

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

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Угрин Дмитра Ілліча
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

Дослідження космічної погоди є важливим напрямком сучасної науки, що має значний вплив на функціонування технічних систем та життєдіяльність людини. Сонячна активність супроводжується інтенсивним рентгенівським випромінюванням, викидами сонячних енергетичних частинок, викидами корональної маси і магнітного поля в міжпланетний простір, які є основними факторами, що контролюють космічну погоду.

Дослідження впливу сонячної активності на навколоземний простір на сьогоднішній день є актуальною проблемою, оскільки в системі Сонце-Земля трапляються екстремальні явища, коли спалахи і викиди маси, що відбулися на Сонці, дуже сильно впливають на навколоземний космічний простір. Разом з тим, структура сонячно-земних зв'язків є надзвичайно складною і ще далеко

не вивченою, а ризики пов'язані з космічною погодою зростають, оскільки основні сфери нашого життя стають все більш технологічно розвинутими.

Розробка методів та засобів побудови інтелектуальних систем для дослідження космічної погоди є актуальною науково-технічною задачею. Дисертаційна робота Івантишина Д.-Н. О. присвячена розв'язанню цієї задачі з використанням методології системного аналізу, що дозволяє комплексно досліджувати зв'язки сонячної активності з геофізичними полями.

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

Аналіз публікацій Івантишина Д.-Н. О. свідчить про високий рівень апробації результатів дисертаційного дослідження. Основні наукові положення та висновки опубліковані у 14 наукових працях, що включають 1 наукову статтю 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. Автор представив результати свого дослідження на 9 міжнародних та всеукраїнських конференціях, що свідчить про широку апробацію роботи.

Ці публікації охоплюють основні теоретичні та практичні результати дисертаційного дослідження, включаючи розроблений метод аналізу геофективності сонячної активності та її класифікації, розроблену архітектуру інтелектуальної системи дослідження параметрів космічної погоди та її практичну реалізацію.

Варто зазначити, що значна частина публікацій виконана одноосібно, що підкреслює самостійність дослідження автора, а хронологія публікацій

(2019-2024) демонструє послідовний розвиток дослідження протягом усього періоду роботи над дисертацією.

Кількість та якість публікацій відповідають вимогам МОН України до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

У дисертаційній роботі не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела.

3. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Івантишина Д.-Н. О. містить ряд важливих наукових результатів, які характеризуються суттєвою новизною та вносять значний вклад у розвиток методів та засобів дослідження параметрів космічної погоди, зокрема:

- вперше розроблено метод, який дозволяє комплексно аналізувати геофізичні збурення на основі агрегованих даних різних індексів та класифікувати геоефективність сонячної активності. Метод базується на аналізі просторово-часових даних збурень геофізичних полів, викликаних активністю Сонця, включаючи індекс Dst геомагнітної бурі, геомагнітний індекс полярного електроструму АЕ, величину природного атмосферного інфразвуку і градієнт електричного потенціалу атмосфери РG;

- удосконалено шкалу класифікації геоефективності сонячної активності, яка на відміну від існуючої побудована на основі агрегованих просторово-часових даних збурень геофізичних полів викликаних активністю Сонця;

- розвинуто метод спектрального аналізу впливу космічних променів на природний атмосферний інфразвук на основі застосування вейвлет перетворення. Це дає змогу отримувати частотно-часові характеристики

досліджуваного сигналу із змінною роздільною здатністю по частоті та часові;
- на основі методології системного аналізу вперше розроблено модель і побудовано архітектуру інтелектуальної системи дослідження параметрів космічної погоди, що дає змогу створювати ефективні інтелектуальні системи для комплексного дослідження зв'язків сонячної активності з різними геофізичними полями.

4. Оцінка змісту дисертації та її оформлення

Дисертаційна робота Івантишина Д.-Н. О. містить 190 сторінок друкованого тексту, є завершеною науковою працею, та складається з анотації, змісту, переліку скорочень, вступу, чотирьох основних розділів, у яких подано 38 рисунків, 5 таблиць, списку використаних джерел із 102 найменування і трьох додатків.

В **першому розділі** дисертаційної роботи проаналізовано підходи до реалізації систем дослідження космічної погоди на прикладах Центру прогнозу космічної погоди США, Центру даних космічної фізики Годдарда та прототипу служби прогнозування іоносфери IPS та методи аналізу даних параметрів космічної погоди.

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

В **другому розділі** визначено основні задачі дослідження індексів космічної погоди на основі інтелектуальної системи для реалізації яких розроблені алгоритми кореляційно-регресійного аналізу даних космічної погоди і спектрального аналізу даних на основі віконного перетворення Фур'є і вейвлет перетворення, а також метод аналізу геоєфективності сонячної активності і оцінювання її рівня на основі аналізу просторово-часових даних збурень геофізичних полів викликаних активністю Сонця та класифікації

геоефективності сонячної активності на основі розробленої експертної системи продукційного типу.

В третьому розділі визначено основні функції інтелектуальної системи дослідження параметрів космічної погоди та з використанням методології системного аналізу розроблено логічну та фізичну моделі інтелектуальної системи та модель бази даних. Проведений функціональний аналіз інтелектуальної системи дослідження параметрів космічної погоди дозволив побудувати базову архітектуру розроблюваної системи на основі дворівневої моделі «клієнт-сервер», що дає змогу створювати інтелектуальні системи комплексного дослідження зв'язків сонячної активності з геомагнітним полем, природним атмосферним інфразвуком і градієнтом електричного потенціалу атмосфери.

В четвертому розділі представлено розроблений прототип клієнт-серверної інтелектуальної системи на основі програмного забезпечення сервера, програмного забезпечення користувача та прикладного програмного забезпечення, а також проведений аналіз результатів опрацювання індексів космічної погоди з використанням функціоналу прототипу інтелектуальної системи.

Реалізований функціонал прототипу інтелектуальної системи забезпечує збір даних індексів космічної погоди, попереднє опрацювання даних для їх підготовки до застосування алгоритмів інтелектуального аналізу, опрацювання даних, що реалізує методи кореляційно-регресійного аналізу, спектрального аналізу на основі віконного Фур'є перетворення і вейвлет перетворення, аналізу геоефективності сонячної активності.

Висновки підсумовують основні результати дисертаційної роботи.

Робота відповідає вимогам до оформлення дисертації згідно із наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 р.

5. Ступінь обґрунтованості основних положень і висновків

У дисертаційній роботі Івантишина Д.-Н. О. проведено ґрунтовний аналітичний огляд підходів до реалізації систем дослідження параметрів космічної погоди та методів аналізу даних. Автор демонструє глибоке розуміння сучасного стану проблеми, що дозволяє йому обґрунтовано запропонувати нові підходи для вирішення завдань роботи.

Запропоновані методи аналізу даних параметрів космічної погоди базуються на строгих математичних основах, що забезпечує достовірність отриманих результатів.

Розробка прототипу інтелектуальної системи дослідження параметрів космічної погоди та її успішне тестування підтверджують обґрунтованість та достовірність теоретичних положень дисертації.

6. Практична цінність отриманих результатів

Практична цінність отриманих результатів дисертаційної роботи полягає в наступному:

- програмній реалізації методу аналізу геофективності сонячної активності і оцінювання її рівня для класифікації геофективності події та розробці удосконаленої шкали класифікації геофективності сонячної активності, побудованої на основі агрегованих просторово-часових даних збурень геофізичних полів викликаних активністю Сонця;

- розробці прототипу інтелектуальної системи дослідження параметрів космічної погоди побудованого на основі програмного забезпечення сервера,

програмного забезпечення користувача та прикладного програмного забезпечення.

Результати роботи впроваджені для наукових досліджень у Львівському центрі Інституту космічних досліджень НАН України та ДКА України і Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України на базі радіотелескопа УРАН-3, який становить національне надбання України.

7. Зауваження до дисертації

1. В першому розділі дисертації доцільно було б більше уваги акцентувати на невирішених задачах, які вирішуватимуться надалі у роботі.

2. В другому розділі дисертації не в повній мірі обґрунтовано вибір методів інтелектуального аналізу даних для дослідження параметрів космічної погоди.

3. В четвертому розділі дисертації доцільно було б провести більш детальне порівняння результату аналізу геофективності сонячної активності з іншими методами оцінки геофективності, що використовуються в дослідженнях космічної погоди.

4. В оформленні роботи є окремі неточності та зустрічаються деякі граматичні помилки.

Вищенаведені зауваження не мають принципового характеру і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

8. Загальний висновок

З огляду на актуальність теми дисертаційної роботи, обґрунтованість наукових результатів і висновків, їх наукову новизну та практичну цінність, повноту викладення матеріалів дисертації в наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що дисертація

Івантишина Данила-Назара Олеговича «Методи та засоби побудови інтелектуальних систем дослідження параметрів космічної погоди» відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої 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».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
доцент кафедри комп'ютерних наук
Навчально-наукового інституту
фізико-технічних та комп'ютерних наук
«Чернівецького національного
університету імені Юрія Федьковича»

Дмитро УГРИН

Підпис *Угрин Д.І.* засвідчую
Начальник відділу кадрів Чернівецького
національного університету
імені Юрія Федьковича
" 18 " 07 2024 р

