

УДК 528.8.04:004.021

РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОЗВИТКУ РОСЛИННИЦТВА В РЕГІОНАХ УКРАЇНИ ЗА СТАТИСТИЧНИМИ І СУПУТНИКОВИМИ ДАНИМИ

А.Ю. Шелестов^{1,2,3}, І.М. Бутко⁴, М.С. Лавренюк¹, Б.Я. Яйлимов^{1,3}, А.В. Колотій.^{1,2,3}

¹Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України,

²Національний університет біоресурсів та природокористування України,

³Національний технічний університет України «КПІ»

⁴Центр організації застосування космічних засобів та засобів спеціального контролю
Національного центру управління та випробувань космічних засобів
Державного космічного агентства України

*andrii.shelestov@gmail.com, butko.igor.68@gmail.com, nick_93@ukr.net,
andrew.k.911@gmail.com*

В статті розв'язується задача визначення економічних показників, для моделювання яких можна застосовувати індуктивні підходи та методи глибинного навчання на основі супутникових даних, проводиться оцінка точності таких моделей. Серед економічних показників розглядаються індекс сталого розвитку та ступінь гармонізації.

Ключові слова: супутникові дані, агромоніторинг, регресійний аналіз, індукційні моделі, глибинне навчання, продовольча безпека.

This article aims at the determining the economic indicators that can be estimated with inductive based approaches and deep-learning techniques with use of satellite data, and accuracy assessment of such models. Among economic indicators index of sustainable development and the degree of harmonization are considered.

Keywords: satellite data, agromonitoring, regression analysis, induction models, deep learning, food security.

В статье решается задача определения экономических показателей, для моделирования которых можно применять индуктивные подходы и методы глубинного обучения на основе спутниковых данных, проводится оценка точности таких моделей. Среди экономических показателей рассматриваются индекс устойчивого развития и степень гармонизации.

Ключевые слова: спутниковые данные, регрессионный анализ, индукционные модели, глубинное обучение, продовольственная безопасность.

Вступ

В останні роки супутникові дані є надійним джерелом об'єктивної інформації для задач агромоніторингу на глобальному та регіональному рівнях [1-4]. Враховуючи значні обсяги інформації, що надходять від супутників різного спектрального та просторового розрізнення, для їх обробки створюються автоматизовані інформаційні технології машинного навчання [5-10]. Одна із технологій глибинного навчання, що ґрунтується на ієрархічній нейромережевій моделі класифікації геопросторових даних запропонована в [11-13]. За її допомогою можна будувати карти земного покриття та оцінювати зміни землекористування в Україні за період незалежності держави [14]. Отримані карти земного покриття за різні періоди часу в сукупності зі

статистичними даними дозволяють аналізувати площі орних земель, а на більш високому рівні — показники розвитку рослинництва в регіонах України. Аналіз змін земного покриву за даними дистанційного зондування Землі дозволяє оцінювати, проводити аналіз та робити висновки щодо рівня розвитку агропромислового комплексу, а точніше такої галузі сільського господарства як рослинництво.

Враховуючи той факт, що дані, отримані за допомогою дистанційних засобів зондування Землі, мають неупереджений характер, а підрахунок кількісних параметрів можна автоматизувати, таке джерело інформації є надійним для підрахунку макроекономічних показників.

В даній роботі ставиться задача визначити перелік економічних показників, для аналізу яких можна застосовувати індуктивні моделі на основі супутникових даних та оцінити точність таких моделей [15].

1. Визначення економічних показників розвитку регіону, пов'язаних з даними дистанційних спостережень

До числа основних показників стану агропромислового комплексу, в обрахунку яких доцільно використовувати дані геопросторового моніторингу відносяться: обсяг виробництва сільськогосподарської продукції, структура валової продукції сільського господарства у вартісному вимірі (в нашому випадку рослинництва); виробництво основних видів продукції рослинництва у натуральному вимірі та сільськогосподарське виробництво за формами власності.

Обсяг виробництва сільськогосподарської продукції – один з основних показників, які характеризують діяльність сільськогосподарських підприємств. Від його величини залежить об'єм реалізації продукції, рівень її собівартості, маса прибутку, рівень рентабельності та інші економічні показники. У вартісній формі валову продукцію сільського господарства розраховують у порівняних цінах з метою: визначення обсягу її виробництва в структурному співвідношенні в цілому по підприємствах, окремих регіонах і на державному рівні; низки вартісних економічних показників, що характеризують рівень продуктивності праці, віддачі основних фондів; фондомісткості виробництва, його капіталомісткості та ін.; темпів зростання валового виробництва продукції; продуктивності праці та інших якісних показників у цілому по сільському господарству.

При визначенні вартості валової продукції сільського господарства до її складу включають вартість основної, побічної і супутньої продукції рослинництва, приріст незавершеного виробництва в цих галузях і вартість вирощування за рік молодих культурних насаджень (до вступу їх у період плодоношення).

Показник виробництва валової продукції на 100 га сільськогосподарських угідь характеризує рівень ефективності використання землі, а тому його зростання засвідчує поліпшення господарської діяльності підприємства, і навпаки. Очевидно, що в масштабах адміністративної одиниці — району або області — для аналізу ефективності використання сільськогосподарських земель важливу роль відіграє залежність вартості валової продукції сільського господарства від площі орних земель. Площі орних земель для окремих адміністративних одиниць можна отримати на основі карт земного покриву (Рис. 1), побудованих шляхом класифікації супутникових даних методом глибинного машинного навчання [16-17].

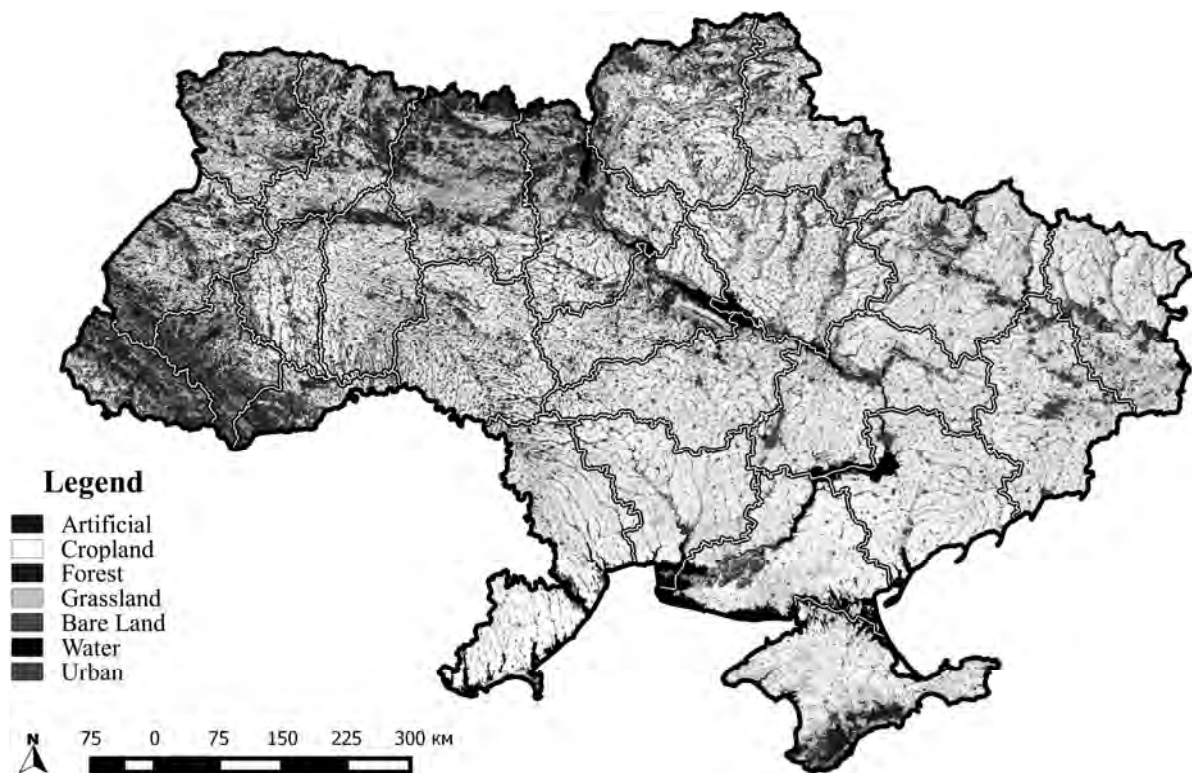


Рис. 1. Карта земного покриву України, 2010 р.

2. Аналіз площі орних земель регіонів України за супутниковими та статистичними даними

В роботах [3, 14] представлена методологія картографування земного покриву та землекористування, на основі якої обчислені площі орних земель по областям України за 1990, 2000, 2010 роки.

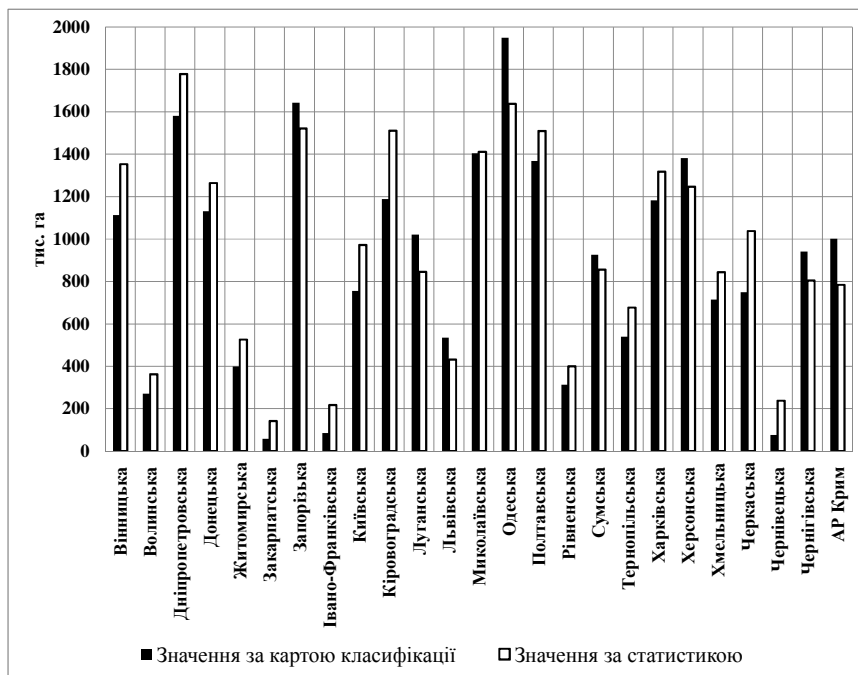


Рис. 2. Порівняння посівних площ, отриманих за супутниковими даними, з даними статистики по областях в 2010р..

Рівень розвитку рослинництва аналізується за такими показниками як загальна площа земель сільськогосподарського користування; посівні площі; площі сільськогосподарських земель під основними сільськогосподарськими культурами; валовий збір сільськогосподарських культур; урожайність основних сільськогосподарських культур. Використання засобів дистанційного зондування Землі дає можливість проведення валідації статистичних економічних показників (Рис. 2).

На Рис. 2 наведено результат співставлення площ орних земель для окремих областей України, отриманих за супутниковими даними з показниками статистичної звітності за 2010 рік.

3. Аналіз залежності економічних показників від даних дистанційного моніторингу

На Рис. 3 наведено статистичні показники обсягу продукції сільського господарства по областях України та проаналізовано їх залежність від площі сільськогосподарських земель в 1990, 2000 та 2010 рр., відповідно.

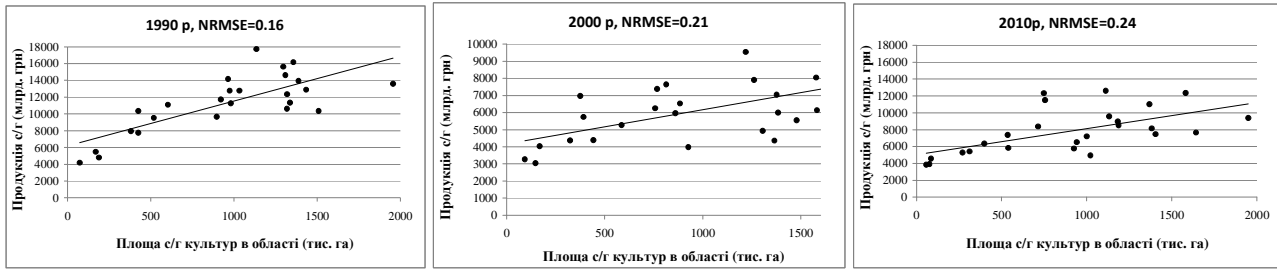


Рис. 3. Залежність обсягу продукції сільського господарства по областях від площі сільськогосподарських земель в 1990, 2000 та 2010 рр., відповідно

4. Дослідження зв'язку даних дистанційного моніторингу з показниками сталого розвитку регіонів

На більш високому рівні абстракції в якості економічних показників стану і розвитку області використовується індекс сталого розвитку та ступінь гармонізації. Індекс сталого розвитку – це оцінка сфери розвитку суспільства з огляду на три сфери: економічну, екологічну та соціально-інституціональну [18]. Враховуючи, що всі дані та індекси обчислюються за допомогою різних величин і в різних діапазонах, всі дані нормуються в діапазон 0-1. Ступінь гармонізації показує наближення кута між індексом сталого розвитку та «ідеальним» вектором, що рівновіддалений від кожної з координат (економічної, екологічної та соціально-інституціональної) [18].

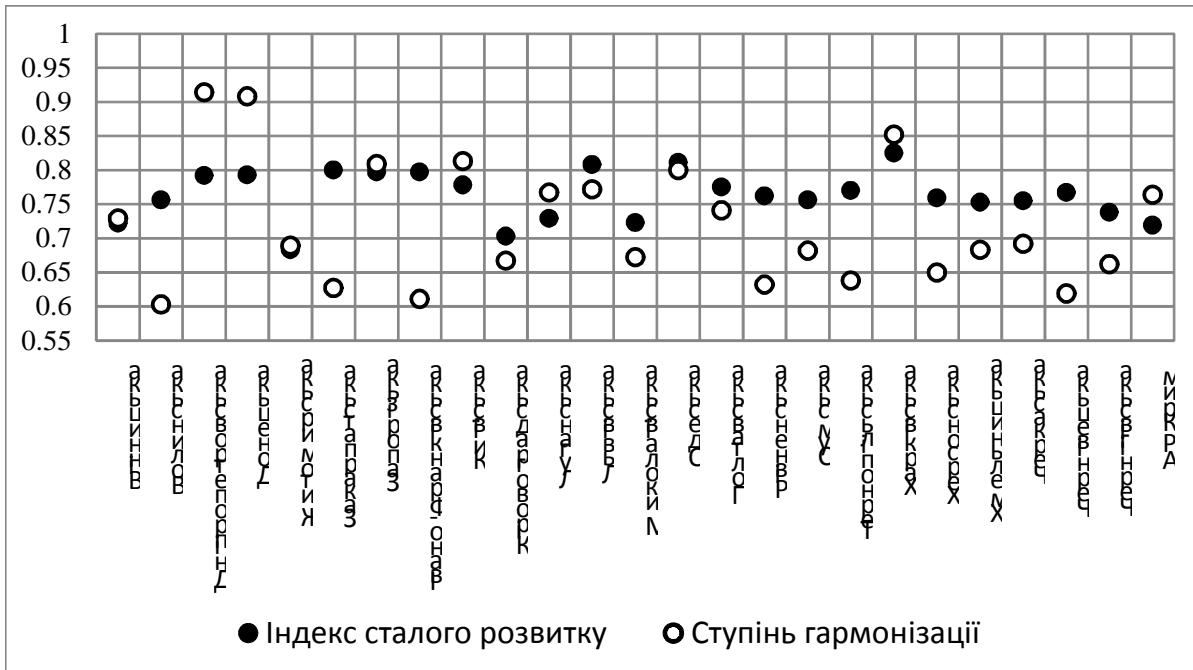


Рис. 4. Індекс сталого розвитку та ступінь гармонізації за 2010р

Результати аналізу індексу сталого розвитку і ступеня гармонізації для кожної області за 2010 рік наведено на Рис. 4.

Досліджуючи залежність цих показників від площ оброблюваних земель зазначимо, що індекс сталого розвитку не залежить від площ оброблювальних земель. Цей результат пояснюється тим, що індекс сталого розвитку залежить від трьох різних величин, і оброблювальні площі мають малий вплив на індекс сталого розвитку. Водночас, ступінь гармонізації для області має пряму залежність від площ оброблювальних земель за областями (Рис. 5).

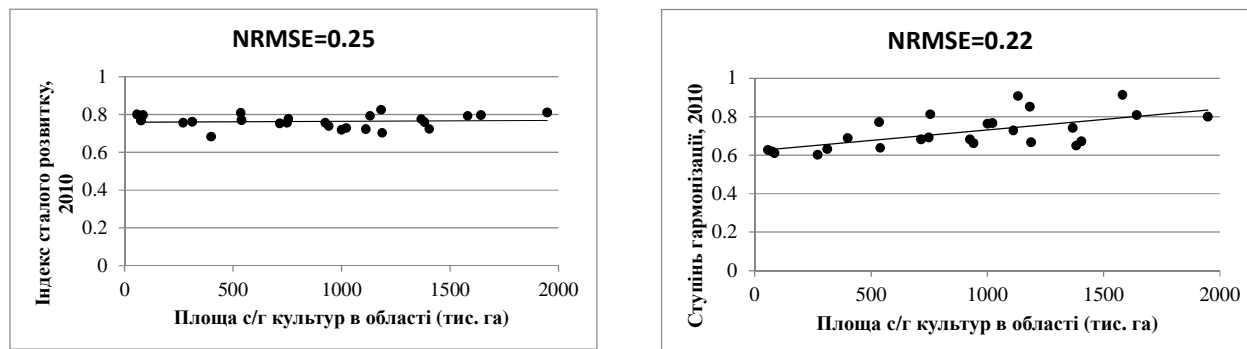


Рис. 5. Залежність індексу сталого розвитку від оброблювальних земель (зліва) та залежність ступеня гармонізації від оброблювальних земель (справа) за 2010

5. Інвентаризація сільськогосподарських угідь

Ще одним напрямком використання даних ДЗЗ для задач агромоніторингу є інвентаризація сільськогосподарських угідь, яку можна проводити постійно для розв'язання таких завдань як:

- які саме сільськогосподарські культури посіяні та на яких площах;
- розміщення посівів та аналіз оптимальності їх розміщення з точки зору агрокліматичного районування території;
- моніторинг стану сільськогосподарських угідь протягом вегетаційного періоду;
- фенологічний та фізіологічний стан сільськогосподарських культур;
- прогнозування урожайності та оцінка валового виробництва сільськогосподарської продукції;
- вплив агрометеорологічних умов поточного року на формування урожаю, тощо.

Прикладом задачі інвентаризації угідь є оцінка порушення сівозмін за супутниковими даними (Рис. 6), яка дозволяє виявити площі, на яких кілька років поспіль вирощуються одні й ті ж самі сільськогосподарські культури. Таке застосування технологій глибинного навчання дає змогу отримати конкретний економічний результат — кількісно оцінити площі, що зазнають збитків (Таблиця 1).

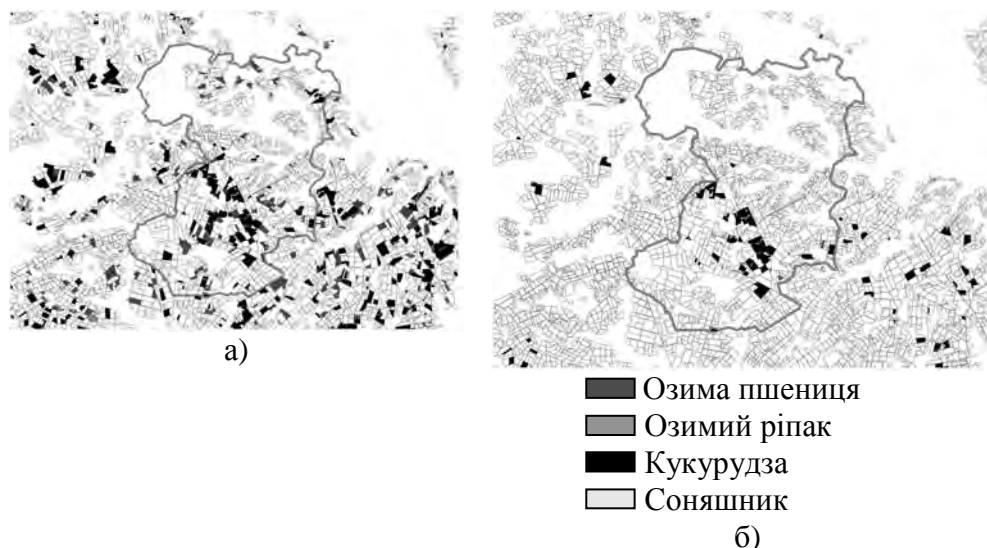


Рис. 6. Порушення сівозмін в 2015 (а) та 2014-2015 поспіль (б)

Таблиця 1.

Порушення сівозмін у 2015 р., Київська область

Культура	Площа, тис. га	Частка від загальної площі, %
Озима пшениця	68.4	29
Озимий ріпак	5.7	12.7
Кукурудза	85.8	48.8
Соняшник	22.2	18

6. Висновки

Таким чином, проведення оцінки змін земного покриву на основі методу глибинного вивчання з використанням геопросторових даних дозволяє здійснювати аналіз опублікованих статистичних даних на різних рівнях деталізації та їх верифікацію, вести кон'юнктурні спостереження у сільському господарстві, розраховувати індекс сільськогосподарського виробництва, інші показники, зокрема, за інституційними секторами економіки згідно з методологією системи національних рахунків (СНР).

Впровадження інформаційних технологій в агромоніторинг забезпечує оперативний збір, обробку, збереження та поширення геопросторової інформації про структуру площ, стан і продуктивність сільськогосподарських угідь, що в свою чергу допомагає вирішувати питання, що пов'язані з прогнозуванням обсягів виробництва, формуванням цін на ринках сільськогосподарської продукції, розрахунком різноманітних економічних показників.

Так, наприклад, використання даних агромоніторингу дозволяє проводити верифікацію таких економічних показників субнаціонального та

субрегіонального рівня, зокрема, ефективності використання ріллі (відношення площі засіяних земель до загальної площі ріллі), інтенсивності та ефективності використання посівних площ (відношення площ до збирання до посівних площ), рівня пошкодження посівних площ шкідниками, відсутністю вологи, пожежею тощо (відношення цих площ до загального обсягу площ, які підлягають збиранню), ступеня використання меліорованих земель (відношення засіяних меліорованих земель до загальної площі осушених та зрошених земель).

Виходячи з вищенаведеного, дані агромоніторингу на державному рівні мають використовуватись при оцінці економічних показників, а також індикаторів та критеріїв продовольчої безпеки держави таких як продовольча незалежність, фізична та економічна доступність харчових продуктів, тощо.

Потенційними користувачами даної інформації в Україні є, перш за все, Рада національної безпеки і оборони України (з точки зору забезпечення продовольчої безпеки держави), Міністерство аграрної політики, Державна служба статистики, Міністерство економічного розвитку і торгівлі, обласні та районні держадміністрації, органи місцевого самоврядування.

Література

1. Gallego J., Kussul N., Skakun S., Kravchenko O., Shelestov A., Kussul O. Efficiency assessment of using satellite data for crop area estimation in Ukraine // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. — 2014. — 29. — P. 22–30.
2. Куссуль Н. Н., Скакун С. В., Шелестов А. Ю. Анализ рисков чрезвычайных ситуаций на основе спутниковых данных. Модели и технологии. — К.: "Наукова думка". — 2014. — 184 с.
3. Лавренюк Н.С., Скакун С.В., Шелестов А.Ю., Яйлимов Б.Я., Янчевский С.Л., Ящук Д.Ю., Костецкий А.М. Классификация больших площадей земного покрова по ретроспективным спутниковым данным // *Кибернетика и системный анализ*. — 2016. — 52, № 1. — С. 137-149.
4. Коган Ф. Прогнозирование урожайности озимой пшеницы: сравнительный анализ результатов регрессионных и биофизических моделей / Коган Ф., Куссуль Н.Н., Адаменко Т.И., Скакун С.В., Кравченко А.Н., Кривобок А.А., Шелестов А.Ю., Колотий А.В., Куссуль О.М., Лавренюк А.Н. // *Международный научно-технический журнал «Проблемы управления и информатики»*, 2013, №3, С. – 138-150.
5. Skakun S., Kussul N., Shelestov A., Kussul O. The use of satellite data for agriculture drought risk quantification in Ukraine // *Geomatics, Natural Hazards and Risk*. — 2015. – P. 1-18. – DOI: 10.1080/19475705.2015.1016555.
6. 7. Shelestov A., Kravchenko A., Skakun S., Voloshin S., Kussul N.N. Geospatial information system for agricultural monitoring // *Cybernetics and Systems Analysis*. — 2013. — 49, No. 1. — P. 124–132.

8. Gallego J., Kravchenko A., Kussul N., Skakun S., Shelestov A., Grypych Y. Efficiency Assessment of Different Approaches to Crop Classification Based on Satellite and Ground Observations // *Journal of Automation and Information Sciences*. — 2012. — 44, No. 5. — P. 67–80.
9. Skakun S., Kussul N., Shelestov A., Lavreniuk M., Kussul O. Efficiency Assessment of Multitemporal C-Band Radarsat-2 Intensity and Landsat-8 Surface Reflectance Satellite Imagery for Crop Classification in Ukraine // *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. — 2015. — No. 99. — P. 1–8. — DOI: 10.1109/JSTARS.2015.2454297.
10. Куссуль Н. М., Скакун С. В., Шелестов А. Ю. Геопросторовий аналіз ризиків стихійних лих. — К.: "Наукова думка". — 2014. — 258 с.
11. Kussul N., Shelestov A., Skakun S., Kravchenko O. Data Assimilation Technique For Flood Monitoring and Prediction // *Intern. J. Inform. Theory Appl.* — 2008. — 15, No 1. — P. 76–84.
12. Kussul N., Shelestov A., Skakun S., & Kravchenko O. High-performance intelligent computations for environmental and disaster monitoring. *Int. J. Information Technologies & Knowledge*. — 2009. — 3. — P. 135–156.
13. Kussul N.N. Disaster risk assessment based on heterogeneous geospatial information / N.N. Kussul, B.V. Sokolov, Ya.I. Zyelyk, S.V. Skakun, A.Yu. Shelestov // *Journal of Automation and Information Sciences*. — 2010. — 42, No. 12. — P. 32–45.
14. Куссуль Н.М., Шелестов А.Ю., Скакун С.В., Басараб Р.М., Яйлимов Б.Я., Лавренюк М.С., Колотій А.В., Ящук Д.Ю. Ретроспективна регіональна карта земного покриття для України: методологія побудови та аналіз результатів // *Космічна наука і технологія*. — 2015. — 21, № 3. — С. 31–39.
15. В.Н. Азарсков, Л.Н. Блохин, Л.С. Житецкий, Н.Н. Куссуль Робастные методы оценивания, идентификации и адаптивного управления// К.: НАУ, 2004, 498 с.
16. Kussul N., Shelestov A., Skakun S. Intelligent Computations for Flood Monitoring // *International Book Series «Advanced Research in Artificial Intelligence»* (ed. Markov K., Ivanova K., Mitov I.). — 2008. — 2. — P. 48–54.
17. Kussul N., Shelestov A., Skakun S. Technologies for Satellite Data Processing and Management Within International Disaster Monitoring Projects // *In. Grid and Cloud Database Management Grid* — Fiore, S.; Aloisio, G. (Eds.). — 2011, Springer — P. 279–306.
18. Згуровський М. З. Аналіз сталого розвитку – глобальний і регіональний контексти: У 2 ч. Ч. 2. Україна в індикаторах сталого розвитку // Міжнародна рада з науки (ICSU). – К.: НТУУ «КПІ». – 2010.