Звіт
про результати виконання науково-дослідних,
дослідно-конструкторських робіт чи окремих їхніх етапів,
що виконуються частково або повністю за рахунок бюджетних коштів

Західноукраїнський національний університет

ЗАТВЕРДЖУЮ
Ректор
_____

(підпис) Оксана ДЕСЯТНЮК

М. П. *(за наявності)*

Остаточний звіт про результати виконання науково-дослідної роботи

Фундаментальне дослідження

«Математичне та комп’ютерне моделювання об’єктів з розподіленими параметрами на основі поєднання онтологічного та інтервального аналізу»

Науковий керівник роботи _____ Дивак Микола Петрович

(підпис)

Рік завершення роботи (або етапу) 2024

Підготовку звіту завершено 2024-12-31 р.

1. Номер державної реєстрації роботи:0122U001497

2. Номер договору, за яким надається фінансування (за наявності):

3. Науковий напрям, до якого відноситься робота:

7. Інформаційні технології та електроніка

4. Найменування організації — виконавця роботи:

Західноукраїнський національний університет

5. Власне ім’я та прізвище наукового керівника наукової (науково-технічної) роботи:

Дивак Микола Петрович

6. Місце основної роботи наукового керівника:

Західноукраїнський національний університет

7. Терміни та тривалість виконання роботи:

Тривалість роботи 36 місяців

Початок 2022-01-01

Закінчення 2024-12-31

Тривалість звітного етапу 36 місяців

Початок 2022-01-01

Закінчення 2024-12-31

8. Обсяги фінансування роботи:

Загальний обсяг фінансування:

за запитом (заявкою) 1900 тис. грн

фактичний 1235.682 тис. грн

Обсяг фінансування звітного етапу:

за запитом (заявкою) 1900 тис. грн

фактичний 390 тис. грн

9. Перелік виконавців з оплатою праці (прізвище, ім’я та по батькові (за наявності), посада за основним місцем роботи, або посада за цивільно-правовим договором), окремо зазначаються молоді вчені, студенти, аспіранти (за наявності) ***(Додаток А до звіту)*.**

№	П.І.Б.	посада за основним місцем роботи	посада за НДР (або договір ЦПХ)
1	ДИВАК Микола Петрович	Проректор з наукової роботи	Провідний науковий співробітник
2	ПУКАС Андрій Васильович	Завідувач кафедри комп'ютерних наук	Провідний науковий співробітник
3	МЕЛЬНИК Андрій Миколайович	Професор кафедри комп'ютерних наук	Старший науковий співробітник
4	ПАСІЧНИК Роман Мирославович	Професор кафедри економічної кібернетики та інформатики	Провідний науковий співробітник

5	МАНЖУЛА Володимир Іванович	Доцент кафедри комп'ютерних наук	Старший науковий співробітник
6	СПІВАК Ірина Ярославівна	Доцент кафедри комп'ютерних наук	Старший науковий співробітник
7	ПОРПЛИЦЯ Наталія Петрівна	Доцент кафедри комп'ютерних наук	Старший науковий співробітник
8	МАСЛИЯК Юрій Богданович	Доцент кафедри комп'ютерних наук	Старший науковий співробітник
9	ТИМЧИШИН Василь Степанович	Старший викладач кафедри комп'ютерних наук	Старший науковий співробітник
10	ЗАБЧУК Вадим Володимирович	Молодший науковий співробітник	Молодший науковий співробітник
11	РОМАНЕЦЬ Ігор Євгенович	Директор навчально-наукового центру інформаційних технологій	Молодший науковий співробітник
12	ЮШКО Андрій Васильович	Студент/Лаборант	Лаборант/Науковий співробітник
13	ШПАК Володимир Богданович	Викладач кафедри комп'ютерних наук	Науковий співробітник
14	ВОЙТЮК Ярослав Іванович	Аспірант кафедри комп'ютерних наук	Молодший науковий співробітник
15	СМАЛЬ Віталій Іванович	Викладач кафедри комп'ютерних наук	Молодший науковий співробітник
16	ШЕВЧУК Руслан Петрович	Доцент кафедри комп'ютерних наук	Старший науковий співробітник
17	МАЦУК Андрій Ростиславович	Студент	Лаборант
18	ПЕТРОВСЬКИЙ Юрій Миколайович	Студент	Лаборант

10. Стислий зміст роботи в цілому (актуальність, мета, основні завдання, ідеї, гіпотези тощо)*:*

Комп’ютерні (дискретні) моделі об’єктів з розподіленими параметрами у вигляді інтервальних різницевих рівнянь набули широкого використання у різних прикладних сферах: військового застосування - рої ударних безпілотних літальних апаратів, безпілотних апаратів наземного, надводного та підводного використання; екології – процеси розподілу та динаміки забруднення атмосфери, ґрунтів та ґрунтових вод; медичного застосування - просторово-розподілені характеристики тканин живих організмів та людини, які слугують засобами підтримки прийняття рішень під час проведення хірургічного втручання. Разом з тим, таке представлення моделей вимагає застосування складних методів структурної та параметричної ідентифікації. Одним із напрямків зниження обчислювальної складності цих методів є застосування знань у вигляді онтологічного опису як предметної області для об’єкта моделювання так і онтологічного опису самих процесів математичного моделювання на основі інтервальних даних. Таким чином, розроблення методів та засобів побудови дискретних моделей об’єктів з розподіленими параметрами у вигляді інтервальних різницевих рівнянь на основі поєднання онтологічного підходу та аналізу інтервальних даних при забезпеченні її заданих прогностичних властивостей є актуальною проблемою, розв’язання якої є метою проєкту. Основна ідея проекту полягає у поєднанні онтологічного підходу та методів аналізу інтервальних даних, щоб вирішити основне протиріччя у процесі розроблення та застосування дискретних моделей об’єктів з розподіленими параметрами, яке полягає у необхідності розширення умов застосування моделі для прогнозування та прийняття рішень, при збереженні адекватності та заданої точності моделі і одночасно зниження обчислювальної складності при її ідентифікації. Робочі гіпотезами полягають у використанні методів аналізу інтервальних даних на підставі припущення, що точність математичної моделі повинна бути співмірна із точністю результатів експерименту, які представлено у вигляді числових інтервалів, що гарантовано включають спостережувані значення характеристик об'єкта. Також, що зміна умов проведення експерименту, зазвичай призводить до розширення цих інтервалів. Іншою робочою гіпотезою є те, що онтологічний опис предметної області моделювання дає можливість формалізувати та розширити умови використання інтервальної моделі, налаштовуючи її структуру та параметри гібридними методами із використанням онтологічного опису з метою підвищення прогностичних властивостей моделі та зниження обчислювальної складності методів ідентифікації.
Об’єкт дослідження: Процеси в об’єктах з розподіленими параметрами
Предмет дослідження. Дискретні моделі об’єктів з розподіленими параметрами, методи їх побудови та застосування на основі поєднання онтологічного підходу та аналізу інтервальних даних
Метою проекту є розроблення методів та засобів побудови дискретних моделей об’єктів з розподіленими

параметрами у вигляді інтервальних різницевих рівнянь на основі поєднання онтологічного підходу та аналізу інтервальних даних для розширення сфери та умов застосування моделі при забезпеченні її заданих прогностичних властивостей.
Для досягнення поставленої мети необхідно розв’язати завдання, зазначені у п.14.1

11. Основні результати виконання попереднього (за наявності) етапу:

На першому етапі виконання проекту проведено аналіз існуючих методів розробки дискретних моделей об’єктів на основі експериментальних даних в умовах невизначеності. Спочатку розглянуто особливості побудови систем, орієнтованих на знання та моделі, зокрема моделі об’єктів з розподіленими параметрами. Встановлено, що СПР, які найбільше підходять для підтримки прийняття рішень в різних предметних областях, зокрема для військових застосувань, медицини та екології, а особливо враховуючи умови невизначеності процесів у даних предметних областях – СПР, що керуються даними, моделями та знаннями. Невід’ємною компонентою зазначених типів СПР є математичні моделі, а виходячи із специфіки досліджуваних в роботі предметних областей, саме застосування математичного моделювання дозволить отримувати необхідні управлінські рішення, виходячи із складності об’єкта. Далі, здійснено аналіз підходів до математичного моделювання складних об'єктів, зокрема дедуктивного та індуктивного. Встановлено, що для досліджуваних складних об’єктів переважно експериментальні дані формуються з вимірювальних пристроїв, що мають визначені похибки вимірювань. Для врахування невизначеності в експериментальних даних необхідно використовувати методи, які грунтуються на інтервальному аналізі даних. Наведено постановки задач структурної та параметричної ідентифікації моделей статичних об’єктів та об’єктів з розподіленими параметрами. Показано, що при розв’язуванні задач структурної ідентифікації інтервальних моделей складних об’єктів використовують методи, які ґрунтуються на самоорганізації мультиагентних систем, де одним з найчастіше використовуваних методів є метод на основі поведінковій моделі бджолиної колонії. Наведено алгоритм реалізації цього методу. Основною проблемою використання цих методів є відсутність знання-орієнтованого підходу з відповідним декларативним онтологічним описом, що не дозволяє розробляти програмні середовища як інструментальні засоби. Встановлено, що у задачі структурної ідентифікації основною проблемою є формування множини потенційних структурних елементів моделі різницевого (дискретного) рівняння, яка являє собою математичну модель об'єкта. Цю задачу можна вирішити за допомогою онтологічного опису предметної області моделювання, тобто операційної онтології. Таким чином, рішення цих проблем дозволить зменшити складність процедури моделювання та отримати адекватні моделі з гарантованими прогностичними властивостями.

12. Номер та назва звітного етапу (за наявності):

13. Опис процесу реалізації (хід виконання, які дослідження проводились, які методики використовувались тощо) роботи за звітним етапом:

Опис процесу реалізації проєкту та результати на першому етапі наведено у п.11.

На другому етапі досліджень запропоновано концепцію ідентифікації інтервальних дискретних моделей складних об’єктів, яка передбачає поєднання методів аналізу інтервальних даних, знання-орієнтованого підходу як до опису предметної області досліджуваного об’єкта так і області побудови даного класу математичних моделей із використанням онтології, що у сукупності створило можливість розробки нових, більш ефективних з обчислювальної точки зору методів структурної та параметричної ідентифікації інтервальних дискретних моделей об’єктів. Обґрунтовано та побудовано гібридний метод структурної та параметричної ідентифікації інтервальних моделей складних об’єктів, який ґрунтується на поєднані методів інтервального аналізу, поведінкових моделей бджолиної колоній та знання-орієнтованому підході опису предметної області об’єктів на основі онтології, що у сукупності забезпечило зниження обчислювальної складності структурної ідентифікації. У результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що гібридний метод ідентифікації інтервальних моделей складних об’єктів має вищу ефективність у порівнянні з відомими методами ідентифікації, а при знаходженні структури моделі у репозиторії для подібних за функціонуванням об’єктів обчислювальна складність зменшується за рахунок уникнення процедури структурної ідентифікації.

На третьому етапі проєкту розроблено та описано архітектуру програмного комплексу для математичного моделювання на основі інтервального аналізу та онтологічного підходу. За допомогою UML діаграм активностей базових процесів, Use-case діаграми системи, діаграм послідовності, діаграм діяльності, діаграми комунікації, діаграми класів, діаграми компонентів програмного комплексу, діаграма розгортання сформовано основні вимоги до програмного комплексу. Такий підхід дозволив значно спростити процес розробки та використання напрацьованої бази математичних моделей для дослідження складних об’єктів в різних предметних областях. Описано особливості реалізації програмного комплексу, зокрема використано об’єктно-орієнтований підхід до програмування з використанням технології Spring Framework на мові програмування Java, а також інтерпретатором Python. В якості Python інтерпретатора було обрано Jython, який повністю написаний на Java і добре підходить для реалізації спеціалізованих аплетів. Онтологічний підхід програмно імплементовано до формалізації як самих математичних

моделей на основі інтервальних даних, так і формалізації особливостей їх використання. Такий підхід дозволяє значно спростити процес створення математичної моделі, маніпулювання, повторного використання та апробації у реалізованому програмному середовищі, так і спрощує процес синхронізації у відповідних зовнішніх програмно-інтерпретованих середовищах.

Проведено апробацію розроблених нових й удосконалених методів та програмного комплексу для розв'язування прикладних задач побудови моделей характеристик складних об'єктів в умовах інтервальної невизначеності. Ефективність запропонованих алгоритмів підтверджено результатами обчислювальних експериментів та впровадженням на ряді підприємств та організацій, перелік яких наведено у п.16, що підтверджено Актами про впровадження.

14. Результати виконання звітного етапу відповідно до технічного завдання/календарного плану:

14.1 Заплановані завдання роботи (звітного етапу) *(перерахуйте завдання звітного етапу, окреслені у запиті (технічному завданні/ календарному плані) роботи, до 40 рядків)*:

- провести аналіз існуючих методів розробки дискретних моделей об'єктів на основі експериментальних даних в умовах невизначеності - виконано;
- проаналізувати методи онтологічного підходу, які націлені на підвищення точності відображення властивостей об'єктів в умовах невизначеності - виконано;
- розробити концепцію побудови математичних та комп'ютерних моделей із застосуванням та поєднанням методів аналізу інтервальних даних та методів онтологічного аналізу з метою підвищення прогностичних характеристик моделей – виконано;
- на основі створеної концепції розробити гібридні методи структурної та параметричної ідентифікації моделей об'єктів з розподіленими параметрами у вигляді інтервальних різницевих рівнянь, які використовують як алгоритми штучної бджолиної колонії так і методи онтологічного підходу- виконано;
- розробити комплексне програмне середовище для моделювання об'єктів з розподіленими параметрами у вигляді інтервальних різницевих рівнянь на основі поєднання онтологічного підходу та аналізу інтервальних даних – виконано;
- розробити комплекси комп'ютерних моделей у вигляді інтервальних різницевих рівнянь для моделювання об'єктів з розподіленими параметрами у сферах військового призначення, охорони довкілля та медицини та провести їх апробацію - виконано.

14.2 Отримані результати роботи (звітного етапу) *(опишіть результати, отримані виконавцями протягом звітного періоду, посилаючись на заплановані та досягнуті цілі, задачі та індикатори виконання, згадані в технічному завданні/календарному плані роботи. Додайте посилання на публікації у наукових виданнях, інші показники з п. 18, що є підтвердженням досягнення результатів виконання етапу, якщо такі показники передбачені)*:

Розроблено концепцію ідентифікації інтервальних дискретних моделей складних об'єктів на основі поєднання методів аналізу інтервальних даних, знання-орієнтованого підходу як до опису предметної області досліджуваного об'єкта так і області побудови даного класу математичних моделей із використанням онтології.
Розроблено новий гібридний метод структурної та параметричної ідентифікації інтервальних дискретних моделей складних об'єктів, який на відміну від існуючих в тому числі і зарубіжних аналогів, ґрунтується на поєднані методів інтервального аналізу, поведінкових моделей бджолиної колоній та знання- орієнтованому підході опису предметної області об'єктів на основі онтології, що у сукупності забезпечило зниження обчислювальної складності структурної ідентифікації. У результаті порівняння з відомими методами структурної ідентифікації встановлено, що розроблений гібридний метод ідентифікації інтервальних моделей складних об'єктів значно ефективніший, а при знаходженні структури моделі у репозиторії для подібних за функціонуванням об'єктів обчислювальна складність зменшується у 18795 разів за рахунок уникнення процедури структурної ідентифікації.
Удосконалено метод структурної ідентифікації дискретних моделей складних об'єктів на основі обчислювальних процедур адаптивного налаштування вибору структурних елементів. Показано спосіб встановлення для кожного елемента множини структурних елементів ймовірності вибору будь-якого елемента і на основі зміни цього розподілу на різних фазах поведінкової моделі бджолиної колонії. На тестових прикладах показано, що при реалізації цього методу досягається зниження обчислювальної складності у порівнянні із відомим методом на 4% для задач з невеликою розмірністю, а саме для 2 параметрів моделі, а із зростанням розмірності задачі до 6 параметрів досягається зниження обчислювальної складності у порівнянні із відомим методом на 21.48%.
У результаті проведених експериментів встановлено, що із збільшенням розмірності та складності задачі ідентифікації ефективність застосування процедури адаптивного налаштування вибору структурних елементів суттєво зростає.
Запропоновано підхід до побудови математичних та комп'ютерних моделей із застосуванням та поєднанням методів аналізу інтервальних даних та методів онтологічного аналізу з метою підвищення прогностичних характеристик моделей. Це дозволило значно спростити процес побудови математичної моделі, шляхом маніпулювання нелінійним елементом інтервальної дискретної моделі з метою повторного використання, підвищення прогностичних характеристик моделей та апробації у відповідних зовнішніх програмно-інтерпретованих середовищах.

Запропонована онтологічна надбудова для математичного моделювання об’єктів на основі інтервальних даних дає можливість генерувати засоби у вигляді програмного забезпечення для побудови інтервальних моделей.
З іншого боку, за наявності раніше побудованих інтервальних дискретних моделей онтологічна надбудова дає можливість створити репозиторій цих моделей, а також керувати цим репозиторієм. У цьому випадку він служить «перемикачем», який вибирає найбільш точну і адекватну модель зі сховища раніше створених моделей. Переваги запропонованого підходу проілюстровано на прикладі моделювання процесів забруднення повітря шкідливими викидами автотранспорту. Зокрема, приклад ілюструє «перемикання» вибору математичної моделі на основі інтервальних даних залежно від зміни предметних характеристик моделі. Перемикання відбувається шляхом зміни умов середовища моделювання.
Розроблено комплексне програмне середовище для математичного моделювання складних об’єктів на основі інтервальних дискретних моделей складних об’єктів, яке, на відміну від існуючих, ґрунтується на знання-орієнтованому підході опису області побудови даного класу математичних моделей із застосуванням онтології, що забезпечує його адаптацію та інтерпретацію в програмний код під задану предметну область та під конкретні вимоги користувача, а також забезпечує спрощення доступу користувачів до запропонованих засобів моделювання. Запропоновано відкриту архітектуру такого середовища та показано особливості його реалізації на основі об’єктно-орієнтованого підходу за допомогою технології Spring Framework на мові програмування Java із використанням, а також інтерпретатором a Python. Розроблено репозиторій інтервальних моделей складних об’єктів, який вміщує онтологічний опис як предметної області їх застосування, так і умови розробки цих моделей, що забезпечило підвищення ефективності розробки зазначеного класу математичних моделей для користувачів.
Апробовано нові й удосконалені методи та розроблене комплексне програмне середовище для розв’язування прикладних задач побудови комплексів моделей характеристик складних об’єктів в умовах інтервальної невизначеності, у сферах військового призначення, охорони довкілля та медицини, які, на відміну від існуючих, мають вищі прогностичні характеристики, придатні для більш ширших умов застосування при спрощенні обчислювальної складності оперування цими моделями.
Ефективність запропонованих алгоритмів підтверджено результатами обчислювальних експериментів та впровадженням на ряді підприємств та організацій.
Найбільш вагомі результати проєкту захищено як об’єкти права інтелектуальної власності, а саме:
1. Шевчук, Р., Романюк, О., Ткаченко, О., Круподьорова, Л., Романюк, О., Барчук, Н., Гаврилюк, О. (2023). Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 116000. Комп'ютерна програма «Комп'ютерна програма для перспективно-коректного текстурування». Державна організація "Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій". 2023.
2. Шевчук Р., Романюк О., Козубенко М., Захарчук М., Рейда О., "Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 115783. Комп'ютерна програма «Комп'ютерна програма для визначення спекулярної складової кольору з використанням модифікованої моделі Шліка»". Державна організація "Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій". 2023.
3. Манжула В. І., Дивак М. П. Патент на корисну модель № 159414. Спосіб забезпечення стабільності процесу бродіння в реакторах першого етапу переробки. 2025 (Дата подання заявки 01.04.2024 р.).
Значна частина результатів проєкту комерціалізовано, зокрема при виконанні наступних госпдоговорів:
1. Моделювання динаміки процесів у біогазових установках. Державний реєстраційний номер 0123U103785. Науковий керівник: Дивак М. П. (100 тис. грн.)
2. Комплексна розробка та SEOналаштування публічного сайту ПрАТ «Тернопільміськгаз» з модулями особистого кабінету та подачі показників непобутовими споживачами. Науковий керівник: Пукас А.В. (Договір №КН-17-2023 на надання науково-професійних послуг з ПрАТ «Тернопільміськгаз» від 01.03.2023 р., 40 тис. грн.)
3. Науково-професійні послуги з розробки програмно-апаратного комплексу для моделювання характеристик тканин хірургічної рани в процесі операції на щитоподібній залозі. Науковий керівник: Пукас А.В. Договір №КН-57-2023 на надання науково-професійних послуг з ФОП Вдовиченко Н.С. від 25.10.2023 р., 270 тис. грн.)
4. Послуги з розробки модуля відслідковування заявок користувачів на розробку технічної документації. Науковий керівник: Пукас А. В. (Договір № КН-69-2023 на надання науково-професійних послуг з ПАТ «Тернопільміськгаз» від 14.12.2023 р., 10 тис. грн.).
5. Послуги з розробки та налаштування прикладного програмного інтерфейсу для взаємодії веб-сайту ЦНАП Тернопільської міської ради з іншим програмним забезпеченням, впровадження модулів захисту від ботів та оптимізації системи управління електронною чергою (згідно ДК 021:2015: 72230000-6 Послуги з розробки програмного забезпечення на замовлення). Науковий керівник: Пукас А. В. (Договір № КН-34-2023 на надання науково-професійних послуг з Тернопільською міською радою від 07.06.2023 р., 41 тис. грн.)
6. Розробка системи менеджменту інформаційної безпеки підприємства. Науковий керівник: Пукас А. В. (Договір №КН-56-2024 на надання науково-професійних послуг з ТОВ «Цифрові інновації» від 20.08.2024 р., 140 тис. грн.)
Матеріали науково-дослідної роботи було представлено на таких міжнародних наукових конференціях: International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM), International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine (IDDM). У підсумку виконаної науково-дослідної роботи опубліковано наукову монографію та навчальний посібник.

14.3 Відхилення від календарного плану (за наявності) *(вкажіть та детально обґрунтуйте можливі відхилення від технічного завдання/календарного плану та їх потенційний вплив на подальше виконання роботи)*:

Відхилень немає.

15. Наукова цінність і актуальність отриманих результатів (науково-технічної продукції), їх порівняння з українськими та/або кращими закордонними аналогами *(до 40 рядків тексту)*:

1) запропоновано та обґрунтовано концепцію ідентифікації інтервальних дискретних моделей складних об’єктів, яка передбачає поєднання методів аналізу інтервальних даних, знання-орієнтованого підходу як до опису предметної області досліджуваного об’єкта так і області побудови даного класу математичних моделей із використанням онтології, що у сукупності створило можливість розробки, у порівнянні із існуючими зарубіжними аналогами, більш ефективних, з обчислювальної точки зору методів структурної та параметричної ідентифікації інтервальних дискретних моделей об’єктів;
2) запропоновано та обґрунтовано новий гібридний метод структурної та параметричної ідентифікації інтервальних дискретних моделей складних об’єктів, який на відміну від існуючих в тому числі і зарубіжних аналогів, ґрунтується на поєднані методів інтервального аналізу, поведінкових моделей бджолиної колоній та знання- орієнтованому підході опису предметної області об’єктів на основі онтології, що у сукупності забезпечило зниження обчислювальної складності структурної ідентифікації;
3) удосконалено метод структурної ідентифікації інтервальних дискретних моделей складних об’єктів, який на відміну від існуючих, містить обчислювальні процедури адаптивного налаштування вибору структурних елементів у спосіб встановлення для кожного елемента множини структурних елементів ймовірності вибору будь-якого елемента і на основі зміни цього розподілу на різних фазах поведінкової моделі бджолиної колонії, що у сукупності знижує обчислювальну складність реалізації методу;
4) розроблено комп’ютерне середовище для математичного моделювання на основі інтервальних дискретних моделей складних об’єктів, яке на відміну від існуючих ґрунтується на знання-орієнтованому підході опису області побудови даного класу математичних моделей із застосуванням онтології, що забезпечує його адаптацію та інтерпретацію в програмний код під задану предметну область та під конкретні вимоги користувача;
5) набули подальшого розвитку репозиторії інтервальних дискретних моделей забруднення атмосфери автотранспортом, інтервальні моделі моделювання рою БПЛА та моделі візуалізації зворотного гортанного нерву під час операції на щитовидній залозі, які, на відміну від існуючих, вміщують онтологічний опис як предметної області їх застосування, так і умови розробки цих моделей, що у сукупності спрощує процедури розробки зазначеного класу математичних моделей для користувачів;
6) розроблено інтервальні моделі залежності pH середовища у ферментаторі біогазової установки від складу завантаженої у біореактор сировини та технологічних параметрів процесу виробництва біогазу на основі багатокомпонентного субстрату, що уможливило визначення допустимих варіацій значень pH середовища в залежності від співвідношення сухої та рідкої фракції сировини для забезпечення стабільності процесу бродіння у ферментаторі;
7) набули подальшого розвитку інтервальні моделі генерованої електроенергії малою гідроелектростанцією в залежності від характеристик її гідротехнічних споруд, які, на відміну від існуючих, отримані у вигляді нелінійного алгебричного рівняння, що уможливило забезпечення ефективного функціонування МГЕС на основі використання наявних гідроресурсів;
8) набули подальшого розвитку математичні моделі розподілу концентрації сполук азотної кислоти та супутніх солей у ґрунтах у вигляді диференціальних рівнянь з розподіленими параметрами за початкових умов, визначених за результатами вимірювань концентрацій діоксиду азоту у вихлопних газах автотранспорту.

(за необхідності, можуть наводитись дані у вигляді таблиць, рисунків, формул, графіків, діаграм, креслень тощо).

16. Практична цінність результатів для потреб оборони, безпеки, економіки та/або суспільства України (у разі наявності):

Практичне значення результатів проєкту полягає у створенні багатофункціонального програмного комплексу, який реалізує методи побудови інтервальних моделей складних об’єктів, а саме методи їх структурної та параметричної ідентифікації на основі аналізу інтервальних даних, реалізовані на основі поведінкових моделей бджолиної колонії та онтологічному підході. Програмний комплекс використано при побудові широкого класу моделей у військовій сфері, екології, медицині, веб-орієнтованих інформаційних системах, інженерії програмного забезпечення, відновлювальній енергетиці. Результати проєкту, отримані виконавцями Мельником А.М., Манжулою В.І., Тимчишином В.С. і Забчуком В.В., захищені як часткові результати дисертаційних робіт та впроваджені: у Тернопільському міському відділі державної установи «Тернопільський обласний лабораторний центр МОЗ України» для підтримки прийняття рішень щодо забруднення атмосферного повітря у м. Тернопіль; у державній установі «Тернопільський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров’я

України» при удосконаленні системи контролю та моніторингу ґрунтів та ґрунтових вод у Тернопільській області; у Тернопільській міській комунальній лікарні швидкої допомоги при проведенні операцій на щитовидній залозі, у Тернопільській міській комунальній лікарні №2 при інтраопераційній ідентифікації нервів гортані при проведенні операцій тиреоїдектомій; у відділі «Центр надання адміністративних послуг» Тернопільської міської ради для побудови оптимального розкладу публікацій спеціалізованої групи для максимізації кількості реакцій на повідомлення на заданому інтервалі часу; в департаменті цифрової трансформації Тернопільської обласної державної адміністрації при впроваджені сервісно-орієнтованих корпоративних систем; у ТОВ «Теофіпольська енергетична компанія» для забезпечення стабільності бродіння в біореакторах першого етапу, а також для автоматичного налаштування параметрів біогазової установки в реальному часі на будь-якому етапі технологічного процесу виготовлення біогазу без залучення експертного середовища; у комунальному підприємстві теплових мереж “Тернопільміськтеплокомуненерго” Тернопільської міської ради для підтримки рішень щодо декарбонізації об’єктів виробництво теплової енергії (котелень), які працюють на газоподібному паливі; у ТзОВ «Топольки» для прийняття рішень щодо оптимальних обсягів генерованої електроенергії та оцінювання потенційних можливостей використання наявних гідроресурсів малою гідроелектростанцією; у компанії «Forte Group» (м. Тернопіль) для оцінювання інформаційних дописів користувачів соціальної спільноти на основі використанням методу фільтрування даних, побудованого з використанням метрики оцінки актуальності інформації, а також при розробці програмно-технічних комплексів, які інтегрують апаратні та програмні компоненти реалізовані в різнорідних середовищах; у ТОВ «АПІКО УКРАЇНА» для відтворення властивостей статичних нелінійних характеристик об’єктів із гарантованою точністю, в ІТ-компанії «Eleks» (м. Тернопіль) в процесі реалізації програмно-технічних комплексів, які включають інтеграцію програмно-реалізованих засобів математичного моделювання. Акти про впровадження у додатках.

На підставі отриманих результатів досліджень розроблено методичне забезпечення, яке використовується в освітньому процесі кафедри комп’ютерних наук Західноукраїнського національного університету при викладанні дисциплін «Моделювання систем», «Інтелектуальний аналіз даних» для студентів спеціальностей 121 «Інженерія програмного забезпечення». А також дисципліни «Технологія розробки програмного забезпечення та систем моделювання», «Методи та програмні засоби теоретико-множинного інтервального підходу» для здобувачів третього рівня освіти зі спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та ін.

Варто зауважити, що результати у військовій сфері, зокрема математичні моделі управління роями БПЛА, є опубліковані, проте потребують тривалих і високовартісних експериментальних випробувань.

(обґрунтуйте практичну цінність результатів, зазначивши їх основні функціональні, тактико-технічні характеристики, перспективи впровадження. За необхідності, можуть наводитись дані у вигляді таблиць, рисунків, формул, графіків, діаграм, креслень тощо).

17. Основні висновки/рекомендації за результатами виконання наукової (науково-технічної) роботи»:

Отримані у проєкті наукові результати у сукупності вирішують науково-прикладну проблему зниження обчислювальної складності структурної та параметричної ідентифікації інтервальних моделей складних об’єктів з одночасним забезпеченням гарантованої точності цих моделей в межах, необхідних для розв’язування задач прийняття рішень та дослідження властивостей цих об’єктів.
Нові результати у межах розробленої концепції ідентифікації інтервальних дискретних моделей складних об’єктів, яка передбачає поєднання методів аналізу інтервальних даних, знання-орієнтованого підходу як до опису предметної області досліджуваного об’єкта так і області побудови даного класу математичних моделей із використанням онтології, стали основою багатофункціонального програмного комплексу, який реалізує методи побудови інтервальних моделей складних об’єктів, а саме методи їх структурної та параметричної ідентифікації на основі аналізу інтервальних даних, реалізовані на основі поведінкових моделей бджолиної колонії та онтологічному підході. Програмний комплекс використано при побудові широкого класу моделей у військовій сфері, екології, медицині, веб-орієнтованих інформаційних системах, інженерії програмного забезпечення, відновлювальній енергетиці.
Перспективним напрямом розвитку досліджень розробленої концепції та методів є підвищення точності інтервальних моделей характеристик складних об’єктів та оптимізація процесу ідентифікації цих моделей із використанням покращених квазіоптимальних алгоритмів ройового інтелекту.
Розроблене програмне середовище може бути використано для підтримки прийняття рішень в інших сферах економіки чи суспільного життя, а також наповнювати існуючий репозиторій для можливості повторного використання як моделей, так і результатів моделювання.

18. Основні кількісні показники/індикатори* виконання роботи (звітного етапу) за темою роботи *(у звіті зазначаються лише ті показники з таблиці, які планувались у запиті (заявці/договорі на отримання фінансування (надання грантової підтримки), із зазначенням відповідного фактичного кількісного виконання цих показників/індикаторів у графах «Заплановано»/«Виконано». Якщо у запиті (заявці тощо) кількісні показники не передбачались, але у результаті виконання роботи або етапу вони були отримані, то у звіті вони додатково зазначаються у графі «Виконано»).*

---

*До показників/індикаторів таблиці пункту 18 не можуть бути включені будь-які публікації (включно із співавторством), конференції, впровадження, охоронні документи на об’єкти права інтелектуальної власності, тощо держав (їх представників), визнаних в установленому порядку державою-агресором або державою-окупантом.

№ з/п	**Показники/індикатори**	**Заплановано (відповідно до запиту**	**Виконано (за результатами етапу/ роботи), кількість**

		на фінансування/ТЗ/ КП тощо), кількість	
1.	Публікація результатів:	23	83.7
1.1.	Статті у журналах, що індексуються наукометричними базами даних:	4	8
	— Scopus та/або Web of Science Core Collection, всього, од.	4	8
	з них із квартилем Q1 і Q2 на момент опублікування, од.	4	5
	з них із квартилем Q3 і Q4 на момент опублікування, од.	0	3
	з них із іншими показникам впливовості видання, які визначені замовником (імпакт-фактор, SNIP тощо), *необхідне зазначити*, од.	0	0
	з них з відкритим доступом, од.	0	0
1.2.	Статті у виданнях, які містять інформацію з обмеженим доступом *(для робіт оборонного та/ або подвійного призначення)*, од.	0	0
1.3.	Статті у наукових журналах (без квартилю), збірниках наукових праць, матеріалах конференцій тощо, що індексуються наукометричними базами даних Scopus або Web of Science Core Collection (крім тих, що увійшли до п. 1.1), од.	10	49
1.4.	Статті у фахових виданнях України категорії «А», які у звітному році індексуються наукометричними базами даних Scopus або Web of Science Core Collection, од.	0	8
1.5.	Статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», од.	0	0
1.6.	Статті у періодичних виданнях інших країн, що мають ISSN, од.	0	0
1.7.	Публікації у матеріалах конференцій, тезах доповідей та виданнях, що не включені до переліку наукових фахових видань України та не індексуються наукометричними базами даних Scopus або Web of Science Core Collection, од.	0	0
1.8.	Монографії та розділи монографій, опубліковані (або підготовлені і подані до друку) у закордонних виданнях мовами країн ОЕСР та/або ЄС, од.	4	4
1.9.	Монографії та розділи монографій, опубліковані (або підготовлені і подані до друку) в українських виданнях, од.	5	13.7
1.10.	Монографії та розділи монографій, опубліковані (або підготовлені і подані до друку) з обмеженим доступом *(для робіт оборонного та/або подвійного призначення)*, од.	0	0
1.11.	Підручники, навчальні посібники, од.	0	1
1.12.	Словники, довідники, енциклопедії, видані українськими та/або закордонними видавництвами, од.	0	0
1.13	Рецензії, експертні висновки	0	0
1.14	Препринти, які мають DOI	×	0
1.15	Набори FAIR-даних, які мають DOI	0	0
1.16.	Інші публікації, які не описані у пп. 1.1–1.12, од.	0	0
2.	Презентація та поширення результатів:	0	5
2.1.	Міжнародні науково-комунікативні заходи, конференції, од.	0	5

2.2.	Всеукраїнські та регіональні науково-технічні/ промислові виставкові заходи, од.	0	0
2.3.	Представлення розробки/бізнес-плану/ результатів роботи на:	0	0
	— інноваційних фестивалях, од.	0	0
	— конкурсах стартапів, од.	0	0
	— акселераційних програмах, од.	0	0
	— хакатонах, од.	0	0
2.4.	Науково-популярні публікації з метою поширення інформації про результати роботи для загальної (широкої) аудиторії, од.	0	0
2.5.	Представлення інформації про результати роботи на науково-популяризаційних заходах (дні науки, наукові пікніки тощо), од.	0	0
2.6.	Інші заходи, які не описані у пп. 2.1–2.5, од.	0	0
3.	Підготовка наукових кадрів:	2	4
3.1.	Захищено дисертацій доктора наук авторами роботи або під консультуванням авторів у рамках тематики роботи, од.	1	2
3.2.	Захищено дисертацій доктора філософії авторами роботи або під керівництвом авторів у рамках тематики роботи, од.	1	2
4.	Охоронні документи на об’єкти права інтелектуальної власності (ОПІВ)	2	3
4.1.	Отримано патентів України на винахід, од.	0	0
4.2.	Отримано патентів України на промисловий зразок, од.	0	0
4.3.	Отримано патентів України на корисну модель, од.	0	1
4.4.	Отримано охоронний документ на ОПІВ інших країн, од.	0	0
4.5.	Отримано охоронних документів на інші види ОПІВ, які не описані у пп. 4.1–4.4, од.	2	2
4.6.	Подано заявок на отримання охоронного документу на ОПІВ України та /або інших країн, од.	0	0
5.	Впровадження та використання наукових або науково-технічних (прикладних) результатів:	3	18
5.1.	Підписано (укладено) договорів (угод) організацією-виконавцем роботи на впровадження (використання) результатів роботи (окрім індивідуальних), серед них:	2 / 0	6 / 601
5.1.1	Господарських договорів/контрактів, од./ тис. грн	2 / 0	6 / 601
5.1.2	Ліцензійних договорів / договорів на ноу-хау, од./тис. грн	0 / 0	0 / 0
5.1.3	Грантових угод (державного рівня), од./тис. грн	0 / 0	0 / 0
5.1.4	Грантових угод (міжнародного рівня), од./ тис. грн	0 / 0	0 / 0
5.1.5	Індивідуальні договори, угоди державного/ міжнародного рівня	0 / 0	0 / 0
5.1.6	Інші договори (угоди), які не описані у пп. 5.1.1-5.1.5, од./тис. грн	0 / 0	0 / 0
5.2.	Документально підтверджено використання результатів (різних видів НТП) у практиці органів державної/місцевої влади, суспільних практиках тощо, од.	1	4

5.3.	Проведено маркетингові дослідження, перемовини з потенційними замовниками із підписанням протоколу (меморандуму, угоди) про наміри комерційного впровадження результатів, од.	0	0
5.4.	Подано заявок на державні, міжнародні наукові гранти (окрім індивідуальних), од.	0	1
5.5.	Впроваджено у освітній процес ЗВО/НУ з відповідним підтвердженням, од.	0	1
5.6.	Інші варіанти впровадження, які не описані у пп. 5.1–5.5, од.	0	6
6.	Створено чи істотно удосконалено/покращено існуючі:	0	0
6.1.	Пристрої (макет, експериментальний/дослідний зразок), од.	0	0
6.2.	Матеріали, процеси, технології, технологічні регламенти, цифрові продукти та електронні сервіси, од.	0	0
6.3.	ТУ, ДСТУ, будівельні норми, зареєстровані проєкти нормативно-правових актів, од.	0	0
6.4.	послуги у сфері наукової та науково-технічної діяльності, од.	0	0
6.5.	Інші результати, які не описані у пп. 6.1–6.4, од.	0	0
7.	Участь з оплатою у виконанні роботи (штатних одиниць/осіб) згідно з додатком до форми, всього, у т. ч.:	8	14
7.1.	Студентів (здобувачів вищої освіти I–II рівнів), шт. од./осіб	3	3
7.2	Аспірантів (здобувачів вищої освіти III рівня), шт. од./осіб	2	5
7.3.	Молодих вчених, шт. од./осіб	3	6

19. Відхилення від запланованих показників/індикаторів, зазначених у пункті 18 *(у разі наявності зазначити і обґрунтувати причини таких відхилень та їх вплив на подальше виконання роботи)*:

У ході реалізації науково-дослідного проєкту зафіксовано окремі відхилення від запланованих показників. Водночас зафіксовано суттєве перевиконання низки запланованих результатів, що свідчить про високу ефективність реалізації проєкту: у частині впровадження та використання наукових або науково-технічних результатів – фактично реалізовано 18 замість запланованих 3, у розділі презентації та поширення результатів, попри відсутність початкового планування, результати досліджень було представлено на 5 наукових конференціях, кількість охоронних документів на об’єкти права інтелектуальної власності склала 3 одиниці, замість запланованих 2, у підготовці наукових кадрів – до участі залучено двоє здобувачі ступеня доктора філософії та 2 докторантів, хоча в технічному завданні передбачалося 2.
Зважаючи на роз'яснення у наказі МОНУ від 29 вересня 2021 року № 1028 "Про проведення конкурсного відбору проєктів фундаментальних та прикладних наукових досліджень, науково-технічних (експерементальних) досліджень у 2021 році щодо врахування в очікуваних результатах проєкту публікацій, які будуть опубліковані у журналах, що ідексуються у науковометричних базах даних Scopus та WoS з квартилями Q1-Q2 - одну публікацію зараховувати за дві, у запиті проєкту кількість публікацій у журналах з квартилями Q1-Q2 зазначено 7, а у технічному завданні, відповідно до вищезазначеного - 4. Не досягнуто повного виконання показника щодо залучення студентів до науково-дослідної роботи: за планом передбачалося залучення 3 студентів, фактично – 2. Це не вплинуло негативно на реалізацію інших завдань, оскільки основне наукове навантаження було забезпечено основними виконавцями.
Виявлені позитивні відхилення не лише не порушують цілісності проєкту, але й суттєво підвищують його наукову та прикладну цінність. Таке перевиконання показників демонструє ефективне використання ресурсів, високу залученість виконавців та наукову активність.

20. Вихідні дані щодо показників виконання відповідно до підпунктів пункту 18 *(зазначити дані про публікації, препринти, FAIR-дані, конференції, захисти дисертацій, отримання ОПІВ, впровадження, створення НТП, залучення молодих вчених, студентів, аспірантів тощо)* з додаванням WEB-посилання (за наявності) на ресурси, де вони розміщені:

№	Тип	Вихідні дані	WEB-посилання

1	Публікація	Dyvak M., Melnyk A., Rot A., Hernes M., Pukas A. Ontology of Mathematical Modeling Based on Interval Data // Complexity, 2022. - Vol. 2022, Article Id: 8062969. – P. 1–19. ISSN: 1099-0526. Scopus, Q1	https://doi.org/10.1155/2022/8062969
2	Публікація	Dyvak, M.; Spivak, I.; Melnyk, A.; Manzhula, V.; Dyvak, T.; Rot, A.; Hernes, M. Modeling Based on the Analysis of Interval Data of Atmospheric Air Pollution Processes with Nitrogen Dioxide due to the Spread of Vehicle Exhaust Gases. Sustainability 2023, 15, 2163. Scopus, Q1	https://doi.org/10.3390/su15032163
3	Публікація	Dyvak, M., Manzhula, V., Melnyk, A., Rusyn, B., & Spivak, I. Modeling the Efficiency of Biogas Plants by Using an Interval Data Analysis Method. Energies, 17(14), 2024, 3537. Scopus, Q1	https://doi.org/10.3390/en17143537
4	Публікація	Dyvak, M., Pasichnyk, R., Melnyk, A., Dyvak, A., & Otoo, F. (2023). Transformation of Mathematical Model for Complex Object in Form of Interval Difference Equations to a Differential Equation. International Journal of Computing, 22(2), 219-224. Scopus, Q3	https://doi.org/10.47839/ijc.22.2.3091
5	Публікація	Manzhula, V., Dyvak, M., & Zabchuk, V. (2024). The Improved Method for Identifying Parameters of Interval Nonlinear Models of Static Systems. International Journal of Computing, 23(1), 19-25. Scopus, Q3	https://doi.org/10.47839/ijc.23.1.3431
6	Публікація	Mialkowska K., Kaczmarczyk K., Hernes M., Dyvak M. Feature Selection for financial data – comparison. Procedia Computer Science, 2022, Volume 207, pp. 3041–3050, ISSN 1877-0509. Scopus	https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.09.362
7	Публікація	Dyvak M., Manzhula V., Trufanova Yu. Interval Non-linear Model of Information Signal Characteristics Distribution for Detection of Recurrent Laryngeal Nerve during Thyroid Surgery. IDDM-2022: 5th International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine, November 18–20, 2022, Lyon, France. CEUR Worcshop Proceedings, vol. 3302. pp.99-107. Scopus	https://ceur-ws.org/Vol-3302/short5.pdf
8	Публікація	Dyvak M., Dostalek L., Spivak I., Pasichnyk V., Krepych S., Kobylan V. Software system for modeling the distribution of harmful emissions from vehicles. Proc. of the 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 2022, pp 53-57, IEEE Xplore Digital Library doi: 10.1109/ACIT54803.2022.9913090. ISSN 2770-5218 (Print). Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/9913090
9	Публікація	Dyvak M., Melnyk A., Dostalek L., Ostroverkhov V., Honchar L., Romanets I. Models of Dynamics of Concentrations of Harmful Emissions of Motor Transport // 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Spisska Kapitula, Slovakia, 2022. – P. 89–94. Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/9913123
10	Публікація	Dyvak M., Melnyk A., Martsenyuk Y., Rohatynska N., Brukhanskyi R., Pytel S. Evolutionary Method Based on Artificial Bee Colony and Ontological Approach for Structural Identification of Interval Discrete Models of Objects with Distributed Parameters // 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Spisska Kapitula, Slovakia, 2022. – P. 95–100. Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/9913118
11	Публікація	Dyvak M., Pukas A., Manzhula V., Kasatkina N., Komar M., Zabchuk V. The Task of Parametric Identification the Interval Models with Nonlinear Parameters. Proc. of the 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 2022, pp. 106-111. Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/9913166
12	Публікація	Dyvak M., Pukas A., Manzhula V., Papa O., Akimjak A., Maslyiak B. The Task of Structural Identification the Interval Models of Static Objects with Multiple Parameters. Proc. of the 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 2022, pp. 112-115. Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/9913146
13	Публікація	Dyvak M., Spivak I., Krepych S., Dyvak T., Nedoshytko I., Homotiuk O. Evolutionary Computations Based on an Artificial Bee Colony for the Analysis of Interval Data in the Problem of Air Pollution by Nitrogen Dioxide. Proc. of the 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 2022, pp. 62-67, IEEE Xplore Digital Library doi: 10.1109/ACIT54803.2022.9913154. ISSN 2770-5218 (Print). Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/9913154
14	Публікація	Dyvak M., Yaskiv V., Yaskiv A. Simulation and Numerical Optimization of Specific Characteristics of the Unified Range of Power Converters. Proc. of the 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 2022, pp. 13-17, IEEE Xplore Digital Library doi: 10.1109/ACIT54803.2022.9913076. ISSN 2770-5218 (Print). Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/9913076

15	Публікація	Melnyk A., Shcherbiak I., Shevchuk R., Shevchuk A., Huhul O., Franko Y. Software Architecture for Mathematical Modelling Based on Interval and Ontology Approach (2022) Proceedings - International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT, pp. 101 - 105, DOI: 10.1109/ACIT54803.2022.9913108. Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/9913108
16	Публікація	Shidlovsky V., Shidlovsky O., Dyvak A., Pryvrotskyy V., Spivak I. Research of Efficiency of Information Technology of Intraoperative Neuromonitoring in the Prevention of Injuries of Laryngeal Nerves (2022) Proceedings - International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT, pp. 406 - 409, DOI: 10.1109/ACIT54803.2022.9913181. Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/9913181
17	Публікація	M. Dyvak, A. Melnyk, N. Porplytsya, V. Manzhula, A. Mushak and V. Semaniuk. Identification of Interval Discrete Models based on the Bee Swarm Optimization Algorithm with Adaptive Tuning of the Probability of Selecting Structural Elements, 2023 13th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 2023, pp. 13-18. Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/10275408
18	Публікація	M. Dyvak, O. Kindzerskyi, L. Dostalek, M. Stetsko and J. Nowak. Parallel Computations in the Problem of Identification of Interval Discrete Models based on Swarm Intelligence of a Bee Colony, 2023 13th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 2023, pp. 23-28, doi: 10.1109/ACIT58437.2023.10275695. Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/10275695
19	Публікація	M. Dyvak, V. Manzhula and T. Dyvak. The Method of Structural Identification of Interval Nonlinear Models with the Selection of Structural Elements based on the Gradient of the Objective Function, 2023 13th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Wrocław, Poland, 2023, pp. 52-57, doi: 10.1109/ACIT58437.2023.10275642. Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/10275642
20	Публікація	V. Tymchyshyn, B. Tymchyshyn, A. Melnyk, V. Manzhula, V. Faifura and I. Romanets. The System Architecture of the Software for Modeling Harmful Emissions in Soil," 2023 13th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 2023, pp. 58-62, doi: 10.1109/ACIT58437.2023.10275416. Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/10275416
21	Публікація	M. Dyvak, N. Porplytsya, I. Spivak, V. Tymchyshyn, S. Krepych and M. Taraj. The Method of Modeling the Characteristics of a Swarm of UAVs as an Object with Distributed Parameters Based on the Analysis of Interval Data, 2023 13th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 2023, pp. 165-169, doi: 10.1109/ACIT58437.2023.10275646. Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/10275646
22	Публікація	M. Dyvak, A. Melnyk, N. Porplytsya, I. Spivak and O. Bodnar. A New Method Identification of Interval Discrete Models of Objects with a Randomized Selection of Structural Elements, 2023 13th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 2023, pp. 176-181, doi: 10.1109/ACIT58437.2023.10275572. Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/10275572
23	Публікація	A. Melnyk, A. Dyvak, V. Pryvrotskyy, Y. Franko, Ł. Łysik and V. Shpak. Information Technology based on an Ontological Approach for Identification of the Recurrent Laryngeal Nerve During Operations on the Neck Organs, 2023 13th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 2023, pp. 534-538, doi: 10.1109/ACIT58437.2023.10275656. Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/10275656
24	Публікація	A. Melnyk, R. Pasichnyk, U. Androshchuk, L. Honchar, O. Vatslavskyi and K. Serhii. Ontology as a Software Superstructure to the System for Mathematical Modeling based on Interval Data, 2023 13th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT) 2023, pp. 543-548, doi: 10.1109/ACIT58437.2023.10275570. Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/10275570
25	Публікація	M. Dyvak, R. Pasichnyk, N. Porplytsya, V. Fronchko, V. Yakoviv and V. Bandžuchová. A Method of Studying the Completeness of Interval Discrete Models Built on the Basis of Intelligent Computing, 2023 13th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 2023, pp. 1-4, doi: 10.1109/ACIT58437.2023.10275724. Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/10275724
26	Публіка	M. Dyvak, V. Manzhula, A. Pukas, T. Dyvak and V. V. Manzhula, "Application of Global Optimization Toolbox for Identification of Parameters of Interval Nonlinear Models of Static	https://ieeexplore.ieee.org/document/1007

	ція	Systems," 2023 17th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM), Jaroslaw, Poland, 2023, pp. 60-63, doi: 10.1109/CADSM58174.2023.10076513. Scopus	6513
27	Публікація	Дивак М. П., Манжула В.І., Мельник А. М., Пукас А. В. Метод структурної ідентифікації нелінійних інтервальних моделей статичних об’єктів // Інформаційні технології та комп’ютерна інженерія, 2022. – Том. 54. – №2. – С. 103–114.	https://itce.vntu.edu.ua/index.php/itce/article/view/896/584
28	Публікація	Дивак М.П., Манжула В.І., Мельник А.М., Тимчишин В.С. Система моніторингу забруднення повітря автотранспортом на базі автономного аеромобільного комплексу. Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології, 2022, вип. 42, вип. 2, с. 73–83.	https://oeipt.vntu.edu.ua/index.php/oeipt/article/view/604/574
29	Публікація	Мельник А. М. Архітектура програмного забезпечення для математичного моделювання на основі інтервального та онтологічного підходу // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, 2022. – №3. – С. 265–273.	https://journals.khnu.km.ua/vestnik/wp-content/uploads/2022/08/vknu-ts-2022-n4311-141-149.pdf
30	Публікація	Мельник А. М. Онтологія як програмна надбудова до системи для математичного моделювання на основі інтервальних даних // Інформаційні технології та комп’ютерна інженерія, 2022. – Том. 54. – №2. – С. 26–38.	https://itce.vntu.edu.ua/index.php/itce/article/view/885/574
31	Публікація	Мельник А. М., Дивак М. П. Метод структурної ідентифікації інтервальних дискретних моделей складних об’єктів із адаптивним налаштуванням вибору структурних елементів // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, 2022. – №3. – С.61–72.	https://vottp.khmnu.edu.ua/index.php/vottp/article/view/61/61
32	Публікація	Мельник А. М., Дивак М. П., Манжула В.І. Моделювання динаміки концентрацій шкідливих викидів автотранспорту на основі поєднання методів інтервального аналізу та онтологічного підходу // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, 2022. – №2. – С.14–23.	https://vottp.khmnu.edu.ua/index.php/vottp/article/view/43/43
33	Публікація	Dyvak M., Melnyk A., Pukas A., Dostalek L., Control of mathematical modeling process of dynamics of harmful substances concentrations on the basis of ontological approach // Computational Problems of Electrical Engineering, 2022. – Vol. 12, Issue 1, P. 7–16.	https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2022/jun/28292/220422computverstka-storinki-7-16.pdf
34	Публікація	Kuznetsov, O.; Frontoni, E.; Kuznetsova, K.; Shevchuk, R.; Karpinski, M. NFT Technology for Enhanced Global Digital Registers: A Novel Approach to Tokenization. Future Internet 2024, 16, 252. Scopus, Q2	https://doi.org/10.3390/fi16070252
35	Публікація	Kuznetsov, O.; Poluyanenko, N.; Frontoni, E.; Kandiy, S.; Karpinski, M.; Shevchuk, R. Enhancing Cryptographic Primitives through Dynamic Cost Function Optimization in Heuristic Search. Electronics 2024, 13, 1825. Scopus, Q2	https://doi.org/10.3390/electronics13101825
36	Публікація	Dyvak M., Melnyk A., Kedrin Y. Interval model of the user reactions to messages in thematic groups of social networks // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science. Proceedings of the XIVth International Conference TCSET’2022. – Lviv – Slavske: Lviv Polytechnic National University, 2022. P. 837–840. Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/9766857
37	Публікація	Pasichnyk R., Melnyk A., Bilous I., Duma L., Pushkar B., Monko R. Historical Training Game Model with Mathematical and Information Aspects // 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Spisska Kapitula, Slovakia, 2022. – P. 84–88. Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/9913141
38	Публікація	Pukas A., Simak A., Shandruk S., Bilovus L., Stepanenko V., Demianiuk A. Features of implementation the academic staff performance appraisal system. 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT 2022 - Proceedings, 2022. 568-571. Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/9913180
39	Публікація	Pukas A., Smal V., Voytyuk I., Sysoieva I., Belova I., Zavytii O. Software solution for energy smart analyzer with IOT module, 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT 2022 - Proceedings, 2022, 419-422. Scopus	https://ieeexplore.ieee.org/document/9913176
40	Публікація	Krepych , S. ., & Spivak , I. . (2024). RECURSIVE METHOD OF FORMING AN OPTIMAL SET OF TASKS ACCORDING TO THE CRITERION OF MAXIMIZING EARNINGS. Advanced Information Systems, 8(3), 72–76.	http://ais.khpi.edu.ua/article/view/311915/303052

41	Публікація	M. Dyvak, I. Spivak, T. Dyvak, and O. Kindzerskyi, "Modeling the Interaction of Unmanned Aerial Vehicles in a Swarm as an Object with Distributed Parameters," 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 2024, pp. 60-66. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712502
42	Публікація	S. Spivak, T. Korolyuk, L. Halyniak, I. Spivak, S. Krepych and U. Tkach, "Improvement of the System Company's Employee Estimation and Motivation," 2024 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 380-383. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712464
43	Публікація	M. Pylypchuk, N. Porplytsya, I. Stasiv, L. Honchar, V. Sopiha and I. Bondarenko, "Optimisation of SVD++ Method based on Adam's Algorithm for Small E-Commerce Platforms," 2024 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 318-321. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712569
44	Публікація	M. Dyvak, R. Pasichnyk and I. Spivak, "Approximation of the Difference Representation of the Solution by Differential Equations in the Problems of Modeling Atmospheric Air Pollution with Nitrogen Dioxide in Motor Vehicle Exhaust Gases," 2024 IEEE 19th International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), Zozuli, Ukraine, 2024, pp. 33-38. Scopus	https://doi.org/10.1109/MEMSTECH63437.2024.10620052
45	Публікація	V. Tymchyshyn, A. Melnyk, B. Tymchyshyn, V. Faifura, I. -S. Mazur and L. Honchar, "Data Management Service Architecture of the Software for Modeling Harmful Emissions in Soil," 2024 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 678-682. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712526
46	Публікація	A. Melnyk, R. Shevchuk, I. Romanets, I. Yakymenko, S. Voznyak and V. Luchyk, "A Method of Detecting Anomalies in IP Phone Traffic based on Ontology of Voip Messages," 2024 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 485-489. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712505
47	Публікація	R. Shevchuk, V. Martsenyuk and A. Melnyk, "Research Hotspots and Trend Analysis of Social Media Security on CiteSpace Knowledge Graph," 2024 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 543-551. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712528
48	Публікація	A. Melnyk, Y. Maslyiak, P. Popovych, T. Sitkar, E. Momotiuk and B. Kostyk, "Software Architecture for Process Simulation in Biogas Plants," 2024 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 1-5. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712449
49	Публікація	R. Shevchuk, M. Karpinski, T. Yurchyshyn, I. Lishchynskyy, M. Lyzun and A. Melnyk, "A Context-Aware Approach and Software for Notifications about Personal Safety," 2024 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 665-669. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712568
50	Публікація	R. Mukha, N. Porplytsya, I. Stasiv, A. Kovalets, R. Mukha and Z. Pushkar, "Method and Software for Managing HR Processes of a Company using the Wolf Pack Algorithm," 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 376-379. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712450
51	Публікація	M. Dyvak and O. Kindzerskyi, "Implementation of Parallel Computation for Identification of Interval Models based on Multi-core Parallelism and CUDA Technology,"14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 72-76. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712545
52	Публікація	R. Tykhyi, Y. Tsapiv, M. Dyvak, D. Popovych, A. Havrylenko and T. Husieva, "Software System for Supporting Art Therapy Processes using Augmented Reality Technologies," 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 660-664. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712584
53	Публікація	I. Sysoieva, A. Pukas, O. Pohrishchuk, B. Pohrishchuk, O. Tsikhanovska and M. Lyzun, "Artificial Intelligence as an Organized Assembly of Information Technologies for the Goals of Sustainable Development," 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 259-263. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712621
54	Публікація	M. Dyvak, V. Tymets, A. Dyvak, V. Shidlovsky, D. Osadchuk and V. Bukata, "Algorithm and Hardware for Automatic Adjustment of Electric Signal to Identify the Recurrent	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712564

		Laryngeal Nerve," 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 626-630. Scopus	
55	Публікація	M. Dyvak, V. Manzhula, A. Melnyk, L. Dostalek, M. Ozhha and O. Papa, "A Cloud-Based Software Architecture for Mathematical Modeling based on Interval Data Analysis,"14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 89-93. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712488
56	Публікація	A. Melnyk, A. Hirnyak, H. Hirnyak, I. Shcherbiak, O. Shevchenko and V. Nemeryshyn, "Methods And Tools Of Automatic Generation Of Practical Tasks For Checking The Assimilation Of Programming Knowledge," 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 820-823. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712626
57	Публікація	M. Dyvak, N. Porplytsya, R. Pasichnyk, V. Kulish, Y. Voytyuk and B. Ihnatiuk, "Interval Model of pH Dynamics of the Fermentation Medium," 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 67-71. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712600
58	Публікація	M. Dyvak, S. Krepych, V. Manzhula, Y. Tsovka, P. Popovych and V. Zabchuk, "Identification of the Mathematical Model of the pH Environment in the Biogas Plant based on the Application of the Swarm Intelligence Method," 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 83-88. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712611
59	Публікація	M. Dyvak and R. Pasichnyk, "Inductive and Deductive Approaches to Modeling the Daily Cycle of Carbon Monoxide Concentrations Due to Air Pollution by Motor Vehicles," 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 77-82. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712476
60	Публікація	A. Melnyk, A. Hirnyak, H. Hirnyak, M. Mudrak, I. Hevko and Y. Popovych, "Automatic Generation of Problem Scenarios for Assessment of Methodological Knowledge," 2024 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 815-819. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712570
61	Публікація	B. Malyniak, A. Melnyk, O. Kyrylenko, A. Derlytsia, V. Trush and R. Malyniak, "Building an Intellectualized Analytical Module for Evaluating the Effectiveness of Public Spending on Corruption Prevention using an Ontological Approach," 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 235-239. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712535
62	Публікація	A. Melnyk, R. Shevchuk, I. Romanets, I. Yakymenko, S. Voznyak and V. Luchyk, "A Method of Detecting Anomalies in IP Phone Traffic based on Ontology of Voip Messages," 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 485-489. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712505
63	Публікація	A. Pukas, V. Smal, A. Dyvak, I. Voytyuk, I. Deikalo and N. Hrynkiv, "Augmented Reality Simulator for Recurrent Laryngeal Nerve Identification during Thyroid Surgery," 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024, pp. 576-580. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712599
64	Публікація	R. Shevchuk and V. Martsenyuk, "Neural Networks Toward Cybersecurity: Domain Map Analysis of State-of-the-Art Challenges," in IEEE Access, vol. 12, 2024, pp. 81265-81280. Scopus	https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3411632
65	Публікація	Shevchuk, R., Kovalchuk, O., Babala, L., & Kasianchuk, M.. "Support Vector Machine to criminal recidivism prediction". International Journal of Electronics and Telecommunications, vol. 7, no. 1, 2024, pp. 50-57. Scopus, Q3	https://doi.org/10.24425/ijet.2024.149598
66	Публікація	Монографія. Знання-орієнтовані системи для ідентифікації інтервальних математичних моделей складних динамічних та статичних об'єктів [Електронний ресурс] : монографія / М. Дивак, А. Мельник, В. Манжула [et al.]. - Тернопіль : ЗУНУ, 2024. - 288 с. 13, 7 д.а.	http://dspace.wunu.edu.ua/handle/316497/50307
67	Публікація	Book Chapter. Riksen V., Shpak V. "Convolutional Neural Network for Identification and Classification of Weeds in Buckwheat Crops," Machine Intelligence for Smart Applications, Springer Nature Switzerland, 2023, pp. 31-43. 1 д.а.	https://doi.org/10.1007/978-3-031-37454-8_3
68	Публікація	Book Chapter. Dyvak M., Melnyk A., Mazepa S., Stetsko M. An Ontological Approach to Detecting Irrelevant and Unreliable Information on Web-Resources and Social Networks	https://link.springer.com/chapter/10.1007/

		(2022) Lecture Notes in Electrical Engineering, 831, pp. 481 - 492. 1 д.а. DOI: 10.1007/978-3-030-92435-5_27	978-3-030-92435-5_27
69	Публікація	Book Chapter. Prediction of the Importance of Factors Influencing Co-sharing Attitudes Using Machine Learning, Walaszczyk, E., Nadolny, M., Rot, A., Golec, P., Dyvak, M. Lecture Notes in Networks and Systems, 2024, 218 LNNS, pp. 183–195. 1 д.а.	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-78468-2_14
70	Публікація	Book Chapter. Identification of Barriers to AI Implementation in Medical Information Systems Pilch, A., Zygała, R., Gryncewicz, W., Dyvak, M., Melnyk, A. Lecture Notes in Networks and Systems, 2024, 1079 LNNS, pp. 62–73. 1 д.а.	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-66761-9_6
71	ОПІВ	Патенту на корисну модель № 159414 Манжула Володимир Іванович, Дивак Микола Петрович. «Спосіб забезпечення стабільності процесу бродіння в реакторах першого етапу переробки».	https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1858173/
72	Захист дисертації	Манжула Володимир Іванович, спеціалізована вчена рада Західноукраїнського національного університету з присудження наукового ступеня доктора наук за науковою спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи. Тема дисертації: «Методи та програмні засоби ідентифікації інтервальних моделей статичних систем з нелінійними характеристиками». 19 грудня 2024 року. Науковий консультант - Дивак Микола Петрович.	https://www.wunu.edu.ua/svr/svr_D/mangula/diser.pdf
73	Захист дисертації	Мельник Андрій Миколайович, спеціалізована вчена рада Західноукраїнського національного університету з присудження наукового ступеня доктора наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи. Тема дисертації: «Знання-орієнтовані програмні системи для інтервального аналізу та моделювання складних об’єктів». 14 березня 2023 року.	https://uacademic.info/ua/document/0523U100042
74	Захист дисертації	Тимчишин Василь Степанович, спеціалізована вчена рада ДФ 58.082.032 Західноукраїнського національного університету. Тема дисертації: «Методи та програмні засоби для моделювання забруднення ґрунтів шкідливими викидами у вихлопних газах автотранспорту» на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення». 13 грудня 2023 року. Науковий керівник - Мельник Андрій Миколайович.	https://www.wunu.edu.ua/svr/disertatcia/tymchyshyn/dysertation_tymchyshyn.pdf
75	Захист дисертації	Забчук Вадим Володимирович, спеціалізована вчена рада ДФ 58.082.054 Західноукраїнського національного університету. Тема дисертації: «Математичне та програмне забезпечення для моделювання процесів у біогазових установках на основі аналізу інтервальних даних» для здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення». 26 серпня 2024 року. Науковий керівник - Пукас Андрій Васильович.	https://www.wunu.edu.ua/svr/disertatcia/zabchuk/disertatsia.pdf
76	Публікація	Навчальний посібник. І. Сисоєва, А. Пукас, Проєктний менеджмент. ФОП Шпак В., 2022, 240 с. 240, 16 др. арк	https://moodle.wunu.edu.ua/
77	ОПІВ	Авторське право на твір. Шевчук, Р., Романюк, О., Ткаченко, О., Круподьорова, Л., Романюк, О., Барчук, Н., Гаврилюк, О. (2023). Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 116000. Комп'ютерна програма «Комп'ютерна програма для перспективно-коректного текстурування». Державна організація "Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій". 10 сторінок, 0,5 др. арк.	https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1731077/
78	ОПІВ	Авторське право на твір. Шевчук Р., Романюк О., Козубенко М., Захарчук М., Рейда О., "Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 115783. Комп'ютерна програма «Комп'ютерна програма для визначення спекулярної складової кольору з використанням модифікованої моделі Шліка»," Державна організація "Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій" 10 сторінок, 0.5 др. арк.	https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1731082/

До звіту додаються електронні* копії наукових публікацій, охоронних документів, інша наукова продукція (окрім матеріалів, які містять інформацію з обмеженим доступом) **(Додаток Б до звіту).**

До звіту можуть надаватись інші матеріали, зміст і обсяг яких передбачений заявкою та/або договором на отримання фінансування (надання грантової підтримки).

[*] У випадку необхідності надання звіту у паперовій формі (на вимогу замовника або якщо у звіті та/або додатках до нього міститься інформація з обмеженим доступом), до нього додаються друковані додатки (окрім великих за обсягом монографій, підручників, словників тощо (більше 50 стор.)).

21. Рішення[**] вченої (наукової, науково-технічної, технічної) ради або іншого керівного (дорадчого) органу (за відсутності зазначеної ради) організації-виконавця роботи щодо результатів розгляду проміжного /остаточного звіту **(Додаток В до звіту)** *(стисло зазначити текст висновку ради (органу) про відповідність/невідповідність виконаних робіт технічному завданню/календарному плану, зазначити дату та номер протоколу)*:

Враховуючи результати голосування (кількість осіб, які брали участь у голосуванні – 21; кількість голосів «За» - 21; кількість голосів «Проти» — немає), затвердити звіт про виконання у 2024 році Західноукраїнським національним університетом фундаментального держбюджетного дослідження "Математичне та комп'ютерне моделювання об'єктів з розподіленими параметрами на основі поєднання онтологічного та інтервального аналізу", протокол № 7 від 23 грудня 2024 р. (звіт додається).

22. Анотація основних результатів роботи (звітного етапу) українською та англійською мовами **(Додаток Г до звіту)** *(до 30 рядків кожною мовою; інформація зазначається зрозумілою, простою для сприйняття загальною аудиторією мовою у науково-публіцистичному стилі).*

№	українською	англійською
1	Часто у системах підтримки прийняття рішень використовують математичні моделі різного типу. Коли інформація, яка використовується для підготовки рішення, є неточною або з вимірювальними похибками, то доцільно використовувати інтервальний аналіз даних. Відповідно, математичні моделі складних об'єктів з розподіленими параметрами, зокрема у військовій галузі, екології, медицині, енергетиці та інших галузях, які будують в умовах невизначеності з використанням комп'ютерної техніки, часто, для спрощення обчислень, представляють у вигляді інтервальних різницевих рівнянь, котрі є аналогом диференціальних рівнянь. Проте, незважаючи на спрощене представлення, процес ідентифікації таких моделей все ще потребує значних обчислювальних затрат. Звідси виникає необхідність розширення сфери застосування моделі у певній предметній області при збереженні її прогностичних властивостей. Цю проблему запропоновано вирішити на основі застосування онтологічного підходу, який дасть можливість побудувати модель представлення предметної області. Застосування онтологічної «надбудови» до процесу розробки та використання моделей суттєво розширює можливості моделювання характеристик згаданих систем та підвищує точність моделі у конкретних випадках при збереженні її адекватності без суттєвого підвищення обчислювальної складності при використанні у процесі прийняття рішень. У проєкті розроблено комплексне програмне середовище для математичного моделювання складних об’єктів на основі інтервальних дискретних моделей складних об’єктів, яке ґрунтується на знання-орієнтованому підході опису області побудови даного класу математичних моделей із застосуванням онтології. Розроблено репозиторій інтервальних моделей складних об’єктів, який вміщує онтологічний опис як предметної області їх застосування, так і умови розробки цих моделей. Нові й удосконалені методи та комплексне програмне середовище апробовано для розв’язування прикладних задач побудови комплексів моделей характеристик складних об’єктів в умовах інтервальної невизначеності у	Often, decision support systems use mathematical models of various types. When the information used to prepare a decision is inaccurate or has measurement errors, it is advisable to use interval data analysis. Accordingly, mathematical models of complex objects with distributed parameters, in particular in the military, ecology, medicine, energy and other industries that are built under conditions of uncertainty using computer technology, are often, to simplify calculations, represented in the form of interval difference equations, which are an analogue of differential equations. However, despite the simplified representation, the process of identifying such models still requires significant computational costs. Hence the need to expand the scope of application of the model in a certain subject area while maintaining its predictive properties. It is proposed to solve this problem based on the application of an ontological approach, which will make it possible to build a model of representation of the subject area. The application of an ontological “superstructure” to the process of developing and using models significantly expands the possibilities of modeling the characteristics of the mentioned systems and increases the accuracy of the model in specific cases while maintaining its adequacy without significantly increasing the computational complexity when used in the decision-making process. A comprehensive software environment for mathematical modeling of complex objects based on interval discrete models of complex objects, which is based on a knowledge-oriented approach to describing the domain of construction of a given class of mathematical models using ontology was developed in the project. A repository of interval models of complex objects has been developed, which contains an ontological description of both the subject area of their application and the conditions for developing these models. New and improved methods and a comprehensive software environment have been tested for solving applied problems of constructing complexes of models of characteristics of complex objects under conditions of

	сферах військового призначення, охорони довкілля, медицини, відновлювальної енергетики та ін., які мають вищі прогностичні характеристики, придатні для більш ширших умов застосування при спрощенні обчислювальної складності оперування цими моделями.	interval uncertainty in the fields of military use, environmental protection, medicine, renewable energy, etc., which have higher prognostic characteristics, suitable for wider application conditions while simplifying the computational complexity of operating these models.

** Зазначається і надається лише у випадку наявності відповідних вимог від замовника/грантонадавача. Також до звіту необхідно додати копію витягу з протоколу засідання відповідної ради (органу) в електронній (паперовій) формі.

Додаток[2] А

до проміжного/остаточного звіту
(пункт 9)

Перелік виконавців НДР з оплатою праці

№	Власне ім’я та прізвище	Науковий ступінь	Вчене звання	Вік*	Статус**	Роль у ході виконання роботи	Основне місце роботи або здобуття освіти	Посада (або договір ЦПХ)	Основні завдання у ході виконання роботи (стисло зазначити функції)
1	Микола ДИВАК	доктор наук	професор	60	Немолодий вчений	Керівник	Проректор з наукової роботи	Провідний науковий співробітник	Здійснив загальне науково-методичне керівництво, розробив концепцію ідентифікації дискретних моделей складних об'єктів, координував діяльність виконавців, затвердив методичні підходи, забезпечив наукове редагування отриманих результатів, контролював дотримання термінів, забезпечив представлення результатів дослідження та організував підготовку звітної документації згідно з вимогами чинного законодавства, долучався до написання наукових публікацій, запатентував результати наукових досліджень.
2	Андрій ПУКАС	доктор наук	професор	45	Немолодий вчений	Відповідальний виконавець	Завідувач кафедри комп'ютерних наук	Провідний науковий співробітник	Розробив методичні матеріали, виконав основну частину емпіричних та аналітичних досліджень, здійснив обробку й інтерпретацію даних, підготував звітні матеріали та наукові публікації, забезпечив зворотний зв’язок між учасниками проєкту та узгодив поточні етапи виконання дослідницьких робіт.
3	Андрій МЕЛЬНИК	доктор наук	професор	40	Молодий вчений	Виконавець	Професор кафедри комп'ютерних наук	Старший науковий співробітник	Розробив новий гібридний метод структурної та параметричної ідентифікації інтервальних дискретних моделей складних об’єктів, який ґрунтується на поєднані методів інтервального аналізу, поведінкових моделей бджолиної колоній та знання-орієнтованому підході опису предметної області об’єктів на основі онтології. Долучався до написання наукових публікацій, виконував експериментальні, аналітичні дослідження.
4	Роман ПАСІЧНИК	доктор наук	професор	67	Немолодий вчений	Виконавець	Професор кафедри економічної кібенетики та інформатики	Провідний науковий співробітник	Забезпечив наукове формулювання та верифікацію отриманих результатів, долучався до написання наукових публікацій.
5	Володимир МАНЖУЛА	доктор наук	доцент	48	Немолодий вчений	Виконавець	Доцент кафедри комп'ютерних наук	Старший науковий співробітник	Удосконалив метод структурної ідентифікації дискретних моделей складних об’єктів на основі обчислювальних процедур адаптивного налаштування вибору структурних елементів. Забезпечив наукове формулювання отриманих результатів, долучався до написання наукових публікацій, запатентував результати наукових досліджень.

6	Ірина СПІВАК	доктор філософії/ доктор мистецтва (кандидат наук))	доцент	43	Немолодий вчений	Виконавець	Доцент кафедри комп'ютерних наук	Старший науковий співробітник	Забезпечила наукове формулювання отриманих результатів, долучалася до написання наукових публікацій.
7	Наталія ПОРПЛИЦЯ	доктор філософії/ доктор мистецтва (кандидат наук))	доцент	36	Немолодий вчений	Виконавець	Доцент кафедри комп'ютерних наук	Старший науковий співробітник	Забезпечила наукове формулювання отриманих результатів, долучалася до написання наукових публікацій. Дослідила спосіб встановлення для кожного елемента множини структурних елементів ймовірності вибору будь-якого елемента на основі зміни цього розподілу на різних фазах поведінкової моделі бджолиної колонії на тестових прикладах.
8	Юрій МАСЛИЯК	доктор філософії/ доктор мистецтва (кандидат наук))	доцент	35	Молодий вчений	Виконавець	Доцент кафедри комп'ютерних наук	Старший науковий співробітник	Зібрав і систематизував первинну інформацію, виконував експериментальні дослідження, долучався до написання наукових публікацій.
9	Василь ТИМЧИШИН	доктор філософії/ доктор мистецтва (кандидат наук))	відсутнє	30	Молодий вчений	Аспірант	Старший викладач кафедри комп'ютерних наук	Старший науковий співробітник	Зібрав і систематизував первинну інформацію, розробив порядок тестування комплексного програмного середовища, долучався до написання наукових публікацій.
10	Вадим ЗАБЧУК	доктор філософії/ доктор мистецтва (кандидат наук))	відсутнє	27	Молодий вчений	Аспірант	Молодший науковий співробітник	Молодший науковий співробітник	Зібрав і систематизував первинну інформацію, виконував аналітичні дослідження, долучався до написання наукових публікацій, реалізував деякі модулі програмного середовища для моделювання об'єктів з розподіленими параметрами, здійснював впровадження наукових результатів роботи на госпдоговірних засадах із замовниками.
11	Ігор РОМАНЕЦЬ	відступній	відсутнє	49	Немолодий вчений	Виконавець	Директор навчально-науковогo центру інформаційних технологій	Молодший науковий співробітник	Виконував аналітичні дослідження, провів обробку статистичних даних, організував технічне забезпечення експериментальних досліджень.
12	Андрій ЮШКО	відступній	відсутнє	29	Молодий вчений	Студент	Студент/ Лаборант	Лаборант/ Науковий співр	Реалізував основні модулі програмного середовища для моделювання об'єктів з розподіленими параметрами, долучався до написання наукових публікацій, здійснював впровадження наукових результатів роботи на госпдоговірних засадах із замовниками.

								обітник	
13	Володимир ШПАК	відступній	відсутнє	43	Немолодий вчений	Аспірант	Викладач кафедри комп'ютерних наук	Науковий співробітник	Тестував модулі програмного середовища для моделювання об'єктів з розподіленими параметрами, виконував аналітичні дослідження, провів обробку статистичних даних.
14	Ярослав ВОЙТЮК	відступній	відсутнє	40	Немолодий вчений	Аспірант	Аспірант кафедри комп'ютерних наук	Молодший науковий співробітник	Тестував модулі програмного середовища для моделювання об'єктів з розподіленими параметрами, виконував експериментальні дослідження, провів обробку статистичних даних, долучався до написання монографії, здійснював впровадження наукових результатів роботи на госпдоговірних засадах із замовниками.
15	Віталій СМАЛЬ	відступній	відсутнє	27	Молодий вчений	Аспірант	Викладач кафедри комп'ютерних наук	Молодший науковий співробітник	Розробив деякі модулі програмного середовища для моделювання об'єктів з розподіленими параметрами, виконував аналітичні дослідження, провів обробку статистичних даних, долучався до написання наукових публікацій, здійснював впровадження наукових результатів роботи на госпдоговірних засадах із замовниками.
16	Руслан ШЕВЧУК	доктор філософії/ доктор мистецтва (кандидат наук))	доцент	43	Немолодий вчений	Виконавець	Доцент кафедри комп'ютерних наук	Старший науковий співробітник	Тестував безпеку модулів комплексного програмного середовища, провів обробку статистичних даних, долучався до написання монографії та наукових публікацій, запатентував результати наукових досліджень.
17	Андрій МАЦУК	відступній	відсутнє	23	Молодий вчений	Студент	Студент	Лаборант	Виконував експериментальні дослідження, підготував графічні й табличні матеріали для опублікування у наукових публікаціях.
18	Юрій ПЕТРОВСЬКИЙ	відступній	відсутнє	20	Молодий вчений	Студент	Студент	Лаборант	Виконував експериментальні дослідження, забезпечував технічне оформлення результатів проєкту.

Додаток Б

до проміжного/остаточного звіту
(пункт 20)

Копії наукових публікацій, охоронних документів, інша наукова продукція

https://zvitpm.nauka.gov.ua/uk/form/file/23/760733abcc2fb87edc30ce7255b946bc4035f022f1a83a9055a49c4bd88455a7.rar
https://zvitpm.nauka.gov.ua/uk/form/file/23/68fe3c4a62c0db13c864f8cdf627796c6ba410d83a06d7c161f6740270c89156.rar
https://zvitpm.nauka.gov.ua/uk/form/file/23/1259d967fd5bef246b036bd23724a101310ae319cf4739c62512af9a7c7dc441.pdf
https://zvitpm.nauka.gov.ua/uk/form/file/23/fcc4fde6787846c763abe1c0c5e1acacd2b04c91417c60f610a38ec032ba42bc.rar
https://zvitpm.nauka.gov.ua/uk/form/file/23/4010de605729ac94105c2d55575ef5599da8b6c347228fc2279aaafb3929ec47.rar

Додаток В

до проміжного/остаточного звіту
(пункт 21)

Копія витягу з протоколу рішення вченої (наукової, науково-технічної, технічної) ради або іншого керівного (дорадчого) органу (за відсутності зазначеної ради) організації-виконавця роботи щодо результатів розгляду проміжного /остаточного звіту

https://zvitpm.nauka.gov.ua/uk/form/file/23/e2ea55d6cc60242675cb8a35e282a5d0e2801f96778bea0a8682acfc0072ac7c.pdf

Додаток Г

до проміжного/остаточного звіту

(пункт 22)

Анотація основних результатів роботи (звітного етапу) українською та англійською мовами

№	українською	англійською
1	Часто у системах підтримки прийняття рішень використовують математичні моделі різного типу. Коли інформація, яка використовується для підготовки рішення, є неточною або з вимірювальними похибками, то доцільно використовувати інтервальний аналіз даних. Відповідно, математичні моделі складних об'єктів з розподіленими параметрами, зокрема у військовій галузі, екології, медицині, енергетиці та інших галузях, які будують в умовах невизначеності з використанням комп'ютерної техніки, часто, для спрощення обчислень, представляють у вигляді інтервальних різницевих рівнянь, котрі є аналогом диференціальних рівнянь. Проте, незважаючи на спрощене представлення, процес ідентифікації таких моделей все ще потребує значних обчислювальних затрат. Звідси виникає необхідність розширення сфери застосування моделі у певній предметній області при збереженні її прогностичних властивостей. Цю проблему запропоновано вирішити на основі застосування онтологічного підходу, який дасть можливість побудувати модель представлення предметної області. Застосування онтологічної «надбудови» до процесу розробки та використання моделей суттєво розширює можливості моделювання характеристик згаданих систем та підвищує точність моделі у конкретних випадках при збереженні її адекватності без суттєвого підвищення обчислювальної складності при використанні у процесі прийняття рішень. У проєкті розроблено комплексне програмне середовище для математичного моделювання складних об’єктів на основі інтервальних дискретних моделей складних об’єктів, яке ґрунтується на знання-орієнтованому підході опису області побудови даного класу математичних моделей із застосуванням онтології. Розроблено репозиторій інтервальних моделей складних об’єктів, який вміщує онтологічний опис як предметної області їх застосування, так і умови розробки цих моделей. Нові й удосконалені методи та комплексне програмне середовище апробовано для розв’язування прикладних задач побудови комплексів моделей характеристик складних об’єктів в умовах інтервальної невизначеності у сферах військового призначення, охорони довкілля,	Often, decision support systems use mathematical models of various types. When the information used to prepare a decision is inaccurate or has measurement errors, it is advisable to use interval data analysis. Accordingly, mathematical models of complex objects with distributed parameters, in particular in the military, ecology, medicine, energy and other industries that are built under conditions of uncertainty using computer technology, are often, to simplify calculations, represented in the form of interval difference equations, which are an analogue of differential equations. However, despite the simplified representation, the process of identifying such models still requires significant computational costs. Hence the need to expand the scope of application of the model in a certain subject area while maintaining its predictive properties. It is proposed to solve this problem based on the application of an ontological approach, which will make it possible to build a model of representation of the subject area. The application of an ontological “superstructure” to the process of developing and using models significantly expands the possibilities of modeling the characteristics of the mentioned systems and increases the accuracy of the model in specific cases while maintaining its adequacy without significantly increasing the computational complexity when used in the decision-making process. A comprehensive software environment for mathematical modeling of complex objects based on interval discrete models of complex objects, which is based on a knowledge-oriented approach to describing the domain of construction of a given class of mathematical models using ontology was developed in the project. A repository of interval models of complex objects has been developed, which contains an ontological description of both the subject area of their application and the conditions for developing these models. New and improved methods and a comprehensive software environment have been tested for solving applied problems of constructing complexes of models of characteristics of complex objects under conditions of interval uncertainty in the fields of military use,

	медицини, відновлювальної енергетики та ін., які мають вищі прогностичні характеристики, придатні для більш ширших умов застосування при спрощенні обчислювальної складності оперування цими моделями.	environmental protection, medicine, renewable energy, etc., which have higher prognostic characteristics, suitable for wider application conditions while simplifying the computational complexity of operating these models.

Додаток Г

Заявка на участь у конкурсному відборі:
https://zvitpm.nauka.gov.ua/uk/form/file/23/dc69a34799cb2692a22a8a56c2e2b4171b5a255287b1d83746dfa33f8889b134.pdf

Технічне завдання (за наявності):
https://zvitpm.nauka.gov.ua/uk/form/file/23/b2b89b48e0d5d97782a42db12042864834bf93c688a92e06c61c7d4106b0646d.pdf