : зб. наук. пр.. Серія: Військові та технічні науки. Хмельницький: Вид. НАДПСУ, 2010. № 53. С. 20-22
67. Баканов М.И., Мельник М.В., Шеремет А.Д. Теория экономического анализа: Учебник / Под ред. М.И. Баканова – 5-е изд., перераб. и доп. М.: Финансы и ст

Додаток А (обов'язковий)

Копія наукової публікації

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL
«COMPUTER SYSTEMS AND INFORMATION TECHNOLOGIES»

УДК 004.94
DOI: 10.31891/CSIT-2020-2-2

БОРОВИК О. В., БОРОВИК Л. В.
Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький
ГОДОВАНЕЦЬ С. М.
Хмельницький національний університет

ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

Стаття присвячена обґрунтуванню вибору базової методики оцінки ефективності математичних моделей, яка б могла бути прийнята за базову модель при розробці відповідної інформаційно-аналітичної системи, а також визначенню тих положень, які потребують урахування у вказаній базовій методиці.

У результаті проведеного дослідження встановлено, що в якості базової методики оцінки ефективності математичних моделей доцільно прийняти методику, яка базується на комплексованні існуючих підходів щодо оцінки ефективності, перший з яких стосується реалізації етапів оцінки доцільності застосування методу моделювання, порівняльної оцінки моделей, оцінки ефективності моделювання, а другий – кількісної оцінки значущих вимог до математичних моделей явищ, процесів, систем. Вказані підходи повинні взаємодоповнювати один інший на макро та мікрорівні за рахунок реалізації властивостей адитивності та суперпозиції значущих положень для моделювання, які є різними у різних підходах. При цьому, основними аспектами, які визначають необхідні напрями удосконалення базової методики, є аспекти, що пов'язані із створенням інструментальних методик оцінки швидкості та матеріальних затрат на створення моделі і оцінки результату дослідження, що отриманий із застосуванням моделювання, а також із обґрунтуванням аналітичних залежностей для визначення середньої критеріальної оцінки моделі, інтегральної оцінки природних ефектів, достовірності моделювання, відносних середніх значень похибки, яка вноситься у модельні розрахунки внаслідок узагальненого врахування параметрів і факторів, залежності для абсолютної оцінки повноти моделювання.

Ключові слова: інформаційно-аналітична система, ефективність, математична модель, методика, оцінювання, показники, фактори, залежності, підходи.

BOROVYK O., BOROVYK L.
The National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine named after Bohdan Khmelnytskyi, Khmelnytskyi city
HODOVANETS S.
Khmelnytsky National University

APPROACHES TO THE CREATION OF INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM FOR EVALUATION OF EFFICIENCY OF MATHEMATICAL MODELS

The article is devoted to substantiation of the choice of the basic technique of estimation of efficiency of mathematical models which could be accepted as the basic model at development of the corresponding information-analytical system, and also definition of those provisions which need to be considered in the specified basic technique.

The study found that as a basic method of evaluating the effectiveness of mathematical models, it is advisable to adopt a methodology based on a combination of existing approaches to evaluating efficiency, the first of which concerns the implementation of stages of evaluating the feasibility of modeling, comparative evaluation of models, the second is the quantitative assessment of significant requirements for mathematical models of phenomena, processes, and systems. These approaches should complement each other at the macro and micro levels by implementing the properties of additivity and superposition of important provisions for modeling, which are different in different approaches. In this case, the main aspects that determine the necessary areas for improvement of the basic methodology are aspects related to the creation of instrumental methods for estimating the speed and material costs of creating a model and evaluating the research result obtained using modeling, as well as substantiation of analytical dependencies. To determine the average criterion assessment of the model, integrated assessment of incremental effects, reliability of modeling, relative average values of error introduced into model calculations due to generalized consideration of parameters and factors, dependence for absolute assessment of modeling completeness.

Keywords: information-analytical system, efficiency, mathematical model, methodology, evaluation, indicators, factors, dependence, approaches.

Постановка проблеми

Останнім часом проведення значної кількості досліджень передбачає застосування математичних моделей. Побудова моделі є необхідною, як правило, при вивченні складних об'єктів, явищ чи процесів, в яких результуюча дія причинно-наслідкових зв'язків не очевидна, а проведення експериментів або недоцільне, або неможливе. Саме в таких випадках найбільш широко використовуються математичні моделі, що дозволяють встановити зв'язок характеристик об'єктів моделювання, які цікавлять дослідника, з безліччю параметрів об'єктів, що пов'язані між собою різними функціональними залежностями. Адже реальний об'єкт моделювання завжди має нескінченну кількість особливостей, взаємозв'язків і їх проявів. А отже, один і той же об'єкт в залежності від цілей дослідження може мати різні моделі. Загальною ж моделювання об'єкта сформувати неможливо.

Процес побудови моделі складається з наступних етапів: споглядання об'єкту моделювання, безпосередньо побудови моделі (абстрактного мислення) і перевірки її адекватності. Результатом другого етапу є модель, що створена у відповідності до мети аналізу і на основі сформульованих гіпотез про об'єкт, який споглядався. Заключним етапом є перевірка адекватності моделі. Однак через цілеспрямований і обмежений характер моделі її адекватність має перевірятися лише з точки зору виділених для моделювання сторін. При цьому на першому кроці перевірки встановлюється, в якій мірі отримана модель відповідає

сформульованим гіпотезам про об'єкт, тобто задуму моделювання. Переконавшись у відповідності моделі сформульованим гіпотезам про об'єкт (в адекватності моделі і об'єкта з точністю сформульованих гіпотез), можна переходити до практичної перевірки якості моделі і її застосування. На етапі практичної перевірки і застосування моделі з її допомогою одержують деякі нові відомості про об'єкт, порівнюють їх з експериментальними даними, використовуючи один або кілька критеріїв, що дозволяють якісно або кількісно встановити ступінь співпадання прогнозованих і експериментальних даних. При виявленні істотних розбіжностей з'ясовуються їх причини, в разі необхідності розширяється об'єм властивостей, що підлягають аналізу, розширяється або змінюється перелік гіпотез про об'єкт і мету моделювання, коректується модель і т.д. [1].

Дослідження з використанням вже відомих моделей або з розробкою нових можуть потребувати різних трудовитрат, а також затрат часу й коштів. Тому актуальним є завдання оцінки доцільності розробки моделі, вибору моделі з числа альтернативних, оцінки ефективності проведеного дослідження та оцінки ефективності безпосередньо моделі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблема оцінки ефективності математичних моделей є однією з найбільш актуальних як для конкретних галузей знань, зокрема, так і в методологічному аспекті, загалом. Аналіз значної кількості наукових джерел і математичних моделей, що сформовані стосовно задач різних галузей людської діяльності, свідчить про відсутність єдиних підходів щодо оцінки ефективності математичних моделей. Складність зазначеної проблеми полягає у тому, що визначення більшості показників, які враховуються при визначенні рівня ефективності, вимагає знання не тільки загальних методик аналізу, але й глибокого розуміння суті явища, яке вивчається. Це обумовлює необхідність поєднання різних груп знань.

У науковій літературі представлений ряд праць, присвячених дослідженню проблем оцінки ефективності як на загальнометодологічному рівні [2], так і в конкретних сферах людської діяльності [3-15].

Зокрема, у роботах [3-4] наведено окремі підходи до оцінки ефективності складних технічних і радіотехнічних систем. Робота [5] присвячена дослідженню підходів із застосуванням математичного моделювання до оцінювання ефективності інтернет-сайтів. У авторських працях [6-8] аналізувалися окремі аспекти застосування математичного моделювання для оцінювання ефективності функціонування складних інформаційно-телекомунікаційних систем і комплексів. Питанням дослідження оцінки ефективності використання технічних, організаційних, управлінських систем, зокрема, присвячені роботи [9-13]. Методика оцінки ефективності економічного моделювання може бути оцінена з роботи [14]. А питанням застосування моделювання у військовій справі присвячено роботу [15].

Аналіз робіт [3-15], як і інших проаналізованих, але не відображених у списку літератури, авторами праць, підтверджує, що оцінка ефективності математичної моделі в кожному окремому випадку є складним творчим завданням, яке передбачає урахування специфічних особливостей, але при цьому і таким, що підпорядковане єдиному підходу. Оскільки при дослідженні кожної із згаданих вище задач доводиться аналізувати достатньо велику кількість факторів, параметрів, умов тощо, які визначають або впливають на перебіг досліджуваного процесу чи якості системи, то природним є бажання спростити оцінювання ефективності відповідної математичної моделі. Аналіз же праці [2] дозволяє зробити припущення про те, що таке спрощення може полягати у створенні інформаційно-аналітичної системи оцінки ефективності математичних моделей, в основі якої може лежати деякий узагальнений підхід, що містив би універсальні процедури, які могли б адаптуватися на конкретні задачі, що досліджуються.

А отже, актуальним є завдання оцінки можливості та визначення підходів щодо створення інформаційно-аналітичної системи з ознаками універсальності, яка б могла використовуватися для оцінки ефективності довільної математичної моделі.

Метою статті є вирішення сформульованого вище актуального наукового завдання.

Виклад основного матеріалу дослідження

Для досягнення мети дослідження вбачається за доцільне: здійснити аналіз базових положень про математичні моделі з позиції виокремлення тих з них, що необхідні для врахування при оцінюванні ефективності математичних моделей; провести аналіз існуючих підходів до оцінки ефективності математичних моделей; порівняти існуючі підходи та виявити переваги і недоліки кожного з них; обґрунтувати вибір тих підходів, які можуть лягти в основу створення інформаційно-аналітичної системи оцінки ефективності математичної моделі.

Аналіз базових положень про математичні моделі.

Одним із найбільш базових положень про математичні моделі є безпосередньо поняття моделі. Існують його різні тлумачення. У цьому можна пересвідчитися з ряду джерел, зокрема [1, 16-17]. Найбільш узагальненими означеннями є наступні.

Під математичною моделлю розуміється система математичних залежностей і логічних правил, що дозволяють з достатньою повнотою і точністю: описувати найістотніші процеси, що властиві операції; за певними початковими даними прогнозувати можливий хід і результат операції; оцінювати ефективність варіантів рішень і планів; отримувати дані щодо оптимізації певних елементів, які відповідають меті

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL
«COMPUTER SYSTEMS AND INFORMATION TECHNOLOGIES»

операції. Тут під операцією розуміється будь-який захід (або система дій, процес), що об'єднаний єдиним задумом і направлений на досягнення певної мети [1].

Під моделлю розуміють такий створений специфічний об'єкт матеріального або абстрактного характеру, що знаходиться у певній відповідності (схожості, подібності) до об'єкта-оригіналу і відображає частину властивостей, характеристик, зв'язків об'єкта-оригіналу, які є істотними для поставленої задачі. Модель створюється з метою одержання або (та) збереження інформації про об'єкт-оригінал [16].

Як впливає з першого означення, воно найбільш повно характеризує модель процесу або явища, тобто є функціональним. У другому означенні насамперед йдеться про структурні аспекти досліджуваного об'єкта. Таким чином, у понятті моделі явно прослідковується структурно-функціональні особливості та особливості якості результату.

Наступним важливим положенням про математичні моделі є вимоги, що висувуються до них. У загальному випадку вимоги до моделі суперечливі. З одного боку, вона повинна бути достатньо повною, тобто в ній мають бути враховані всі важливі чинники, від яких істотно залежить результат. З другого боку модель повинна бути достатньо простою для того, щоб можна було встановити зрозумілі (бажано – аналітичні) залежності між параметрами, що входять в неї.

Сукупність вимог до математичних моделей, які можна вважати загальними, можна оцінити з табл. 1.

Таблиця 1

Загальні вимоги до математичних моделей

№з/п	Вимоги	Зміст вимог
1.	Достовірність результатів моделювання	Достатньо точне відображення найбільш суттєвих сторін процесів і притаманних їм закономірностей
2.	Оперативність	Можливість отримання та використання результатів моделювання в задані терміни
3.	Контрольованість результатів	Можливість контролю результатів логікою здорового глузду, що є необхідним у зв'язку з можливістю допущення помилок вхідних даних, розробки, програмування, виходу за рамки прийнятих припущень і в зв'язку зі збоями в роботі ЕОМ
4.	Відповідність рівню керівництва	Відповідність рівню керівництва за наявністю вихідної інформації, за ступенем її деталізації і результатів моделювання, за точністю моделювання та формою представлення даних
5.	Системність	Узгодженість з іншими моделями за метою, призначенням, показниками і критеріями ефективності, переліком факторів, які враховуються тощо
6.	Модульність	Організація виконання окремих функцій або груп функцій окремими модулями (блоками алгоритмів) з метою підвищення ефективності розробки та супроводження моделей
7.	Безпечність опрацювання інформації	Захист від несанкційованого доступу

У контексті мети даного дослідження найбільш вагомими видаються вимоги 1, 2, 5.

Ще одним важливим положенням про моделі є математичний апарат, що застосовується для їх опису. Для того, щоб його оцінити, слід насамперед оцінити варіанти класифікації моделей. Останні наведені в табл. 2-4.

Таблиця 2

Варіант класифікації моделей за способом їх реалізації

1. Абстрактні	2. Матеріальні	3. Змішані
1.1. Математичні 1.1.1. Аналітичні 1.1.2. Статистичні 1.1.3. Алгоритмічні	2.1. Фізичні 2.1.1. Просторово подібні 2.1.2. Фізично подібні	3.1. Непівнатурні
1.2. Словесні	2.2. Аналогові	
1.3. Образні 1.3.1. Гіпотетичні 1.3.2. Макетні	2.3. Натурні	
1.4. Графічні 1.4.1. Монограми 1.4.2. Креслення 1.4.3. Схеми 1.4.4. Графіки 1.4.5. Діаграми		

Таблиця 3

Варіант класифікації моделей за характером процесів і явищ в об'єкті моделювання

1. За наявністю випадкових впливів на об'єкт	2. В залежності від поведінки об'єкту протягом певного проміжку часу	3. В залежності від процесів, що протікають в об'єкті
1.1. Детерміновані	2.1. Статичні	3.1. Дискретні
1.2. Стохастичні	2.2. Динамічні	3.2. Неперервні
		3.3. Дискретно-неперервні

Таблиця 4

Варіант класифікації моделей за характером тієї сторони об'єкта, яка моделюється

Моделі структури об'єкту	Моделі поведінки об'єкту
--------------------------	--------------------------

Варіант вибору математичних методів в залежності від об'єкта дослідження та характеру процесів, що протікають у ньому, може бути оцінений з табл. 5.

Таблиця 5

Варіант вибору математичних методів в залежності від об'єкта дослідження та характеру процесів, що протікають у ньому

Детермінована модель		Стохастична модель	
Статична модель	Динамічна модель	Модель стаціонарного процесу	Модель нестаціонарного процесу
Алгебра	Теорія диференціальних рівнянь	Теорія ймовірностей	Теорія випадкових процесів
Інтегральне числення	Теорія інтегральних рівнянь	Теорія інформації	Теорія диференціальних рівнянь
Теорія диференціальних рівнянь	Теорія автоматичного управління	Математичне програмування	Статистичні методи
Математичне програмування	Математичне програмування		Теорія автоматичного управління
Інші методи	Інші методи	Інші методи	Інші методи

Розробка будь-якої математичної моделі являє собою процедуру, яка може бути оцінена з рис. 1 [1].

Таким чином, базовими положеннями про математичні моделі, які є важливими з позиції мети даного дослідження, є безпосередньо окремі аспекти поняття моделі, вимоги, що висувуються до математичних моделей, відповідність математичних методів, які використовуються для опису моделей, власне моделям, процедурні особливості розробки моделей.

Аналіз існуючих підходів до оцінки ефективності математичних моделей.

Аналіз навчальної літератури та ряду наукових статей, у яких розглядалися питання оцінки ефективності математичних моделей, дозволяють авторам виокремити два основних підходи щодо оцінки ефективності математичних моделей. Їх можна оцінити з матеріалів робіт [2, 14-15].

У межах даної роботи зафіксуємо лише основні положення цих підходів.

Підхід 1.

Зміст методики оцінки ефективності може бути розкритий у розрізі таких етапів: оцінка доцільності застосування методу моделювання; порівняльна оцінка моделей; оцінка ефективності моделювання.

Етап 1. Оцінка доцільності застосування методу моделювання.

Визначення доцільності моделювання може обумовлюватись наступними факторами: ціль дослідження; обсяг коштів, виділених для дослідження; резерв часу на вивчення проблеми і прийняття рішення; потреба у фахівцях зі спеціальних областей знань тощо. Зрозуміло, що визначальним фактором для оцінки доцільності моделювання є ціль дослідження. Однак і інші фактори потребують ретельного аналізу та врахування.

Здійснення на рис. 1.

Оцінка швидкості створення моделі – передбачає оцінку затрат часу на створення моделі і наступне порівняння затрат часу на створення моделі з резервом часу для прийняття рішень щодо вирішення проблеми.

Тобто оцінюється виконання умови

$$t_p < t_{рез}, \quad (1)$$

де t_p - час на розробку моделі, $t_{рез}$ - резерв часу для прийняття рішення.

Така оцінка дозволяє встановити оперативність розробки моделі. Якщо витрати часу на створення моделі перевищують наявний резерв часу для прийняття рішення – моделювання проблеми є недоцільним.

Оцінка матеріальних затрат на створення моделі – передбачає оцінку затрат коштів на створення моделі і наступне порівняння цих витрат з резервом коштів, що знаходяться у розпорядженні суб'єкта прийняття рішень.

Тобто оцінюється виконання умови

$$C_p < C_{рез}, \quad (2)$$

де C_p - сума коштів на розробку моделі, $C_{рез}$ - резерв коштів вирішення проблеми.

Оцінка матеріальних витрат дозволяє визначити можливість створення моделі, виходячи з фінансового забезпечення процесу прийняття рішень. Якщо витрати коштів на створення моделі

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL
«COMPUTER SYSTEMS AND INFORMATION TECHNOLOGIES»

перевищують наявний резерв грошових коштів для прийняття рішень – розробка моделі буде вважатись неможливою у зв'язку з відсутністю фінансового забезпечення процесу моделювання.

Якщо аналіз перших двох питань дав позитивні результати і прийнято рішення про можливість моделювання проблеми, тоді вирішується питання щодо бажаного рівня точності при математичній розробці моделі.

Оцінка чутливості проблеми до точності її математичного вирішення – приймається необхідна глибина моделювання існуючої проблеми і вибір математичних методів оцінки явищ.

Оцінка ступеня точності може визначати кількісне вираження розміру явища або характеристик процесу за різних умов їх прояву. Необхідний рівень точності визначає суб'єкт прийняття рішень з урахуванням того, що підвищення рівня точності збільшує кількість розрахунків і вимагає більших затрат часу на розробку та випробування моделі. Якщо розглядаються альтернативні моделі, серед них обирається та, що передбачає меншу кількість математичних розрахунків та забезпечує достатню точність оцінки явища. Разом з тим може здійснюватись оцінка втрат через прийняття неточних рішень без вивчення поведінки моделі. Якщо розмір очікуваних імовірних втрат (у грошовому вираженні) знаходиться на недопустимому рівні, може бути прийняте рішення про недоцільність розробки моделі. Допустимий рівень втрат визначається суб'єктом прийняття рішень.

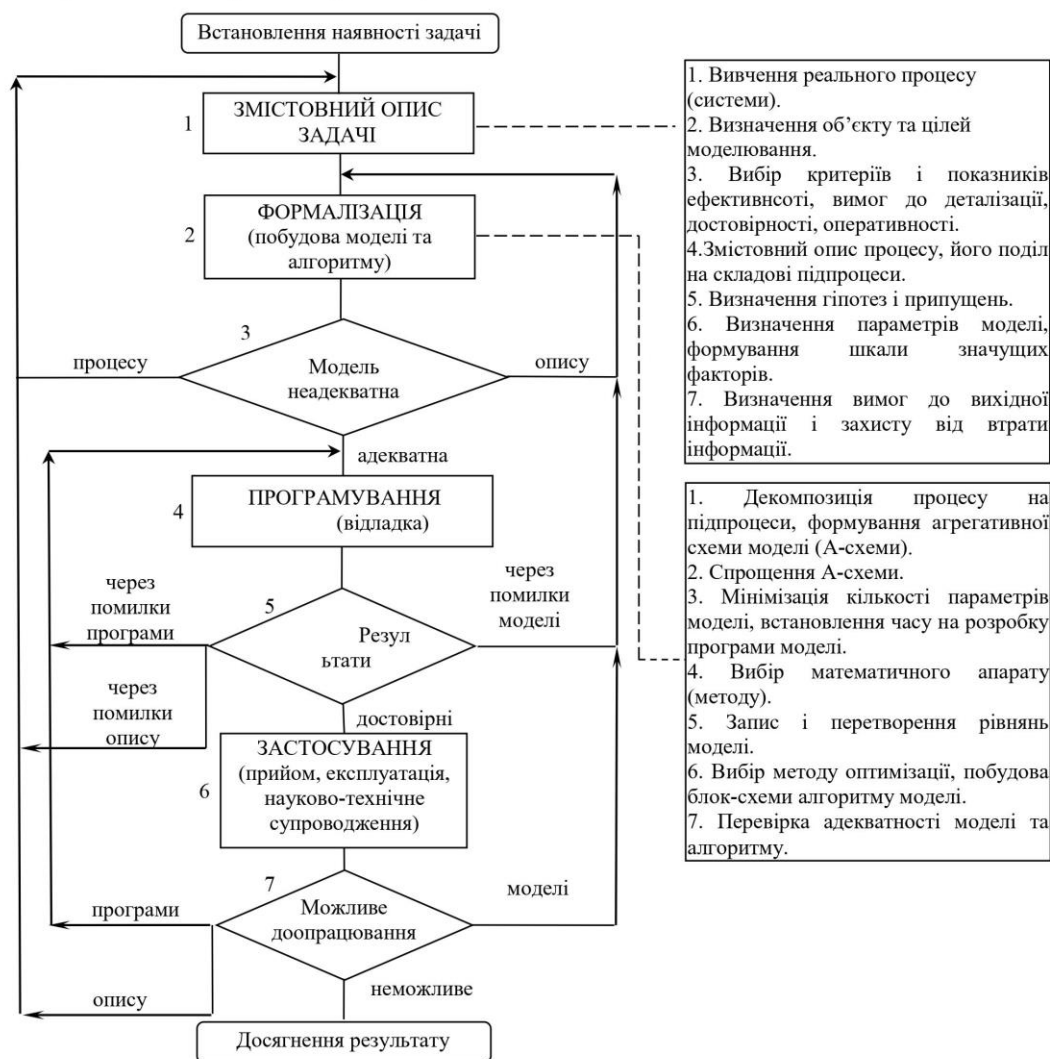


Рис. 1. Процедура розробки математичної моделі

Етап 2. Порівняльна оцінка моделей.

Порівняльна оцінка моделей здійснюється у випадку наявності двох або більшої кількості альтернативних моделей і забезпечує вибір більш ефективної моделі серед можливих для застосування. Проводити таку оцінку доцільно експертним способом за переліком основних вимог (критеріїв), що висуваються до моделей та забезпечують ефективність процесу моделювання.

Перелік вимог для оцінки моделей може мати вигляд, що наведений у табл. 6. Це перелік, що запропонований автором праці [14]. Однак слід зауважити, що цей підхід не універсальний і він має адаптуватися до особливостей досліджуваних задач

Таблиця 6

Перелік рекомендованих вимог (критеріїв) для оцінки моделей

№з/п	Вимоги (критерії)	Ваговий коефіцієнт значущості критерію ($k_{\max} = 1$)	Рекомендована експертна оцінка критеріїв моделей ($E_{\max}^p = 5$)	Фактична експертна оцінка критеріїв моделі ($E_{\max}^f = 5$)		
				Модель 1	Модель 2	...
1	Швидкість створення	0,95	5			
2	Подібність	0,85	4			
3	Об'єктивність	1	5			
4	Повнота	0,9	3			
5	Простота	0,75	2			
6	Доступність	0,8	4			
7	Точність	0,95	4			
8	Адекватність	1	5			
9	Достовірність	0,95	4			
10	Швидкодія	0,95	5			
11	Низька вартість	0,8	3			

Із застосуванням даних табл. 6 оцінка може проводитись так.

Визначення стандартизованого показника експертної оцінки за кожним критерієм:

$$E_{cm}^1 = \frac{E_{\max}^f}{E_{\max}^p}, \quad (3)$$

де E_{cm}^1 - перша стандартизована експертна оцінка критеріїв моделі; E_{\max}^p - рекомендована (нормативна) експертна оцінка критеріїв моделі; E_{\max}^f - фактична експертна оцінка критеріїв моделі.

Врахування значущості критеріїв моделі через вагові коефіцієнти (визначаються експертами):

$$E_{cm}^2 = \sum_{i=1}^n E_{cm}^1 k_i, \quad (4)$$

де E_{cm}^2 - друга стандартизована експертна оцінка критеріїв моделі; k_i - вагові коефіцієнти значущості критеріїв моделі.

Розрахунок середньої критеріальної оцінки моделі (здійснюється для кожної альтернативної моделі):

$$\bar{E}_{cm} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n E_{cm}^2}. \quad (5)$$

Порівняння моделей здійснюється на основі розрахунку середньої критеріальної оцінки (5) для кожної альтернативної моделі і подальшого порівняння середніх значень їх критеріальних оцінок. Перевага віддається моделі з більшим середнім значенням оцінки, проте якщо певні критерії мають дуже важливе значення, може здійснюватись додаткове порівняння моделей за значеннями найбільш суттєвих критеріїв оцінки.

Слід зауважити, що в залежності від досліджуваної задачі рейтингові оцінки можуть корегуватися і можуть відрізнятися від тих, що наведені у табл. 6. Вибір порядку ранжування критеріїв та їх рейтингової оцінки повинен здійснюватись строго у відповідності до змісту проблеми, яка вивчається. Для порівняльної оцінки моделей бажано залучати фахівців відповідних галузей знань в залежності від характеру проблеми, що вивчається, і особливостей поставлених для вирішення питань.

Етап 3. Оцінка ефективності моделювання.

Здійснюється за наслідками застосування моделей і може містити наступні стадії оцінки.

Оцінка приростних ефектів – дозволяє оцінити приріст нових знань про досліджуване явище або отриманий ефект, які можна визначити як обсяг інформації про нове явище чи досі відсутні дані про вже відоме явище, або економію ресурсів у грошовому вираженні чи позитивні зрушення. Окремі ефекти і соціальні впливи можуть бути пов'язані із застосуванням імітаційного моделювання

Оцінка ефекту від інвестування у новий напрям наукових досліджень передбачає визначення обсягу отриманої якісно нової інформації про явища і процеси, які ще не вивчалися. Оцінка отриманих знань про об'єкт внаслідок застосування методу моделювання може проводитись експертним способом на основі визначення характеристик об'єкта та проставлення їх бальних оцінок з наступним розрахунком середнього балу: 1) визначення переліку усіх можливих характеристик (описових або кількісних) досліджуваного явища, які можуть мати місце або представляють інтерес для дослідження; 2) визначення переліку характеристик об'єкта, які були вивчені (виміряні, оцінені, описані) в ході дослідження; 3) ранжування характеристик об'єкта за їх значущістю для користувачів та проставлення експертом балів для кожної отриманої в ході моделювання характеристики; 4) розрахунок середньої бальної оцінки для повної оцінки характеристик та отриманих характеристик в ході моделювання. Їх порівняння дає можливість непараметричного вимірювання отриманого ефекту в умовному обсязі нових знань про об'єкт. Також можливе переведення непараметричних оцінок у параметричні шляхом визначення питомої ваги отриманих знань у загальній сукупності можливих знань про об'єкт.

Отриманий коефіцієнт може враховуватись в інтегральному показнику приростних ефектів наступним чином

$$O_{zn} = \frac{\bar{O}_m}{O_o} \cdot 100\% . \quad (6)$$

У формулі (6) O_{zn} - питома вага отриманих знань у загальній сукупності можливих знань про об'єкт дослідження; \bar{O}_m - середня бальна оцінка отриманих знань на основі моделі (бали); O_o - бальна оцінка усіх можливих характеристик об'єкта-оригінала (бали).

На цьому етапі визначається очікуваний ефект від застосування моделі – ступінь отримання нових можливостей, реалізація яких обумовлена використанням побудованої моделі, можливість створення нових механізмів дії на явища і процеси, можливість зміни умов прояву явища, створення нових явищ, які раніше були відсутніми.

Оцінка власне моделі – передбачає порівняльну оцінку ефективності застосування методу моделювання у порівнянні з дослідженням, що проводиться без застосування моделей.

Оцінка приросту (економії) витрат внаслідок застосування методу моделювання:

$$\Delta_b = B_m - B_o . \quad (7)$$

У (7) Δ_b - приростний ефект від застосування методу моделювання в сумі економії використаних ресурсів.; B_m - сума витрат на дослідження з моделюванням; B_o – сума витрат на дослідження без моделювання.

Передбачає кількісну оцінку затрат ресурсів у натуральних або грошових показниках. Оцінка витрат може здійснюватись за видами ресурсів, що витрачаються в ході організації і проведення дослідження, з наступним розрахунком інтегрального показника.

Відносний приріст ефекту від економії витрат внаслідок застосування методу моделювання:

$$t_b = \frac{B_m}{B_o} \cdot 100\% . \quad (8)$$

Оцінка приросту (економії) часу дослідження внаслідок застосування методу моделювання:

$$\Delta_q = Q_m - Q_o . \quad (9)$$

У (9) Q_m - витрати часу на дослідження з моделюванням; Q_o – витрати часу на дослідження без моделювання.

Відносний приріст ефекту від економії часу дослідження внаслідок застосування методу моделювання:

$$t_q = \frac{Q_m}{Q_o} \cdot 100\% . \quad (10)$$

Непараметрична оцінка приросту знань, отриманих внаслідок застосування методу моделювання у порівнянні з обсягом знань про явище, які вже були відомими, з обсягом знань, які можна було отримати без застосування методу моделювання або з усіма характеристиками об'єкта, що відомі науці. Оцінка обсягу отриманих знань повинна здійснюватись експертним способом із залученням фахівців тієї галузі знань, з якої здійснювалось дослідження, і включати бальну оцінку обсягу вивчених характеристик об'єкта та його порівняння з обсягом характеристик, отриманих без застосування методу моделювання.

$$\Delta_z = Z_m - Z_o . \quad (11)$$

У (11) Z_m - результат (обсяг знань, інформації), отриманий із застосуванням методу моделювання;
 Z_o - результат (обсяг знань, інформації), отриманий без застосування моделювання.

Відносний приріст ефекту від отримання знань про об'єкт дослідження внаслідок застосування методу моделювання:

$$t_3 = \frac{Z_m}{Z_o} \cdot 100\%. \quad (12)$$

Співвідношення кількості отриманої в результаті моделювання інформації про об'єкт до реальної суми знань про об'єкт може показувати втрату інформації щодо об'єкту дослідження при застосуванні методу моделювання у порівнянні з роботою з оригіналом.

Інтегральна оцінка приросту ефектів здійснюється через переведення отриманих показників приросту у коефіцієнтні значення:

$$t_{заг} = t_6 t_4 t_3. \quad (13)$$

У (13) $t_{заг}$ – інтегральний показник приросту ефекту від застосування методу моделювання;
 t_6, t_4, t_3 – відносні приростні ефекти, що отримуються за допомогою формул (8), (10), (12).

Оцінка ефективності моделювання – дозволяє встановити порівняльні ефекти між отриманими результатами діяльності та затратами на її проведення, а також ступінь повноти отриманих результатів у порівнянні з очікуваними.

Показники результату діяльності можуть виражатись у кількості часу, витраченого на досягнення однакового результату, або як приріст прибутку від діяльності із застосуванням розроблених моделей у вартісному вираженні.

Ефективність процесу моделювання є співвідношенням результату моделювання із затратами на його проведення:

$$E_{мз}^1 = \frac{P_m}{B_m} \cdot 100\%. \quad (14)$$

У (14) $E_{мз}^1$ - ефективність процесу моделювання; P_m – результат дослідження, отриманий із застосуванням моделювання; B_m – сума витрат на дослідження з моделюванням.

Ступінь повноти досягнення результату при застосуванні методу моделювання є співвідношенням отриманого результату із запланованим, тобто порівняння результату з метою дослідження:

$$E_m^2 = \frac{P_m^\phi}{P_m^{пл}} \cdot 100\%. \quad (15)$$

У (15) E_m^2 - ефективність результатів моделювання; P_m^ϕ – фактичний результат діяльності, отриманий із застосуванням нових моделей; $P_m^{пл}$ – запланований результат діяльності із застосуванням нових моделей.

Підхід 2.

Другий підхід до оцінки ефективності математичних моделей базується на застосуванні кількісних оцінок визначальних вимог із числа загальних вимог до математичних моделей, що наведені в табл. 1 [15].

Для оцінки достовірності результатів, отриманих з використанням різних моделей, оцінюється повнота і точність відображення в цих моделях основних особливостей і закономірностей їх роботи (факторів функціонування) з урахуванням їх важливості (значущості).

За наявності готової детальної моделі системи важливість конкретного i -го фактора визначається величиною часткової похідної шуканого показника ефективності системи по i -му фактору в околі очікуваного значення показника. За відсутності детальної моделі системи значення важливості факторів оцінюються експертно. Варіант результатів такої оцінки, що виконаний експертами з використанням 100-бальної шкали оцінювання, який стосується деякого уявного прикладу, представлений у табл. 7.

Достовірність відтворення роботи системи залежить від важливості і способу врахування кожного фактора в моделі і може бути оцінена показником достовірності:

$$R = \begin{cases} 1 - \frac{1}{1+n_p} - \sum_{j=1}^4 \left(\beta_j \cdot \sum_{i \in g_j} \alpha_i \right) & \text{- для статистичних моделей} \\ 1 - \sum_{j=1}^4 \left(\beta_j \cdot \sum_{i \in g_j} \alpha_i \right) & \text{- для аналітичних моделей} \end{cases} \quad (16)$$

де α_i – вага значущості у відносних одиницях i -го параметра або фактора, який враховується в моделі;

g_j – множина факторів, що враховуються в моделі j -м способом узагальнення;

n_p – кількість прогонок моделі для набору статистики;

β_j – відносне середнє значення похибки, яка вноситься у розрахунки внаслідок неточного (узагальненого) урахування параметрів і факторів.

Таблиця 7

Шкала факторів, значущих при моделюванні системи

№ з/п фактора, значущого для моделювання	Вага фактора у відносних одиницях	Номер моделі				
		1	2	3	4	5
1	0,0697	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф
2	0,0679	К	Н	Ф	К	П
3	0,0662	Ф	Н	Ф	К	Ф
4	0,061	Ф	Н	Н	Ф	Ф
5	0,061	П	Н	Н	Н	П
6	0,059	Ф	Н	П	К	Ф
7	0,0575	Ф	Н	П	Ф	П
8	0,054	Ф	Н	Н	Ф	П
9	0,054	Ф	Н	К	К	К
10	0,054	Ф	Н	Ф	Ф	К
11	0,054	К	Н	К	К	Н
12	0,0505	К	Н	Н	Н	П
13	0,04	Ф	Н	Ф	Ф	Ф
14	0,0287	К	Н	К	К	Ф
15	0,0279	Ф	Н	Ф	Ф	П
16	0,0244	К	Н	К	Ф	К
17	0,0244	К	К	Ф	К	Ф
18	0,024	Ф	Н	Ф	Ф	К
19	0,0209	К	К	К	К	К
20	0,0209	К	Н	К	К	П
21	0,0174	Ф	Н	Н	Ф	П
22	0,0157	К	К	К	К	К
23	0,0139	К	Ф	Ф	К	Ф
24	0,013	К	П	К	К	П
25	0,0122	К	Н	К	К	Ф

Значення коефіцієнта β_j , який характеризує спосіб урахування параметрів, при цьому відповідно рівне

$$\beta_j = \begin{cases} 0, & \text{при безпосередньому урахуванні параметра (j=1)(Н);} \\ 0,445, & \text{при простому узагальненні, яке характеризується заміною групи} \\ & \text{однорідних параметрів одним параметром (j=2)(К);} \\ 0,6, & \text{при функціональному узагальненні різномірних параметрів і} \\ & \text{факторів та урахуванні їх у моделі однією представницькою} \\ & \text{величиною (j=3)(Ф);} \\ 1, & \text{при неявному врахуванні параметра або фактора (j=4) .} \end{cases} \quad (17)$$

Обчислення показника R достовірності моделювання для прикладу, що відповідає даним табл. 7, наведено в табл. 8.

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL
«COMPUTER SYSTEMS AND INFORMATION TECHNOLOGIES»

Таблиця 8

Значення показника R достовірності моделювання	
Номер моделі	Значення показника достовірності
1	0,1395
2	0,863
3	0,39
4	0,16
5	0,33

Під оперативністю моделі розуміють можливість отримання і практичного використання результатів моделювання у задані терміни.

Розглянемо часові характеристики застосування декількох умовних моделей. Нехай часові затрати на їх застосування визначені в табл. 9.

Таблиця 9

Часові затрати на застосування моделей та їх комплексів		
Номер моделі	Час циклу моделювання	
	При повному введенні інформації	При корегуванні готових даних
1	60 хв	40 хв
2	60-64 год	0,7-7 год
3	8,5-12 год	35-50 хв
4	26-50 хв	26-50 хв
5	15 хв	3-5 хв

Середнє значення наявного часу для розрахунків по одному варіанту на різних етапах роботи системи наведено в табл. 10.

Таблиця 10

Середнє значення наявного часу для кількісної оцінки одного варіанту дій		
Етапи роботи системи		
Безпосередня підготовка		Реалізація рішення
Оцінка обстановки, прийняття рішення	Планування	
40 хв	4 год	10 хв

Оскільки величини наявного T_p часу і часу T розрахунків на практиці залежать від багатьох непередбачуваних умов і реально є випадковими, показник оперативності кожної моделі оцінюється як ймовірність своєчасного отримання результатів моделювання:

$$P = 1 - e^{-\frac{T_p}{T}} \quad (18)$$

Результати розрахунку показника P оперативності за формулою (18) для даних табл. 9-10 можна оцінити з табл. 11.

Таблиця 11

Значення показника P оперативності застосування моделей						
Номер моделі	Етапи роботи системи					
	Безпосередня підготовка				Реалізація рішення	
	Оцінка обстановки, планування прийняття рішення					
	Підготовка інформації		Підготовка інформації		Підготовка інформації	
	Повна	Корегування	Повна	Корегування	Повна	Корегування
1	0,49	0,632	0,98	0,99	0,15	0,22
2	0,011	0,158	0,064	0,0632	0,0028	0,041
3	0,063	0,61	0,323	0,99	0,016	0,209
4	0,65	0,65	0,99	0,99	0,23	0,23
5	0,93	1,0	1,0	1,0	0,49	0,92

Слід зауважити, що оцінювані моделі можуть відрізнятися одна від іншої кількістю оцінюваних параметрів (показників), що визначає повноту моделювання.

Враховуючи різну вагу $\xi_k, k = \overline{1, Q}$ важливості кожного із Q параметрів ($Q \geq \gamma$), необхідних для прийняття рішення і планування, повнота результатів моделювання може характеризуватись показником

$$W = \sum_{k=1}^{\gamma} \xi_k \cdot R_k \cdot P_k \quad (19)$$

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL
«COMPUTER SYSTEMS AND INFORMATION TECHNOLOGIES»

Показник (19) при $R_k = R, P_k = P$ приймає наступний вигляд:

$$W = R \cdot P \sum_{k=1}^{\gamma} \xi_k. \quad (20)$$

За відсутності даних про вагу шуканих параметрів значення ξ_k можна оцінити, виходячи із припущення про рівну важливість усіх показників, що розраховуються в моделі

$$\xi_k = \xi = \frac{1}{Q}. \quad (21)$$

Тоді, із урахуванням виразу (21)

$$W = \frac{\gamma}{Q} R \cdot P. \quad (22)$$

Застосування формули (22) дозволяє для аналізованого прикладу значення показника ступеню повноти моделювання отримати у вигляді, що може бути оцінений з табл. 12.

Таблиця 12

Значення показника W повноти моделювання

Номер моделі	Етапи роботи системи					
	Безпосередня підготовка				Реалізація рішення	
	Оцінка обстановки, планування прийняття рішення					
	Підготовка інформації			Підготовка інформації		
	Повна	Корегування	Повна	Корегування	Повна	Корегування
1	0,0048	0,0062	0,0096	0,0097	0,0015	0,0027
2	0,0081	0,116	0,047	0,4633	0,0020	0,0296
3	0,0192	0,1904	0,1008	0,3088	0,0049	0,0652
4	0,052	0,052	0,079	0,079	0,0184	0,0184
5	0,231	0,247	0,2475	0,2475	0,1213	0,2277

Тут при розрахунках враховано, що оцінки величини $\frac{\gamma}{Q}$ приймають наступні значення: 0,07; 0,85; 0,8; 0,5; 0,75.

Точність розрахунків характеризується довірчим інтервалом, в якому знаходяться значення розрахованих показників, і довірчою ймовірністю того, що ці значення потраплять у довірчий інтервал. При відсутності вказаних меж довірчого інтервала, строго кажучи, абсолютні значення розрахункових показників втрачають зміст, так як незрозуміло, з якою ймовірністю слід очікувати це значення показника насправді; незрозуміла також величина допустимої похибки оцінки, яка може коливатись в широких межах.

Значення, що наведені в табл. 12, дозволяють перейти до порівняльної оцінки моделей за узагальненим показником ефективності \bar{W} :

$$\bar{W} = \frac{W_o - W_c}{1 - W_c}. \quad (23)$$

Порівняльна оцінка може стосуватися довільної пари моделей. При цьому одна з моделей приймається як існуюча з показником повноти W_c , а друга, як оцінювана з показником повноти W_o .

Наведена методика оцінки ефективності математичних моделей може використовуватись при розробці або виборі моделей, що задовольняють вимогам, які висуваються до них.

Порівняльний аналіз підходів щодо оцінки ефективності математичних моделей.

Наведений вище аналіз дозволяє встановити перелік значущих факторів для вирішення задачі оцінки ефективності математичних моделей та оцінити їх урахування в існуючих підходах.

Вказані положення наведені в табл. 13.

Обґрунтування вибору базової методики для оцінки ефективності математичних моделей.

Аналіз існуючих підходів щодо оцінки ефективності математичних моделей дозволяє зробити висновок про те, що як перший, так і другий підходи мають певні переваги один перед одним.

До числа переваг першого підходу можна віднести:

- можливість кількісної оцінки швидкості створення моделі;
- можливість оцінки матеріальних затрат на створення моделі;
- можливість оцінки приростних ефектів;
- можливість оцінки приросту (економії) витрат внаслідок застосування методу моделювання;

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL
«COMPUTER SYSTEMS AND INFORMATION TECHNOLOGIES»

- можливість оцінки приросту знань, отриманих внаслідок застосування методу моделювання;
- можливість інтегральної оцінки приростних ефектів;
- можливість оцінки ефективності процесу моделювання.

При цьому у першому підході відсутні можливості ефективної оцінки чутливості проблеми до точності її математичного вирішення, а саме, кількісної оцінки врахування таких важливих інструментальних вимог до математичної моделі як достовірність, оперативність і повнота моделювання. Саме ці аспекти мають якісну та кількісну інструментальну реалізацію у другому підході, що визначає його переваги над першим підходом.

Таблиця 13

Перелік значущих факторів для вирішення задачі оцінки ефективності математичних моделей

№з/п	Найменування значущих положень підходу	Підхід	
		перший	другий
1	Можливість кількісної оцінки швидкості створення моделі	+	-
2	Можливість оцінки матеріальних затрат на створення моделі	+	-
3	Можливість оцінки чутливості проблеми до точності її математичного вирішення	-	+
4	Можливість визначення стандартизованого показника експертної оцінки за кожним критерієм	+	+
5	Можливість врахування значущості критеріїв моделі через вагові коефіцієнти	+	+
6	Можливість розрахунку середньої критеріальної оцінки моделі	+	+
7	Можливість оцінки приростних ефектів	+	+/-
8	Можливість оцінки приросту (економії) витрат внаслідок застосування методу моделювання	+	-
9	Можливість оцінки приросту (економії) часу дослідження внаслідок застосування методу моделювання	+	+
10	Можливість оцінки приросту знань, отриманих внаслідок застосування методу моделювання	+	+/-
11	Можливість інтегральної оцінки приростних ефектів	+	+/-
12	Можливість оцінки ефективності процесу моделювання	+	-
13	Можливість оцінки ступеню повноти досягнення результату	+	+
14	Інструментальні особливості реалізації	+	+

Однак, незважаючи на окремі переваги того чи іншого підходу кожен із них має і суттєві недоліки, які впливають на оцінку ефективності моделювання.

До числа таких для першого підходу слід віднести:

- відсутність інструментальної методики оцінки швидкості та матеріальних затрат на створення моделі;

- необґрунтованість виду залежності (5) середньої критеріальної оцінки моделі від стандартизованого показника (3) експертної оцінки за кожним критерієм і значущості критеріїв моделі (4);

- необґрунтованість виду залежності (13) інтегральної оцінки приростних ефектів від відносних приростних ефектів, що отримуються за допомогою формул (8), (10), (12);

- відсутність інструментальної методики оцінки результату дослідження, що отриманий із застосуванням моделювання;

- неможливість використання формули (15) щодо оцінки ступеню повноти досягнення результату моделювання у разі відсутності можливості впровадження моделі в практичну діяльність.

Недоліками другого підходу, зокрема, є:

- необґрунтованість виду залежності (16) для оцінки достовірності моделювання;

- припущення про те, що достовірність результатів моделювання пропорційна кількості врахованих у моделі факторів і параметрів реального процесу. Особливість цих параметрів полягає в тому, що їх значення не точні і покращення достовірності результатів моделювання при збільшенні кількості параметрів реального процесу, які враховуються в моделі, може відбуватися лише до певної межі;

- необґрунтованість відносних середніх значень β_j похибки, яка вноситься у модельні розрахунки внаслідок узагальненого врахування параметрів і факторів;

- однотипність врахування у моделі параметрів і факторів, що визначають умови впливу на досліджуваний об'єкт;

- неможливість абсолютної оцінки повноти моделювання, а не відносної стосовно довільних двох існуючих моделей.

Таким чином, у якості базової методики оцінки ефективності математичних моделей не можна обрати одну із числа наведених в якості окремих підходів. За доцільне вбачається в якості базової розглядати інтегральну комбінацію існуючих підходів, які взаємодоповнюють один інший на макро та мікрорівні. Причому взаємодоповнення має бути як адитивним, так і суперпозиційним завдяки врахуванню значущих положень підходів, що наведені в табл. 13.

Аспекти, які потребують додаткового відображення в базовій методиці оцінки ефективності математичних моделей з позиції створення інформаційно-аналітичної системи.

Проведений порівняльний аналіз підходів щодо оцінки ефективності математичних моделей і визначення базової методики, яка може бути покладена в основу інформаційно-аналітичної системи оцінки ефективності математичних моделей, дозволяють зробити висновок про те, що основними аспектами, які повинні бути враховані при побудові зазначеної системи, є:

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL
«COMPUTER SYSTEMS AND INFORMATION TECHNOLOGIES»

- комплексування існуючих (проаналізованих у даній роботі) підходів оцінки ефективності, які мають взаємодоповнювати одна іншу на макро та мікрорівні;
- створення інструментальної методики оцінки швидкості та матеріальних затрат на створення моделі на основі аналізу та врахування положень алгоритму моделювання, що наведений на рис. 1;
- обґрунтування виду залежності для середньої критеріальної оцінки моделі;
- обґрунтування виду залежності для інтегральної оцінки прирістних ефектів;
- формування інструментальної методики оцінки результату дослідження, що отриманий із застосуванням моделювання;
- обґрунтування виду залежності для оцінки достовірності моделювання;
- перевірка припущення про те, що достовірність результатів моделювання пропорційна кількості врахованих у моделі факторів і параметрів реального процесу;
- обґрунтування відносних середніх значень похибки, яка вноситься у модельні розрахунки внаслідок узагальненого врахування параметрів і факторів;
- обґрунтування залежності для абсолютної оцінки повноти моделювання.

Висновки

Таким чином, проведений аналіз існуючих підходів до оцінки ефективності математичних моделей, а також їх порівняння дозволяють здійснити вибір в якості базового підходу для розробки відповідної інформаційно-аналітичної системи підхід, що полягає в комплексуванні проаналізованих у даній роботі підходів оцінки ефективності, які повинні взаємодоповнювати одна іншу на макро та мікрорівні.

При цьому, основними аспектами, які визначають необхідні напрями удосконалення базового підходу, є аспекти, що пов'язані із створенням інструментальних методик оцінки швидкості та матеріальних затрат на створення моделі і оцінки результату дослідження, що отриманий із застосуванням моделювання, а також із обґрунтуванням аналітичних залежностей для визначення середньої критеріальної оцінки моделі, інтегральної оцінки прирістних ефектів, достовірності моделювання, відносних середніх значень похибки, яка вноситься у модельні розрахунки внаслідок узагальненого врахування параметрів і факторів, залежності для абсолютної оцінки повноти моделювання.

Реалізація вказаних аспектів в запропонованому базовому підході і визначає напрями подальших досліджень.

Література

1. Боровик О. В., Боровик Л. В. Дослідження операцій в оперативно-службовій діяльності органів охорони державного кордону: Підручник. – Хмельницький: Видавництво Національної академії Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького, 2009. – 444 с.
2. Татарinov Ю. Б. Проблема оценки эффективности фундаментальных исследований: Логико-методологические аспекты. – М.: Наука, 1986.
3. Боровик О. В., Боровик Л. В., Трасковецька Л. М. Особливості оцінки ефективності технічних систем за допомогою графоаналітичних діаграм // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Вип. № 43. – К: ВКНУ, 2013. – С. 10-16.
4. Боровик О. В., Боровик Л. В., Трасковецька Л. М. Особливості оцінки ефективності радіотехнічних пристроїв та засобів телекомунікації // Збірник наукових праць № 2 (60). Серія: Військові та технічні науки. – Хмельницький: Вид. НАДПСУ, 2013. – С. 261-270.
5. Даник Ю. Г., Писарчук О. О., Лагодний О. В., Випорхонюк О. В. Математична модель багатокритерійного оцінювання ефективності інтернет-сайтів цільового спрямування // Вісник ЖДТУ. 2016. № 1 (76). – С. 114-120.
6. Боровик О. В., Боровик Л. В., Трасковецька Л. М. Дослідження характеристик ефективності функціонування інформаційно-телекомунікаційної системи «Гарт-1» на основі застосування методів імітаційного моделювання // Збірник наукових праць № 1 (63). Серія: Військові та технічні науки. – Хмельницький: Вид. НАДПСУ, 2015. – С. 167-182.
7. Боровик О. В., Рачок Р. В., Дармороз М. М. Методика оцінки ефективності функціонування однієї вежі системи оптико-електронного спостереження // Збірник наукових праць № 4 (70). Серія: Військові та технічні науки. – Хмельницький: Вид. НАДПСУ, 2016. – С. 208-226.
8. Боровик О. В., Рачок Р. В., Дармороз М. М. Оцінка ефективності функціонування системи оптико-електронного спостереження // Радіоелектроніка, інформатика, управління (РИУ) Вип. № 2(41). – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. – С. 93-99.
9. Боровик О. В., Левков В. В. Оцінка ефективності використання систем електрозабезпечення на основі використання потенціалу відновлюваних джерел енергії для технічних засобів охорони кордону // Збірник наукових праць № 1 (63). Серія: Військові та технічні науки. – Хмельницький: Вид. НАДПСУ, 2015. – С. 183-196.
10. Мазур В. Ю., Боровик О. В. Методичні основи оцінки ефективності функціонування єдиної системи висвітлення надводної обстановки на морській ділянці. – Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України № 2 (31). – Харків: ХНУПС, 2018. – С. 182-189.
11. Боровик О. В., Купельський В. В. Методика оцінки ефективності військових перевезень колоною техніки // Системи озброєння і військова техніка. Вип. № 3(59). – Харків: НУВПС, 2019. – С. 25-35.
12. Боровик О. В., Русаков В. М. Новий підхід до оцінки ефективності управлінської діяльності органу управління // Збірник наукових праць № 36, Ч. 2. – Хмельницький: Вид. НАДПСУ, 2006. – С. 5-8.
13. Боровик О. В., Березенський О. І. Ефективність базової моделі підтримки прийняття рішення начальником відділу прикордонної служби щодо розподілу сил і засобів для організації патрулювання в межах ділянки відповідальності // Збірник наукових праць № 49/1, Ч. 2. – Хмельницький: Вид. НАДПСУ, 2009. – С. 64-68.
14. Шигун М.М. Методика оцінки ефективності економічного моделювання // Міжнародний збірник наукових праць. Випуск 3(6). – С. 167-185.
15. Горднов В. П. Моделирование боевых действий частей, соединений и объединений войск ПВО. Харьков : ВИРТА ПВО, 1987. 383 с.
16. Математичне моделювання: навчальний посібник / В. Г. Маценко. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2014. – 519 с.

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL
«COMPUTER SYSTEMS AND INFORMATION TECHNOLOGIES»

17. Економіко-математичне моделювання: Навчальний посібник / Заред. О. Т. Івашука. – Тернопіль: THEU «Економічна думка», 2008. – 704 с.

References

1. Borovyk O.V., Borovyk L.V. Research of operations in the operational and service activities of state border guards: Textbook. - Khmelnytsky: Publishing House of the National Academy of State Border Guard of Ukraine named after B. Khmelnytsky, 2009. - 444 p.
2. Tatarinov Yu. B. The problem of assessing the effectiveness of fundamental research: Logical and methodological aspects. - M.: Nauka, 1986.
3. Borovyk O.V., Borovyk L.V., Traskovetska L.M. Peculiarities of evaluating the efficiency of technical systems with the help of graphoanalytical diagrams // Collection of scientific works of the Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv.. Vol. № 43. - K: VIKNU, 2013. - P. 10-16.
4. Borovyk O.V., Borovyk L.V., Traskovetska L.M. Peculiarities of evaluation of efficiency of radio engineering devices and means of telecommunications // Collection of scientific works № 2 (60). Series: Military and technical sciences. - Khmelnytsky: Ed. NADPSU, 2013. - P. 261-270.
5. Danyk Yu. G., Pisarchuk O.O., Lagodny O.V., Vyporkhonyuk O.V. Mathematical model of multicriteria evaluation of efficiency of target Internet sites // Visnyk of ZhSTU. 2016. № 1 (76). - P. 114-120.
6. Borovyk O.V., Borovyk L.V., Traskovetska L.M. Research of characteristics of efficiency of functioning of information and telecommunication system "Gart-1" on the basis of application of methods of simulation modeling // Collection of scientific works № 1 (63). Series: Military and technical sciences. - Khmelnytsky: Ed. NADPSU, 2015. - P. 167-182.
7. Borovyk O.V., Rachok R.V., Darmoroz M.M. Methods for assessing the efficiency of one tower of the system of optoelectronic observation // Collection of scientific works № 4 (70). Series: Military and technical sciences. - Khmelnytsky: Ed. NADPSU, 2016. - P. 208-226.
8. Borovyk O.V., Rachok R.V., Darmoroz M.M. Estimation of efficiency of functioning of system of optoelectronic supervision // Radioelektronika, informatics, management (RIU) Vol. № 2 (41). - Zaporozhye: ZNTU, 2017. - P. 93-99.
9. Borovyk O.V., Levkov V.V. Estimation of efficiency of use of power supply systems on the basis of use of potential of renewable energy sources for technical means of protection of border // Collection of scientific works № 1 (63). Series: Military and technical sciences. - Khmelnytsky: Ed. NADPSU, 2015. - P. 183-196.
10. Mazur V. Yu., Borovyk O.V. Methodical bases of an estimation of efficiency of functioning of uniform system of illumination of a surface situation on a sea site. - Science and Technology of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine № 2 (31). - Kharkiv: KhNUPS, 2018. - P. 182-189.
11. Borovyk O.V., Kupelsky V.V. Methods for assessing the effectiveness of military transportation by a column of equipment // Weapons systems and military equipment. Vip. № 3 (59). - Kharkiv: NUVPS, 2019. - P. 25-35.
12. Borovyk O.V., Rusakov V.M. A new approach to assessing the effectiveness of management activities of the governing body // Collection of scientific works № 36, Part 2. - Khmelnytsky: Ed. NADPSU, 2006. - P. 5-8.
13. Borovyk O.V., Berezensky O.I. The effectiveness of the basic model of decision support by the head of the border service on the distribution of forces and means for the organization of patrols within the area of responsibility // Collection of scientific works № 49/1, Part 2. - Khmelnytsky: Ed. NADPSU, 2009. - P. 64-68.
14. Shigun M.M. Methods for assessing the effectiveness of economic modeling // International collection of scientific papers. Issue 3 (6). - P. 167-185.
15. Gorodnov V.P. Modeling of combat actions of units, formations and formations of air defense troops. Kharkov: VIRTА PVO, 1987. - 383 p.
16. Mathematical modeling: a textbook / V.G. Matsenko. - Chernivtsi: Chernivtsi National University, 2014. - 519 p.
17. Economic and mathematical modeling: Textbook / Ed. O.T. Ivashchuk. - Ternopil: TNEU "Economic Thought", 2008. - 704 p.

Надійшла / Paper received: 23.08.2020
Надрукована / Paper Printed : 03.11.2020

Додаток Б (обов'язковий)

Презентація до захисту дипломної роботи

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютерної інженерії та системного програмування

АНАЛІТИЧНА КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

Виконав ст. групи КІ2м-19-1:
Годованець С.М.

Науковий керівник:
д.т.н., проф. Боровик О.В.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

Проблема оцінки ефективності математичних моделей є однією з найбільш актуальних як для конкретних галузей знань, так і в методологічному аспекті. Аналіз значної кількості наукових джерел і математичних моделей свідчить про відсутність єдиних підходів щодо оцінки ефективності математичних моделей. Складність зазначеної проблеми полягає в тому, що визначення більшості показників вимагає знання не тільки загальних методик аналізу, але й глибокого розуміння суті явища, яке вивчається. Це обумовлює необхідність поєднання різних груп знань. Оцінка ефективності математичної моделі в кожному окремому випадку є складним творчим завданням, яке передбачає урахування специфічних особливостей, але таким, що підпорядковане єдиному підходу. Оскільки при дослідженні різних задач доводиться аналізувати велику кількість факторів, параметрів, які визначають або впливають на перебіг досліджуваного процесу чи якості системи, то природним є бажання спростити оцінювання ефективності відповідної математичної моделі. Таке спрощення може полягати у створенні інформаційно-аналітичної системи оцінки ефективності математичних моделей, в основі якої може лежати узагальнений підхід, що містив би універсальні процедури, які б могли адаптуватися на конкретні задачі, що досліджуються.

Отже, актуальним є завдання оцінки можливості та визначення підходів щодо створення системи з ознаками універсальності, яка б могла використовуватись для оцінки ефективності довільної математичної моделі.

ОБ'ЄКТ, МЕТА ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

- ❖ **Об'єктом дослідження** є процес оцінки ефективності математичних моделей.
- ❖ **Предметом дослідження** є системи оцінки ефективності математичних моделей.
- ❖ **Метою роботи** є створення архітектури системи для оцінки ефективності довільних математичних моделей, з реалізованим вдосконаленим методом.

3

Наукова новизна

Вдосконалено метод оцінки ефективності математичних моделей, який базується на комплексуванні існуючих методів та архітектурі системи, один з яких стосується кількісної оцінки значущих вимог до математичних моделей, інший же стосується реалізації етапів оцінки доцільності застосування методу моделювання, оцінки ефективності моделювання та порівняльної оцінки моделей.

4

Практична цінність роботи

Практична цінність роботи полягає в тому, що створена інформаційно-аналітична система з ознаками універсальності, в основі якої лежить вдосконалений метод оцінки ефективності, може використовуватись для оцінки ефективності довільної математичної моделі.

5

Часткові завдання дослідження:

- ❖ Проведення аналізу існуючих методів та засобів оцінки ефективності математичних моделей.
- ❖ Виявлення переваг та недоліків існуючих методів.
- ❖ Розробка вдосконаленого методу оцінки ефективності математичних моделей.
- ❖ Розробка аналітичної комп'ютерної системи, в якій було б реалізовано вдосконалений метод, а також проаналізовані методи.

6

Існуючі методи оцінки ефективності математичних моделей

Багатоваріантність класів математичних моделей обумовлює існування значної кількості методів і засобів для оцінки ефективності їх окремих складових, а також підходів, які можуть бути використані для цього.

Після аналізу навчальної літератури та ряду наукових статей, у яких розглядалися питання оцінки ефективності математичних моделей, виділимо два основних підходи для оцінки ефективності математичних моделей.

Перший підхід

Перший підхід складається з декількох етапів.

А саме: оцінка доцільності застосування методу моделювання, порівняльна оцінка моделей та оцінка ефективності моделювання.

Оцінка доцільності моделювання включає оцінку швидкості та затрат на створення моделі.

Оцінку проводять експертним способом за переліком основних вимог, що висуваються до моделей. Розраховують середню критеріальну оцінку для кожної моделі, і саме по цій оцінці оцінюється найефективніша модель.

Також є можливість оцінки ефективності моделювання, а саме оцінки прирістних ефектів, оцінки самої моделі та оцінки ефективності моделювання.

На цьому етапі визначається ефект від застосування моделі, а саме, визначаючи наступні показники: інтегральна оцінка прирістних ефектів та ефективність процесу моделювання. Порівнюючи їх, можна визначити яка модель найбільш ефективна.

Формули, які використовуються в першому методі

Для визначення стандартизованого показника експертної оцінки:

$$E_{cm}^1 = \frac{E_{max}^{\phi}}{E_{max}^p}$$

Врахування значущості критеріїв моделі через вагові коефіцієнти:

$$E_{cm}^2 = \sum_{i=1}^n E_{cm}^1 k_i$$

Розрахунок середньої критеріальної оцінки моделі:

$$\bar{E}_{cm} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n E_{cm}^2}$$

Другий підхід

Наступний підхід базується на застосуванні кількісних оцінок визначальних вимог із числа загальних вимог до математичних моделей. Для оцінки достовірності результатів, отриманих з використанням різних моделей, оцінюється повнота і точність відображення в цих моделях основних особливостей і закономірностей їх роботи (факторів функціонування) з урахуванням їх важливості (значущості).

Даний метод визначає ефективність математичної моделі за показниками достовірності, оперативності та повноти.

Формули, які використовуються в другому методі

Для визначення показників оперативності, достовірності та повноти потрібно заповнити таблицю, а саме, вказати важливість фактору для кожної моделі.

Значення важливості фактора визначається за допомогою оцінок експертів

Для оцінки достовірності:

$$R = \begin{cases} 1 - \frac{1}{1 + n_p} - \sum_{j=1}^i \left(\beta_j \cdot \sum_{i \in G_j} \alpha_i \right) \\ 1 - \sum_{j=1}^i \left(\beta_j \cdot \sum_{i \in G_j} \alpha_i \right) \end{cases}$$

Для оцінки повноти:

$$W = R \cdot P \sum_{k=1}^{\gamma} \xi_k$$

Для оцінки оперативності:

$$P = 1 - e^{-\frac{T_p}{T}}$$

Існуючі засоби оцінки ефективності математичних моделей

Є цілий ряд математичних пакетів, які реалізують числові методи і аналітичні математичні перетворення.

До таких програм і математичних бібліотек відносяться:

- ❖ MathLab.
- ❖ Maple.
- ❖ Mathematica.
- ❖ MathCAD.

Саме ці програми, як правило, використовуються під час оцінки ефективності математичних моделей

Вдосконалений метод оцінки ефективності математичних моделей

У результаті проведеного дослідження встановлено, що в якості базової методики оцінки ефективності математичних моделей прийнято методику, яка базується на комплексуванні існуючих підходів оцінки ефективності, перший з яких стосується реалізації етапів оцінки доцільності застосування методу моделювання, порівняльної оцінки моделей, оцінки ефективності моделювання, а другий – кількісної оцінки значущих вимог до математичних моделей.

Вказані підходи взаємодоповнюють один інший на макро та мікрорівні за рахунок реалізації властивостей адитивності та суперпозиції значущих положень для моделювання.

Вдосконалений метод оцінки ефективності математичних моделей

При цьому основними аспектами, які використовувались для удосконалення базової методики, є аспекти, що пов'язані із створенням інструментальних методик оцінки швидкості та матеріальних затрат на створення моделі і оцінки результату дослідження, що отриманий із застосуванням моделювання, а також із обґрунтуванням аналітичних залежностей для визначення середньої критеріальної оцінки моделі, інтегральної оцінки приростних ефектів, достовірності моделювання, відносних середніх значень похибки, яка вноситься у модельні розрахунки внаслідок узагальненого врахування параметрів і факторів, залежності для абсолютної оцінки повноти моделювання.

Аспекти, які покладені в основу аналітичної комп'ютерної системи

- ❖ комплексування існуючих підходів оцінки ефективності, які взаємодоповнюють одна іншу на макро і мікрорівні;
- ❖ створення інструментальної методики оцінки швидкості та матеріальних затрат на створення моделі на основі аналізу та врахування положень алгоритму моделювання;
- ❖ обґрунтування виду залежності для середньої критеріальної оцінки моделі;
- ❖ обґрунтування виду залежності для інтегральної оцінки прирістних ефектів;
- ❖ формування інструментальної методики оцінки результату дослідження, що отриманий із застосуванням моделювання;
- ❖ обґрунтування виду залежності для оцінки достовірності моделювання;

15 •

Аспекти, які покладені в основу аналітичної комп'ютерної системи

- ❖ перевірка припущення про те, що достовірність результатів моделювання пропорційна кількості врахованих у моделі факторів і параметрів реального процесу;
- ❖ обґрунтування відносних середніх значень похибки, яка вноситься у модельні розрахунки внаслідок узагальненого врахування параметрів і факторів;
- ❖ обґрунтування залежності для абсолютної оцінки повноти моделювання.

16 •

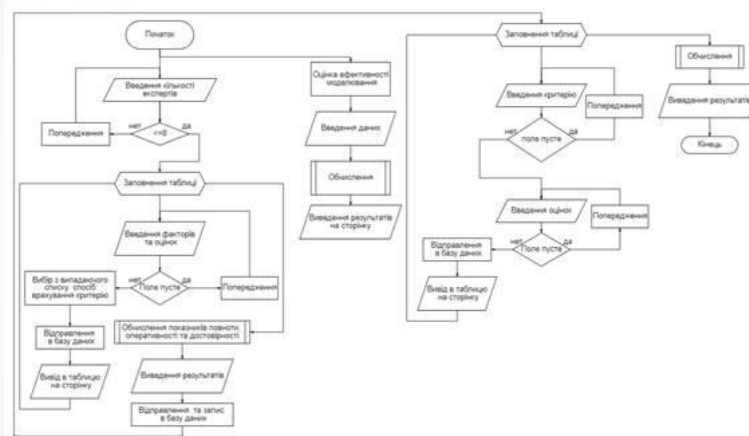
Алгоритми реалізації вдосконаленого методу оцінки ефективності математичних моделей

Формування аналітичної комп'ютерної системи зроблено у вигляді трьох окремих модулів, кожен із яких реалізує один із методів оцінки ефективності моделей з числа проаналізованих в роботі. Вибір окремого модуля здійснюється користувачем.

Для реалізації удосконаленого авторського методу використовуються наступні алгоритми: перевірки введених даних, запису та видалення даних, редагування збережених записів, а також розрахунку ефективності математичних моделей.

17

Алгоритм роботи вдосконаленого методу



Даний метод може бути використаний для оцінки ефективності моделювання, а також для оцінки ефективності математичної моделі.

18

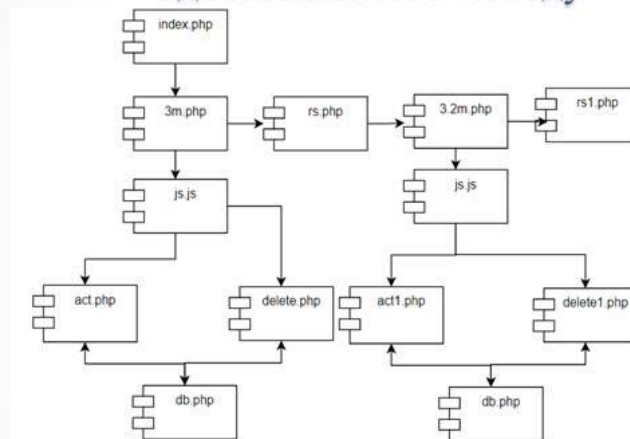
Проектування програмного забезпечення реалізації вдосконаленого методу



На діаграмі прецедентів відображається взаємодія користувача з програмним продуктом. Користувач має можливість вибору методу оцінювання. Також відображено введення та перевірку даних. Після успішної перевірки виконується відправка даних в базу. Далі виконуються обчислення та виведення результату роботи програми.

19

Проектування програмного забезпечення реалізації вдосконаленого методу



Діаграма компонентів

20

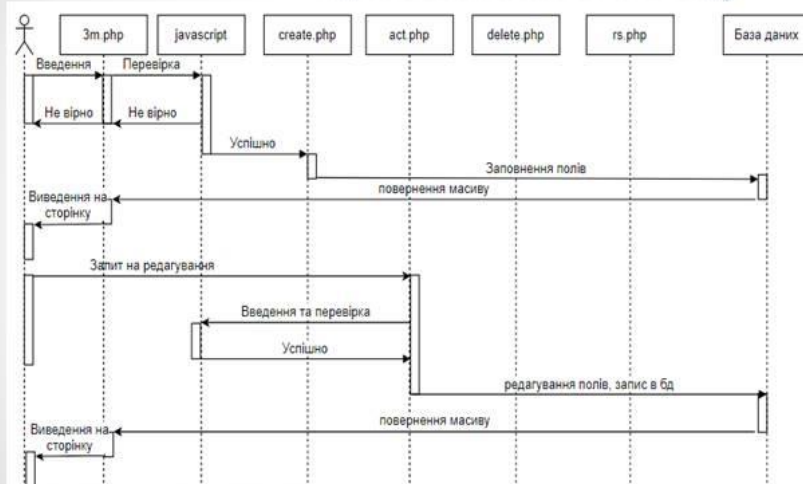
Вдосконалений метод оцінки ефективності математичних моделей

Для більшої зручності вдосконалений метод було розділено на 2 етапи. На етапі 1 потрібно оцінити фактори, що значущі для моделювання, та оцінки експертів для обрахунку показників оперативності, достовірності та повноти моделювання.

На етапі 2 реалізується суперпозиція знайдених показників.

21

Проектування програмного забезпечення реалізації вдосконаленого методу



Діаграма послідовності для першого етапу вдосконаленого методу.

22

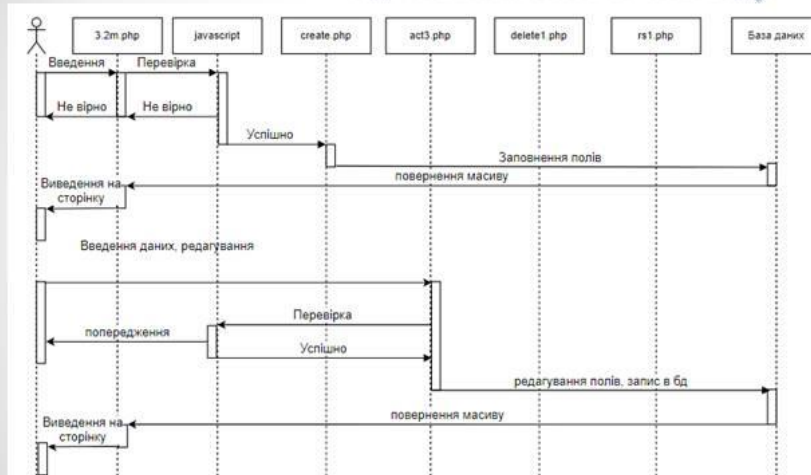
Проектування програмного забезпечення реалізації вдосконаленого методу



Продовження діаграми послідовності для першого етапу вдосконаленого методу.

23

Проектування програмного забезпечення реалізації вдосконаленого методу



Діаграма послідовності для другого етапу вдосконаленого методу.

24

Проектування програмного забезпечення реалізації вдосконаленого методу



Продовження діаграми послідовності для другого етапу вдосконаленого методу.

25

Формули, які використовуються у вдосконаленому методі

Для визначення стандартизованого показника експертної оцінки:

$$E_{cm}^1 = \frac{E_{\max}^{\phi}}{E_{\max}^p}$$

Враховання значущості критеріїв моделі через вагові коефіцієнти:

$$E_{cm}^2 = \sum_{i=1}^n E_{cm}^1 k_i$$

Розрахунок середньої критеріальної оцінки моделі:

$$\bar{E}_{cm} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n E_{cm}^2}$$

26

Реалізація комп'ютерної системи

Логічним завершенням проведених алгоритмізації і проектування програмного забезпечення є реалізація комп'ютерної системи для оцінки ефективності математичних моделей.

Для створення системи оцінки ефективності моделей було використане програмне забезпечення Sublime text, а також була обрана мова програмування php і javascript.

Для візуального оформлення було використано гіпертекстову розмітку html та каскадну таблицю стилів css.

Аналітична комп'ютерна система

Вигляд головної сторінки створеної системи:

Аналітична система оцінки ефективності математичних моделей

[Перейти до 1 методу](#) [Перейти до 2 методу](#) [Перейти до 3 методу](#)

Визначіть кількість експертів (max = 8)

[Зберегти](#)

Кількість експертів = 3

Аналітична комп'ютерна система

[До вибору методу](#)

3 вдосконалений метод

[Перейти до оцінки ефективності моделювання](#)

Додати

Назва:

1 експерт:

2 експерт:

3 експерт:

[Закрити](#)

Введіть критерій та заповніть експертні оцінки (100-бальна система)

№	Фактор	оцінка 1 експерта	оцінка 2 експерта	оцінка 3 експерта		
1	1к	33	76	57	виправити	видалити
2	2к	65	76	56	виправити	видалити
3	3к	76	56	76	виправити	видалити

[Перейти до наступного етапу](#)

29

Аналітична комп'ютерна система

[До вибору методу](#)

3 метод

2 етап

Додати

Критерій:

Важкий коф. значущості критерію:

1 експерт:

2 експерт:

3 експерт:

Рекомендована оцінка експерта:

1 експерт:

2 експерт:

3 експерт:

[Закрити](#)

Готові значення

№	Критерій	Показник		
		1 модель	2 модель	3 модель
1	Достовірність	0.673064	0.836574	0.604134
2	Оперативність	0.393469	0.486393	0.632121
3	Повнота	0.2665797	0.0663246	0.151176

Заповніть експертні оцінки

Для виборг достовірність, повнота та оперативність не потрібно заповнювати рекомендовані оцінки експерта

№	Критерій	Важкий коф. значущості критерію			Рекомендована оцінка експерта				
		1 експерт	2 експерт	3 експерт	1 експерт	2 експерт	3 експерт		
1	Достовірність	86	75	86				виправити	видалити
2	Оперативність	86	75	86				виправити	видалити
3	Повнота	75	85	97				виправити	видалити
4	Швидкість створення	75	74	73	5	4	5	виправити	видалити
5	Простота	76	98	75	4	3	4	виправити	видалити

[Перейти до наступного етапу](#)

30

Аналітична комп'ютерна система

При порівнянні середньої критеріальної оцінки визначається найефективніша модель.

3 метод

[Повернулись до попереднього етапу](#)

Назва	1 модель	2 модель	3 модель
друга критеріальна оцінка	0.67613660400216	0.28104525466392	0.71519086169039
середня критеріальна оцінка	0.13522732080043	0.056209050932783	0.14303817233808

Висновки

У межах магістерської роботи було розглянуто 2 основні методи для оцінки ефективності математичних моделей. Також проведено дослідження і встановлено, що в якості базової методики оцінки ефективності математичних моделей доцільно прийняти методику, яка базується на комплексуванні існуючих підходів оцінки ефективності, перший з яких стосується реалізації етапів оцінки доцільності застосування методу моделювання, порівняльної оцінки моделей, оцінки ефективності моделювання, а другий – кількісної оцінки значущих вимог до математичних моделей.

Була створена аналітична комп'ютерна система оцінки ефективності математичних моделей. В аналітичній комп'ютерній системі оцінки ефективності математичних моделей реалізовано два існуючих методи та третій авторський метод. Користувач має можливість вибору методу для оцінки ефективності математичної моделі та вибору кількості експертів, які будуть залучені до експертної оцінки.



Ім'я користувача:
Кафедра КІ

ID перевірки:
1007980740

Дата перевірки:
23.05.2021 13:34:40 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
23.05.2021 13:35:28 EEST

ID користувача:
100005591

Назва документа: Аналітична комп'ютерна система оцінки ефективності математичних моделей

Кількість сторінок: 76 Кількість слів: 10230 Кількість символів: 78304 Розмір файлу: 1,001.41 KB ID файлу: 1008073020

27.6% Схожість

Найбільша схожість: 24.9% з Інтернет-джерелом (<http://elar.khnu.km.ua/jspui/bitstream/123456789/9955/1/19-%D0%A2..>)

26.2% Джерела з Інтернету

85

Сторінка 78

1.8% Джерела з Бібліотеки

70

Сторінка 78

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

68



Ім'я користувача:
Кафедра КІ

ID перевірки:
1007980740

Дата перевірки:
23.05.2021 13:34:40 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
25.05.2021 09:06:59 EEST

ID користувача:
100005591

Назва документа: Аналітична комп'ютерна система оцінки ефективності математичних моделей

Кількість сторінок: 76 Кількість слів: 10230 Кількість символів: 78304 Розмір файлу: 1,001.41 KB ID файлу: 1008073020

8.72% Схожість

Найбільша схожість: 3.49% з Інтернет-джерелом (<http://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/6579/167.pdf?seq>).

7.38% Джерела з Інтернету 83 Сторінка 78

1.8% Джерела з Бібліотеки 70 Сторінка 78

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнено

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнено

18.8% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

18.8% Вилучення з Інтернету 2 Сторінка 79

Немає вилучених бібліотечних джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 68

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 2.0%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. Ошибок в документах: 5%

ID: 91156 Название: Аналітична комп'ютерна система оцінки ефективності математичних моделей Добавлено в БД: 2021-05-23 Авторы: Годованець С.М. Руководители: Боровик О.В. Консультанты: Опоненты:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	68793	595	2000 (3%)	25 (4%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Дипломник: Годованець С.М.

Тема: Аналітична комп'ютерна система оцінки ефективності математичних моделей.

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг дипломної роботи:

Кількість сторінок записки 113

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень

У магістерській роботі здійснено аналіз існуючих методів та засобів для оцінки ефективності математичних моделей; виявлено переваги та недоліки основних методів для оцінки ефективності; обґрунтований вдосконалений метод оцінки ефективності; обґрунтовані алгоритми та технологія реалізації удосконаленого методу; створена аналітична комп'ютерна система з ознаками універсальності, з можливістю проводити оцінку ефективності довільної математичних моделей.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню

Магістерська робота виконана у відповідності до дипломного завдання.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи:

У першому розділі було розглянуто основні положення про моделі та їх класифікацію. Автор, після аналізу літератури зробив висновок про те що на даний час не існує єдиного підходу для визначення ефективності математичних моделей. Описані основні положення основних методів для оцінки ефективності та розглянуто пакети прикладного програмного забезпечення, які реалізують числові методи і аналітичні математичні перетворення.

У другому розділі автор встановив що в якості базової методики оцінки ефективності математичних моделей можна прийняти методику, що базується на об'єднанні існуючих методів, які повинні взаємодоповнювати один одного.

У третьому розділі розроблено архітектуру програмного забезпечення для реалізації вдосконаленого методу та побудовано алгоритми функціонування аналітичної комп'ютерної системи оцінки ефективності математичних моделей. Також, були спроектовані блок-схеми та UML-діаграми для схематичного відображення програмного забезпечення.

У четвертому розділі на основі проектування програмного забезпечення автором була створена аналітична комп'ютерна система, в основі якої лежить вдосконалений метод оцінки ефективності математичних моделей, яка може використовуватись для оцінки ефективності довільних математичних моделей. Окрім вдосконаленого методу, в програмному забезпеченні реалізовані окремо методи оцінки, з яких складається вдосконалений метод.

Робота базується на останніх дослідженнях у предметній області.

4. Позитивні сторони роботи:

Робота містить усі складові елементи, які дозволяють робити висновок про фахову компетентність випускника за спеціальністю.

5. Негативні сторони роботи:

Програмне забезпечення досліджуваної задачі варто було б сформувати більш універсальним.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи:

Пояснювальна записка та графічні матеріали оформлені у відповідності до вимог, що висуваються до такого роду документів.

7. Відгук про роботу в цілому:

Робота виконана на належному науково-методичному рівні та містить нові наукові положення.

8. Інші зауваження: _____

9. Оцінка дипломної роботи: добре

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

Клюш Юрій Павлович, к.т.н., доцент,
завідувач кафедри КБКСТ

« 25 05 2021 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КІСП
д-р.техн.наук, проф. Говорушенко Т. О.

Годованець Станіслав Михайлович
ПІБ здобувача вищої освіти

ФПКТС, 2 курсу, групи КІ2М-19-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіатоповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

26.05.2021

дата



підпис

РИШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА СИСТЕМНОГО ПРОГРАМУВАННЯ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Аналітична комп'ютерна система оцінки ефективності математичних моделей

Автор: Годованець Станіслав Михайлович

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія та програмування

Освітня програма: освітньо-наукова

Науковий керівник: Боровик Олег Васильович, д.т.н, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та дорпрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, перебачувані спроби укривтя запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

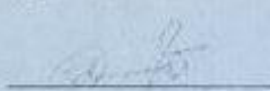
- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 8.72% і адресується до 66 періоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

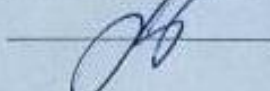
Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІСП


О.В. Боровик


О.С. Савенко


Т.О. Говорущенко