

ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертаційну роботу Костюченка Юрія Васильовича
«Комплексування супутниковых даних і математичного моделювання в задачах
оцінки геоекологічних ризиків і безпеки»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю
05.07.12 - «дистанційні аерокосмічні дослідження»

Представлена дисертація присвячена питанням розробки фізичних основ дистанційних досліджень, зокрема, моделей, методів та алгоритмів обчислення параметрів і характеристик природних середовищ, а також питанням розробки теоретичних та практичних основ дистанційного екологічного моніторингу, зокрема, моніторингу і контролю надзвичайних ситуацій.

В дисертаційній роботі Ю.В. Костюченка розв'язана актуальна наукова та народногосподарська проблема підвищення достовірності прогнозування небезпек та оцінки ризиків на основі застосування моделей геологічного середовища з даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

Загалом, робота представляє комплекс взаємопов'язаних задач, які відносяться до кількох суміжних галузей: геофізики, фізики атмосфери, аерокосмічних методів, обчислювальної математики, що об'єднані застосуванням методів геостатистики і геоінформатики, зокрема, застосуванням оригінальних чисельних, чисельно-аналітичних методів, методів теорії оптимальних рішень і стохастичної оптимізації. Таким чином, робота є міждисциплінарною.

Актуальність теми. Загальна методична актуальність полягає в необхідності створення моделей геологічного середовища, які оперують даними ДЗЗ та спрямовані на отримання сукупності багатомасштабних оцінок небезпечних природних явищ на основі аналізу взаємопов'язаних небезпечних геологічних, геофізичних процесів, кліматичних та екологічних змін, а також вдосконалення засобів та систем аерокосмічного моніторингу для прогнозування регіональних небезпек.

Автором представлено місце і роль досліджень, що склали основу роботи, в тематиці ЦАКДЗ НАН України і програмах НАН України. Таким чином, беручи до уваги запропонований автором огляд стану робіт в галузі оцінки ризиків надзвичайних ситуацій, а також те, що дослідження є невід'ємною складовою тематики Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України. Інноваційного центру НАН України, входять до тематики Відділення наук про Землю НАН України та міжнародних програм, слід вважати доведеною актуальність представленої роботи.

Аналіз та прогнозування різномасштабних ризиків надзвичайних ситуацій через моделювання впливу процесів, що мають різне походження і просторово-часові масштаби, є важливою і досі актуальною задачею геофізики, геоінформатики і дистанційних аерокосмічних досліджень, яка потребує детального вивчення, як з точки зору математичних методів, так і з точки зору розвитку аерокосмічних методів.

Таким чином, вирішувана задача може бути визнаною актуальною з точки зору розвитку обчислювальних методів і математичних методів в дослідженні геологічного середовища.

Наукова новизна. Представлена робота містить необхідні елементи наукової новизни.

В роботі вперше представлено наукові результати оцінювання показників довгострокової небезпеки виникнення надзвичайних ситуацій за допомогою комплексування даних ДЗЗ

різних діапазонів, просторового аналізу даних, розроблених моделей енергомасообміну в природних системах та моделей формування корисного сигналу земних утворень.

Можна погодитися з автором, та виділити серед наукових результатів такі, що мають новизну:

1) Вперше було проаналізовано за допомогою запропонованих автором нелінійних алгоритмів весь наявний часовий та просторовий розподіл надзвичайних ситуацій природного походження, на основі чого було ґрунтовно підверджено існуючі гіпотези щодо цих розподілів, а також було виявлено у новій формі тенденції виникнення та перебігу природних надзвичайних ситуацій.

2) Було розроблено нові інтегровані моделі енергомасообміну в природних системах та моделі формування корисного сигналу земних утворень орієнтовані на застосування методів ДЗЗ та аналізу просторово розподілених даних. З використанням відомих апробованих фізико-математичних та статистичних моделей, було розроблено та адаптовано комплексні моделі геологічного середовища та природних систем, зокрема:

- снігового покриву, яка враховує чотири компоненти і визначає їхню композицію в залежності від метеорологічних параметрів, а також запропоновано на її основі стохастичну модель сніготанення, яка дозволяє найбільш точно визначати показники водного балансу територій;
- запропоновано орієнтовану на використання дистанційних методів модель динаміки вологи у ґрутовому покриві, в тому числі в умовах наявності рослинності, розроблену в рамках запропонованого підходу, яка дозволяє визначати корисний сигнал та будувати коректні методики вивчення вологості ґрунту для використання в задачах оцінки паводкової небезпеки;
- модель евапотранспірації дозволяє визначати просторово розподілені характеристики рослинного покриву за даними ДЗЗ в задачах оцінки водного балансу поверхні.

3) Було розроблено підходи до оцінювання наслідків прогнозованих довгострокових, зокрема, кліматичних змін на ескалацію природних надзвичайних ситуацій для території України. Для цього в роботі вперше запропоновано та застосовано комплекс методів нелінійного багатовимірного мультиваріативного аналізу для оцінки мір ризиків в багатокомпонентних гетерогенних системах. Зокрема, запропоновано та розроблено низку методів аналізу даних, в тому числі:

- запропоновано і розроблено метод нелінійної просторово-часової регуляризації для аналізу даних наземних спостережень з метою отримання регуляризованих розподілів регіональних показників, показано підвищення відносної достовірності методу;
- запропоновано та розроблено метод оцінки ймовірності проявів екстремальних кліматичних явищ за результатами аналізу даних метеорологічних спостережень з метою аналізу рушійних сил надзвичайних ситуацій, визначено в явному вигляді розподіли найбільш ймовірних значень екстремальних температур при відомих змінах середньої температури;
- запропоновано та проблемно адаптовано метод інтеграції даних локальних метеорологічних спостережень в глобальні кліматичні моделі, тобто підхід до регіоналізації моделей кліматичних змін за даними регуляризованих регіональних спостережень на основі розробленої методики аналізу спостережень та уточнення моделей по наборам даних спостережень, представлених на гіЛЬбертових випадкових просторах та адаптованої методики трансформації ансамблів фільтрацією Калмана, отримано регіональні сценарії кліматичних змін;

- запропоновано та розроблено метод оцінки комплексних мір ризику за результатами спільногого аналізу багатовимірних мультиваріативних величин на основі непараметричних кернелевських копула-функцій, отримано сталі кореляції між базовими показниками ризиків. Таким чином, створено комплекс взаємопов'язаних детермінованих і стохастичних моделей аналізу просторово розподілених даних спостережень та вимірювань в задачах оцінки ризиків.

4) Розроблено нові та вдосконалено існуючі проблемно – орієнтовані методи комплексування даних ДЗЗ. Зокрема, обґрунтовано, розроблено, регіонально адаптовано та застосовано комплекс методів багатоспектральної зйомки при визначенні показників безпеки, в тому числі:

- запропоновано та обґрунтовано в комплексі методів використання оптичного індексу снігового покриву *NDSI*;
- визначено, теоретично обґрунтовано явний вигляд та регіонально адаптовано коректну методику використання водного індексу *NDWI*;
- визначено регіональні калібрувальні ознаки вегетаційних індексів *NDVI*, *LAI*, *EVI*, *SAVI*, *ARVI*;
- регіонально та проблемно адаптовано коректну методику використання спостережень в оптичному діапазоні в комплексі детектування малих вертикальних рухів земної поверхні;
- запропоновано комплекс методів довгострокової оцінки пожежної безпеки за даними супутникового спостереження;
- запропоновано та апробовано методи комплексного використання даних супутникового спостереження земної поверхні в радіо - та оптичному діапазонах зйомки для визначення зон підтоплення, показано роль використання даних ДЗЗ різного походження при визначенні параметрів середньо- та довгострокової паводкової безпеки територій, що дозволило створити взаємопов'язаний комплекс індикаторів стану безпеки територій за даними ДЗЗ.

5) Також запропоновано методи вирішення моніторингових та прогностичних задач для контролю катастрофічних ситуацій. Зокрема:

- визначено дешифрувальні ознаки при оцінювання і прогнозуванні паводкового потенціалу територій та оцінено необхідні обсяги та якісні характеристики завіркових даних при оцінюванні та прогнозуванні паводкової небезпеки;
- наведено комплексне наукове обґрунтування заходів з оптимізації методик використання супутникової зйомки, розроблено сценарії використання систем ДЗЗ при вирішенні завдань, пов'язаних з екологічною безпекою територій та стадіям природокористуванням;
- вперше запропоновано у завершенному вигляді комплексний підхід до використання просторово розподілених даних і систем супутникового спостереження земної поверхні, даних з наземних полігонів, моделей енергомасообміну в природних системах та моделей спектрального сигналу земних утворень для оцінювання небезпеки НС.

6) Було запропоновано узагальнюючий формалізований вигляд підходу до використання даних ДЗЗ в системах управління безпекою, і відповідно, до побудови методик оцінки ризиків надзвичайних ситуацій з використанням даних ДЗЗ. На основі розроблених моделей, запропонованих методів аналізу багатовимірних даних, а також з використанням підходу, основаного на використанні вирішувальної функції Басса, було зроблено оцінки ризиків надзвичайних ситуацій природного походження (в тому числі, пов'язаних з ескалацією довгострокових змін) для території України.

Таким чином розроблено науково - методологічну основу використання засобів супутникового спостереження земної поверхні при вирішенні задач довгострокового прогнозування небезпеки, пов'язаної з виникненням надзвичайних ситуацій. Результати дослідження дозволяють більш ефективно застосовувати дані ДЗЗ і більш об'єктивно оцінювати довгострокову небезпеку виникнення надзвичайних ситуацій, підвищити достовірність і оперативність вирішення важливих задач, пов'язаних з екологічною безпекою територій та сталим природокористуванням.

Можна констатувати, що в роботі, у вигляді комплексу взаємопов'язаних моделей, запропоновано у завершеному вигляді комплексний підхід до використання просторово розподілених даних і систем супутникового спостереження земної поверхні, даних з наземних полігонів, моделей енергомасообміну в природних системах та моделей спектрального сигналу земних утворень для кількісного оцінювання ризиків надзвичайних ситуацій.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення отриманих результатів головним чином визначається галуззю застосування розроблюваних підходів і моделей, а також актуальністю роботи. Очевидно, що ключовою областю практичного застосування результатів дослідження є моніторинг катастрофічних процесів, контроль безпеки і оцінка ризиків, пов'язаних із надзвичайними ситуаціями. Сукупність запропонованих в роботі моделей, методів і алгоритмів може бути застосована як основа для систем підтримки прийняття рішень в галузі безпеки з використанням просторово розподілених даних і даних ДЗЗ.

На основі запропонованих підходів, за твердженням автора, вже розроблено низку прикладних методик управління безпекою і оцінки ризиків. Таким чином, запропоновані підходи було використані для оптимізації методик та розбудови системи моніторингу і прогнозування ризиків, в тому числі, при підготовці комплексу супутників і наземних експериментів.

Крім того, отримані результати дозволяють істотним чином уточнити розуміння функціонування атмосферної компоненти кліматичної системи, і можуть бути використані в моделях клімату, спрямованих на розуміння рушійних сил надзвичайних ситуацій.

Також слід зазначити практичну значимість представленої роботи для задач інтеркалірування даних різних сенсорів з точки зору розвитку аерокосмічних дистанційних досліджень. Результати представленої роботи сприятимуть підвищенню точності оцінювання окремих явищ та процесів за даними спостереження з різних супутників.

Таким чином, робота має кілька галузей застосування – кліматологія, метеорологія, контроль надзвичайних ситуацій, дистанційне зондування Землі, де її результати матимуть чітке практичне значення.

Достовірність і обґрунтованість наукових результатів. Наукові результати та висновки роботи є достатньою мірою обґрунтованими і достовірними.

Обґрунтованість запропонованого підходу підтверджується формальною повнотою та адекватністю фізичного опису ключових процесів переносу в природних системах. Крім того, при розробці запропонованих методів використовувалися відомі апробовані фізико-математичні та статистичні моделі окремих процесів.

В цілому дисертаційна робота спроваджує позитивне враження. Робота написана зрозуміло, матеріал викладено послідовно і досить детально, формулювання головних моментів коректні і точні. Автор добре володіє професійною лексикою.

При цьому, однак, можна сформулювати кілька зауважень, що відображають окремі недоліки, які притаманні представлений роботі:

1. Автором використано аналітичний апарат, зокрема в 2, і особливо в 3 розділі, який видається занадто громіздким для вирішення поставлених, цілком зрозумілих задач. Обґрунтуванню використання цього математичного апарату слід приділити окрему увагу в тексті роботи.
2. Не проведено детальний порівняльний аналіз запропонованих методів оцінювання ризиків з відомими.
3. Хоча результати, отримані автором, досить рівномірно розподілені по розділах роботи, вони іноді, не чітко відокремлені в тексті. При цьому висновки за розділами сформульовані занадто громіздко і не чітко, що ускладнює сприйняття матеріалу і потребує додаткових зусиль для того, щоб зрозуміти авторський внесок і відокремити його від того, що було зроблено раніше. Автору можна було б сформулювати висновки чіткіше.
4. Необхідно звернути увагу на технічні питання оформлення роботи на даному етапі її представлення: в роботі присутні окремі технічні помилки, зокрема в представленні рисунків, в кількох місцях є повтори, наприклад у висновках, а також є хибодруки.

Зазначені зауваження та наявні невеликі неточності в тексті не змінюють загальної досить високої оцінки роботи.

Дисертація Ю.В. Костюченка є завершеним оригінальним дослідженням актуальної проблеми, яке виконане на високому науковому рівні і свідчить про відповідну наукову кваліфікацію автора. Робота пройшла достатню апробацію. Результати досліджень, які приведені в дисертації, опубліковані в 48 роботах, з яких 23 статей у фахових періодичних виданнях. Автореферат повністю відображає зміст дисертації.

На підставі вищевикладеного вважаю, що за критеріями актуальності, ступеню новизни, обґрунтованості, науковій та практичній цінності здобутих результатів, дисертація Костюченка Ю.В. "Комплексування супутниковых даних і математичного моделювання в задачах оцінки геоекологічних ризиків і безпеки" **відповідає необхідним кваліфікаційним вимогам**. Таким чином, дисертацію Ю.В. Костюченка подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальністю 05.07.12 – дистанційні аерокосмічні дослідження, можна **рекомендувати до захисту** в спеціалізованій вченій раді Д 26.162.03 в Державній установі «Науковий Центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України».

Доктор технічних наук, професор, зав. відділом
дистанційних методів та перспективних приладів
Інституту космічних досліджень НАНУ та ДКАУ

Підпис Яценко В.О. засвідчує
Вчений секретар

В.О. Яценко

О..О. Ніжніченко

