

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Національного університету «Львівська політехніка»  
д.т.н., професору Назаркевич Марії Андріївні

## РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, доцента Вереса Олега Михайловича  
на дисертаційну роботу **Івантишина Данила-Назара Олеговича**  
*«Методи та засоби побудови інтелектуальних систем дослідження  
параметрів космічної погоди»*

подану до захисту на здобуття наукового ступеня **доктора філософії**  
з галузі знань 12 «Інформаційні технології»  
та спеціальності 124 «Системний аналіз»

### 1. Актуальність теми

Сонячна активність та пов'язані з нею процеси в ближньому космосі проявляються у вигляді певних циклічних змін, на які накладаються потужні і важко передбачувані спорадичні збурення, що є основними факторами, які впливають на космічну погоду. З космічною погодою пов'язані різноманітні фізичні явища, а саме: геомагнітні бурі, збурення атмосферного інфразвуку та атмосферного електричного поля.

Дослідження зв'язків між сонячною активністю та геофізичними збуреннями сприяє поглибленню розуміння складних процесів у навколоземному просторі. Фізичні механізми впливу сонячної активності на нижню атмосферу Землі, зокрема атмосферний інфразвук та електричне поле залишаються не зовсім вивченими, оскільки є низка факторів, пов'язаних із активністю Сонця, які часто впливають на атмосферу одночасно та відрізняються кількістю енергії, переданої в атмосферу Землі, а також спостерігається виражена просторово-часова мінливість таких зв'язків. Ця

проблема потребує вивчення складних взаємодій, що мають місце при поширенні різних типів збурень через середовище Сонце – Земля.

Таким чином, розробка методів і засобів побудови інтелектуальних систем, які дають змогу проводити комплексні дослідження зв'язків сонячної активності зі збуреннями геофізичних полів, вивчати вплив космічних факторів на нижню атмосферу Землі, виявляти нові зв'язки в структурі сонячно-земних взаємодій, класифікувати геоєфективність сонячної активності є актуальним та має практичне значення.

## **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційна робота виконана на кафедрі інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка».

Тема дисертації відповідає науковому напрямку кафедри «Дослідження, розроблення і впровадження інтелектуальних розподілених інформаційних технологій та систем на основі ресурсів баз даних, сховищ даних, просторів даних та знань з метою прискорення процесів формування сучасного інформаційного суспільства».

## **3. Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків**

Запропоновані підходи до вирішення завдань дисертаційної роботи відповідають сучасним тенденціям аналізу даних параметрів космічної погоди та створення інтелектуальних систем, що підтверджує їх актуальність та обґрунтованість.

Детальний аналіз літературних джерел з даної проблеми, чітко поставлені мета та задачі дослідження, використання сучасних методів дослідження сприяють обґрунтованості наукових положень та висновків.

Достовірність отриманих результатів забезпечується їхнім впровадженням для проведення наукових досліджень у Львівському центрі Інституту космічних досліджень НАН України та ДКА України і Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України.

#### **4. Повнота викладу основних наукових положень та висновків в опублікованих працях, а також дотримання вимог академічної доброчесності**

Наукові положення та отримані результати дисертаційної роботи достатньо повно висвітлені у наукових працях та апробовані на міжнародних і всеукраїнських конференціях.

За результатами дисертаційної роботи опубліковано 14 наукових праць: 1 наукова стаття – у фаховому виданні України, яка входить до міжнародних наукометричних баз; 3 статті – у фахових виданнях України; 1 стаття – в науковому періодичному виданні іншої держави, яка індексується в SCOPUS; 9 публікацій – у матеріалах і тезах конференцій.

За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено.

#### **5. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи**

1). *Вперше* розроблено метод аналізу геоєфективності сонячної активності і оцінювання її рівня на основі аналізу просторово-часових даних збурень геофізичних полів викликаних активністю Сонця, що дає змогу комплексного аналізу геофізичних збурень на основі агрегованих даних індексу Dst геомагнітної бурі, геомагнітного індексу полярного електроструму AE, величини природного атмосферного інфразвуку і градієнту електричного потенціалу атмосфери PG та класифікувати геоєфективність сонячної активності.

2). *Вперше* розроблено модель і побудовано архітектуру інтелектуальної системи дослідження параметрів космічної погоди на основі методології системного аналізу, що дає змогу будувати інтелектуальну систему комплексного дослідження зв'язків сонячної активності з геомагнітним полем, природним атмосферним інфразвуком і градієнтом електричного потенціалу атмосфери.

3). *Удосконалено* шкалу класифікації геоєфективності сонячної активності, яка на відміну від наявної побудована на основі агрегованих просторово-часових даних збурень геофізичних полів викликаних активністю Сонця.

4). *Розвинуто* метод спектрального аналізу впливу космічних променів на природний атмосферний інфразвук на основі застосування вейвлет перетворення, що дає змогу отримувати вейвлет-скалограму досліджуваного сигналу зі змінною роздільною здатністю по частоті та часові.

## **6. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому та оформлення**

Дисертаційна робота Івантишина Д.-Н. О. є завершеною науковою працею, що містить вступ, чотири основних розділи, висновки, список використаних джерел і додатки. Структура дисертації є логічною та послідовною, що забезпечує цілісність роботи та демонструє системний підхід до вирішення поставлених наукових задач.

Загальний обсяг роботи складає 190 сторінок, з них 152 сторінки основного тексту, який містить 38 рисунків, 5 таблиць, список використаних джерел із 102 найменувань.

У *вступі* обґрунтовується актуальність теми, визначається мета і завдання дослідження, коротко описуються методи і підходи, використані у роботі.

*Перший розділ присвячено* аналітичному огляду підходів до реалізації систем дослідження параметрів космічної погоди на прикладах Центру прогнозу космічної погоди США, Центру даних космічної фізики Годдарда та прототипу служби прогнозування іоносфери IPS, а також методів аналізу даних параметрів космічної погоди.

На основі проведеного аналізу визначено основні вимоги до побудови інтелектуальних систем дослідження параметрів космічної погоди.

У *другому розділі* визначено основні задачі дослідження індексів космічної погоди на основі інтелектуальної системи дослідження параметрів космічної погоди.

Для реалізації поставлених задач розроблено метод аналізу геоєфективності сонячної активності та оцінювання її рівня на основі аналізу просторово-часових даних збурень геофізичних полів викликаних активністю Сонця, алгоритм кореляційно-регресійного аналізу даних космічної погоди, що дає змогу встановлювати кореляційний зв'язок між досліджуваними ознаками та будувати регресійну модель цього зв'язку, а також для дослідження частотно-часових характеристик експериментальних даних запропоновано спектральний аналіз на основі віконного перетворення Фур'є і вейвлет перетворення та розроблено алгоритм його реалізації.

У *третьому розділі* визначено основні функції інтелектуальної системи дослідження параметрів космічної погоди та з використанням методології системного аналізу розроблено логічну та фізичну моделі інтелектуальної системи, модель бази даних, а також побудовано базову архітектуру інтелектуальної системи.

Логічна модель інтелектуальної системи розроблена на основі діаграми варіантів використання, діаграми класів, діаграми послідовності.

Фізична модель інтелектуальної системи розроблена на основі діаграми розгортання, яка відображає взаємозв'язки між компонентами системи та їх розміщення на фізичних пристроях. Діаграма розгортання інтелектуальної системи дослідження параметрів космічної погоди ілюструє архітектуру системи, що складається з клієнтського та веб-серверного компонентів, компоненту обробки даних, а також компонентів для завантаження даних із зовнішніх джерел даних. Зв'язки між компонентами забезпечують передачу даних та запитів для функціонування системи.

У *четвертому розділі* розроблено прототип клієнт-серверної інтелектуальної системи на основі програмного забезпечення сервера,

програмного забезпечення користувача та прикладного програмного забезпечення.

Реалізований функціонал прототипу інтелектуальної системи забезпечує збір даних індексів космічної погоди, попереднє опрацювання даних для їх підготовки до інтелектуального аналізу, опрацювання даних на основі методів кореляційно-регресійного аналізу, спектрального аналізу з використанням віконного Фур'є перетворення і вейвлет перетворення та аналізу геоєфективності сонячної активності.

*Висновки* дисертаційної роботи містять загальний підсумок результатів наукових досліджень, які відповідають меті та основним завданням роботи.

Дисертація за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України.

## **7. Зауваження до дисертації**

1). «Перелік умовних позначень» (стор.15) не містить опису індексів Dst, AE, PG тощо, які автор використовує в дослідженні.

2). У п. 1.3.1 дисертації надто детально описано архітектуру прототипу служби прогнозування іоносфери IPS, а також відсутнє обґрунтування переваг та недоліків додатку з погляду мети дослідження дисертаційної роботи.

3). Рис.2.1, рис. 2.2. – краще підписати як відповідні діаграми діяльності, що підкреслить застосування об'єктно-орієнтованого підходу у моделюванні.

4). Формули розділу 2 не пронумеровані, що ускладнює можливість посилань на їхнє використання в роботі загалом.

5). У пп. 3.3. «Модель бази даних інтелектуальної системи» використано два підходи до проектування БД – об'єктно-орієнтований (діаграма класів) і структурний (модель «сутність-зв'язок»), що є

надлишковим. Автору достатньо було подати модель БД у вигляді діаграми класів.

Наведені зауваження не зменшують наукову значущість та практичну цінність роботи.

## 8. Висновки

Дисертаційна робота Івантишина Данила-Назара Олеговича «Методи та засоби побудови інтелектуальних систем дослідження параметрів космічної погоди», яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 124 «Системний аналіз» (галузь знань 12 «Інформаційні технології») є актуальною, завершеною науковою працею, в якій вирішено важливу наукову задачу.

Беручи до уваги актуальність, новизну та практичну цінність одержаних результатів, вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор Івантишин Данило-Назар Олегович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 124 «Системний аналіз».

### Рецензент:

кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри інформаційних систем та мереж  
Національного університету  
«Львівська політехніка»



Олег ВЕРЕС

### Підпис к.т.н., доцента Вереса О.М. засвідчую:

Проректор з науково-педагогічної роботи  
Національного університету  
«Львівська політехніка»

« 19 » 07 2024 р.



Олег ДАВИДЧАК