

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Проректор з навчальної роботи  
Національного технічного  
університету України  
“Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського”  
к.т.н., доц.



*[Signature]*  
В.В. Холявко

28 " 11 2019 р.

### ВИТЯГ

з протоколу № 13 від 7 листопада 2019 р. розширеного засідання  
кафедри інформаційної безпеки Фізико-технічного інституту  
Національного технічного університету України  
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

### БУЛИ ПРИСУТНІ:

-з кафедри інформаційної безпеки:

д.т.н., проф. Новіков О.М.; д.т.н., проф. Архипов О. Є.; д.т.н., проф.  
Качинський А.Б.; в.о. зав.. каф., к.ф.-м.н., доц. Грайворонський М.В.;  
к.т.н., доц. Демчинський В.В.; к.т.н., доц. Носок С.О.; к.т.н., доц.  
Литвинова Т.В.; к.т.н., доц. Галицька І.Є.; к.т.н., доц. Лавренюк А.М.;  
к.т.н., доц. Ковгар В.Б.; к.т.н., доц. Гальчинський Л.Ю.; к.т.н., доц.  
Стьопочкіна І.В.; к.ф.-м.н., доц. Рибак О.В.  
аспіранти: Кірієнко О.В., Козленко О.В., Лавренюк М.С., Наконечная  
Ю.В., Нафієв А.Є., Полуциганова В.І.

-з кафедри математичних методів системного аналізу:

д.т.н., проф. Бідюк П.І., д.ф.-м.н., проф. Макаренко О.С.

### СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри інформаційної безпеки Лавренюка  
Миколи Сергійовича за матеріалами дисертаційної роботи “Моделі та  
методи глибинного навчання для задач геопросторового аналізу”, поданої  
на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань  
11 Математика та статистика за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Тему дисертаційної роботи “Моделі та методи глибинного навчання для задач геопросторового аналізу” затверджено на засіданні Вченої ради Фізико-технічного інституту Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” (протокол №11 від “23” листопада 2016 року)

Науковим керівником затверджений д.т.н., професор Новіков О.М.

## 2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили:

к.ф.-м.н., доц. Рибак О.В., д.т.н., проф. Качинський А.Б., д.т.н., проф. Архипов О. Є., к.т.н., доц. Ковгар В.Б., д.т.н., проф. Бідюк П.І., аспірант Кірієнко О.В.

Здобувач дав вичерпні відповіді на всі питання.

## 3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь:

к.т.н., доц. Ковгар В.Б., д.т.н., проф. Новіков О.М.,

та рецензенти:

д.т.н., проф. Бідюк П.І., д.ф.-м.н., проф. Макаренко О.С., які позитивно оцінили проведені автором дослідження, підкреслили актуальність роботи, її новизну та практичну цінність.

**УХВАЛИЛИ:**

## **ВИСНОВОК**

### **про наукову та практичну цінність дисертації**

аспіранта кафедри інформаційної безпеки Фізико-технічного інституту Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” Лавренюка Миколи Сергійовича на тему “Моделі та методи глибинного навчання для задач геопросторового аналізу”, поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 11 Математика та статистика за спеціальністю 113 Прикладна математика.

**1. Актуальність теми** дисертаційної роботи обумовлена потребою в розробленні наукових методів та моделей глибинного навчання для задач аналізу геопросторових даних, що виникає внаслідок появи великих обсягів супутникових даних з високим просторовим розрізненням у вільному доступі.

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

Дисертаційну роботу виконано на кафедрі інформаційної безпеки в межах:

- науково-дослідної роботи 2933-ф «Моделі та методи кібернетичного захисту інформаційних систем на основі інтелектуального аналізу даних і машинного навчання» Фізико-технічного інституту

Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (2016-2018 рр.);

- спільного проекту МОН-НАНУ №36174 «Моделі та методи глибинного навчання для задач геопросторового аналізу в інтересах сільського господарства» при грантовій підтримці Держаного фонду фундаментальних досліджень (2018 р.);
- наукового проекту «Побудова карт класифікації сільськогосподарських культур для території України на основі злиття радарних та оптичних даних» в межах гранту Google Earth Engine Research Awards корпорації Google (2017 р.),

а також в межах наступних наукових проектів Інституту космічних досліджень НАН України та ДКА України:

- міжнародного проекту Європейського Союзу Горизонт 2020 №689443 «Європейська мережа для спостереження змін на Землі (ERA-PLANET)» (2016-2020 рр.);
- гранту Єврокомісії в межах Рамкової Програми FP7 №603719 «Стимулювання інновацій для глобального моніторингу сільського господарства та оцінки його впливу на навколишнє середовище як підтримка ініціативи GEOGLAM (SIGMA)» (2013-2017 рр.);
- контракту №7188732 в межах програми Світового банку за фінансової підтримки ЄС №TF072938 «Підтримка прозорого управління земельними ресурсами в Україні» (2018 р.).

### **3. Наукова новизна** отриманих результатів.

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

- **вперше** розроблено метод уніфікації представлення вхідних геопросторових даних, оснований на розрідженому кодуванні вхідної інформації, з урахуванням часу виконання зйомки для забезпечення можливості побудови карти класифікації типів земного покриву для великих територій;
- **удосконалено** методи глибинного навчання на основі згорткових нейронних мереж, шляхом розширення вхідного простору вектора ознак для роботи з часовими рядами геопросторових даних;
- **вперше** розроблено метод фільтрації отриманих карт класифікації типів земного покриву для збільшення їх точності, ідея якого полягає в дослідженні кожної групи пікселів з однаковим значенням класу як цілісного об'єкта, на відміну від загальноприйнятих методів, що базуються на принципі ковзного вікна, що дозволяє зберегти форму об'єктів на карті та межі між ними;
- **вперше** реалізовано запропоновані методи класифікації типів земного покриву у вигляді потоку виконання з використанням хмарної платформи Amazon для Європейського проекту Horizon 2020 ERA-Planet.

#### **4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації**

В результаті виконаного дисертаційного дослідження запропоновані новий метод уніфікації представлення вхідних геопросторових даних, новий метод фільтрації отриманих карт класифікацій типів земного покриву та вдосконалений метод глибинного навчання. Це дозволило розв'язати актуальну задачу класифікації типів земного покриву за супутниковими даними високого розрізнення для великих територій з високою точністю, що не було можливим раніше.

Запропоновані методи класифікації типів земного покриву реалізовані в хмарній платформі Amazon, що дозволило на практиці зменшити час побудови карт класифікацій в 5 разів.

#### **5. Використання результатів роботи.**

Результати дисертаційної роботи використовуються в Інституті космічних досліджень НАН України та ДКА України і в ТОВ «ЕОС ДАТА АНАЛІТИКС УКРАЇНА», про що є відповідні довідки.

**6. Особиста участь автора** в одержанні наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі інформаційної безпеки Фізико-технічного інституту Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», науковий керівник д.т.н., професор Новіков О.М.

Робота є результатом самостійних досліджень Лавренюка Миколи Сергійовича. У наукових працях опублікованих у співавторстві, що висвітлюють питання дисертаційного дослідження, здобувачу належить авторство на: (1) побудова математичної моделі для задачі кодування вхідних даних; (2) розробка архітектури нейронної мережі для задачі класифікації; (3) побудова математичної моделі для задачі фільтрації; (4) програмна реалізація та апробація моделей для задачі класифікації сільськогосподарських культур за оптичними та радарними супутниковими даними.

**7. Перелік публікацій за темою дисертації** із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 63 наукові праці, у тому числі 21 стаття у наукових фахових виданнях (з них 12 статей у періодичних наукових виданнях інших держав, які входять до ОЕСР та/або Європейського Союзу), 42 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій.

1. Лавренюк, М. С. "Метод об'єктної фільтрації карт класифікації земного покриву на основі морфологічних ознак." Індуктивне моделювання складних систем 9 (2017): 138-148.

2. Лавренюк, М. С. "Метод детектування меж на карті класифікації на основі модифікованого алгоритму Собеля." Радіоелектронні і комп'ютерні системи 84.4 (2017): 17-27.

3. Лавренюк, М. С. "Метод об'єктної постобробки карт класифікації з урахуванням специфіки кожного класу." Авиационно-космическая техника и

технологія 145.1 (2018): 80-91.

4. Лавренюк, М. С., Новіков О. М. "Огляд методів машинного навчання для класифікації великих обсягів супутникових даних." Системні дослідження та інформаційні технології 1 (2018): 52-71.

Здобувачем проведено аналіз існуючих сучасних методів машинного навчання, проаналізовано особливості та результати їх застосування для класифікації типів земного покриву за супутниковими даними високого розрізнення та визначено основні переваги методів глибинного навчання над традиційними підходами для задачі класифікації типів земного покриву.

5. Скакун, С. В., ..., Лавренюк М. С., ... "Класифікація сільськогосподарських посівів з використанням часових рядів супутникових даних." Індуктивне моделювання складних систем 6 (2014): 157-166.

Здобувачем запропоновано застосування ансамблю нейронних мереж прямого поширення для задачі класифікації оптичних супутникових даних високого розрізнення для території Київської області.

6. Lukin, V., ..., Lavreniuk M., ... "Despeckling of Multitemporal Sentinel SAR Images and Its Impact on Agricultural Area Classification." Recent Advances and Applications in Remote Sensing. IntechOpen (2018): 21-40.

Здобувачем запропоновано застосування ансамблю нейронних мереж прямого поширення для задачі класифікації радарних супутникових даних.

7. Skakun, S., ..., Lavreniuk M., ... "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 9.8 (2016): 3712-3719.

Здобувачем запропоновано застосування ансамблю нейронних мереж прямого поширення для задачі класифікації оптичних та радарних супутникових даних високого розрізнення для території Київської області.

8. Kussul, N., Lavreniuk M., Skakun S., & Shelestov A. "Deep Learning Classification of Land Cover and Crop Types Using Remote Sensing Data." IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters 14.5 (2017): 778-782.

Здобувачем запропоновано застосування методу глибинного навчання на основі ансамблю згорткових нейронних мереж для задачі класифікації супутникових даних високого розрізнення для території Київської області.

9. Shelestov, A., Lavreniuk M., Kussul N., Novikov A., & Skakun S. "Exploring Google Earth Engine Platform for Big Data Processing: Classification of Multi-Temporal Satellite Imagery for Crop Mapping." Frontiers in Earth Science 5.17 (2017): 1-10.

Здобувачем проведено порівняння запропонованого методу на основі нейронних мереж прямого поширення та методів машинного навчання, що реалізовані в хмарній платформі Google Earth Engine, для території Київської області.

10. Lavreniuk, M., et al. "Large-scale classification of land cover using retrospective satellite data." Cybernetics and Systems Analysis 52.1 (2016): 127-138.

Здобувачем проведено експериментальне дослідження використання запропонованого методу класифікації на основі ансамблю нейронних мереж прямого поширення для задачі класифікації типів земного покриву для території України.

11. Waldner, F., ..., Lavreniuk M., ... "Towards a set of agrosystem-specific cropland mapping methods to address the global cropland diversity." *International Journal of Remote Sensing* 37.14 (2016): 3196-3231.

Здобувачем проведено експериментальне порівняння запропонованого методу класифікації на основі ансамблю нейронних мереж прямого поширення для задачі побудови маски сільськогосподарських земель та методів машинного навчання, що були розроблені в інших наукових установах.

12. Manakos, I., ..., Lavreniuk M., ... "Comparison of Global and Continental Land Cover Products for Selected Study Areas in South Central and Eastern European Region." *Remote Sensing* 10.12 (2018): 1-21.

Здобувачем досліджено різні методи валідації карт класифікації типів земного покриття.

13. Waldner, F., ..., Lavreniuk M., ... "Roadside collection of training data for cropland mapping is viable when environmental and management gradients are surveyed." *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 80 (2019): 82-93.

Здобувачем досліджено залежність точності карти класифікації від вибору методу збору навчальних даних.

14. Waldner, F., ..., Lavreniuk M., ... "Conflation of expert and crowd reference data to validate global binary thematic maps." *Remote sensing of environment* 221 (2019): 235-246.

Здобувачем досліджено залежність точності карти класифікації від вибору методу збору навчальних даних.

15. Kussul, N., Lemoine G., Gallego F., Skakun S., Lavreniuk M., & Shelestov A. "Parcel-Based Crop Classification in Ukraine Using Landsat-8 Data and Sentinel-1A Data." *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 9.6 (2016): 2500-2508.

Здобувачем запропоновано метод фільтрацій карт класифікацій з використанням наявних векторних меж полів з можливістю, при необхідності, розділення їх на декілька полів.

16. Куссуль, Н. М., ..., Лавренюк М. С., ... "Ретроспективна регіональна карта земного покриття для України: методологія побудови та аналіз результатів." *Космічна наука і технологія* 21.3 (2015): 31-39.

Здобувачем побудовані ретроспективні карти типів земного покриття для всієї території України з використанням ансамблю нейронних мереж.

17. Kussul, N. N., Lavreniuk N. S., Shelestov A. Y., Yailymov B. Y., & Butko I. N. "Land Cover Changes Analysis Based on Deep Machine Learning Technique." *Journal of Automation and Information Sciences* 48.5 (2016): 42-54.

Здобувачем досліджено зміни земного покриття для областей України з використанням карт класифікацій типів земного покриття.

18. Kussul, N., Lavreniuk M., Shelestov A., & Skakun S. "Crop inventory at regional scale in Ukraine: developing in season and end of season crop maps with multi-temporal optical and SAR satellite imagery." *European Journal of Remote Sensing* 51.1 (2018): 627-636.

Здобувачем побудовано карти порушення сівозмін на основі карт класифікацій типів земного покриття.

19. Куссуль, Н. М., Шелестов А. Ю., Колотій А. В., Лавренюк М. С., &

Бутко І. М. "Супутниковий агромоніторинг в Україні (перспективи участі в європейських програмах)." Вісник НАН України 2 (2016): 96-102.

Здобувачем побудовано карти порушення сівозмін на основі карт класифікацій типів земного покриву.

20. Шелестов, А. Ю., Бутко І. М., Лавренюк М. С., Яйлимов Б. Я., & Колотій А. В. "Регресійний аналіз показників розвитку рослинництва в регіонах України за статистичними і супутниковими даними." Індуктивне моделювання складних систем 7 (2015): 282-290.

Здобувачем проаналізовано можливість моделювання економічних показників на основі карт класифікацій типів земного покриву.

21. Kussul, N., Lavreniuk M., Kolotii A., Skakun S., Rakoid O., Shumilo L. "A workflow for Sustainable Development Goals indicators assessment based on high-resolution satellite data." International Journal of Digital Earth (2019): 1-13.

Здобувачем запропоновано використовувати карти класифікації типів земного покриву для обчислення індикаторів цілей сталого розвитку.

22. Lavreniuk, Mykola. "Crop Classification Maps Filtration Based on Deep Learning Methods." IEEE Second Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON) (2019): 1081-1085.

23. Lavreniuk, Mykola. "A Deep Convolutional Encoder-Decoder Network for Crop Classification Maps Filtration." European Space Agency Living Planet Symposium (2019).

24. Lavreniuk, Mykola. "Convolutional Neural Network for Multi-Source Deep Learning Crop Classification in Ukraine." AGU Fall Meeting (2016).

25. Lavreniuk, Mykola. "Postprocessing Methodology for High Resolution Crop Classification Maps." AGU Fall Meeting (2018).

26. Лавренюк, М. С. "Метод глибинного навчання для класифікації сільськогосподарських культур." XIV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених (2016): 169-170.

27. Лавренюк, М. С. "Алгоритм покращення карти класифікації за допомогою меж полігонів." Сучасні проблеми математичного моделювання та обчислювальних методів (2015): 102.

28. Lavreniuk, Mykola. "Ensemble of Convolutional Neural Networks for Crop Classification of Sentinel-1 SAR data," In 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS) (2017): 383-386.

29. Lavreniuk, Mykola, et al. "Regional retrospective high resolution land cover for Ukraine: methodology and results." IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) (2015): 3965-3968.

Здобувачем проведено експериментальне дослідження використання запропонованого методу класифікації на основі ансамблю нейронних мереж прямого поширення для задачі класифікації типів земного покриву для території України.

30. Kussul, N., Lemoine G., Gallego F., Skakun S., Lavreniuk M., & Shelestov A. "Parcel based classification for agricultural mapping and monitoring using multi-temporal satellite image sequences." IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) (2015): 165-168.

Здобувачем запропоновано метод фільтрацій карт класифікацій з використанням наявних векторних меж полів з можливістю, при

необхідності, розділення їх на декілька полів.

31. Kussul, N., Shelestov A., Lavreniuk M., Butko I., & Skakun S. "Deep learning approach for large scale land cover mapping based on remote sensing data fusion." IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) (2016): 198-201.

Здобувачем запропоновано застосування методу глибинного навчання на основі ансамблю згорткових нейронних мереж для задачі класифікації супутникових даних.

32. Kussul, N., Lavreniuk M., Shelestov A., & Yailymov B. "Along the season crop classification in Ukraine based on time series of optical and SAR images using ensemble of neural network classifiers." IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) (2016): 7145-7148.

Здобувачем проведено експериментальне дослідження зміни точності карти класифікації типів земного покриття, отриманої за допомогою ансамблю нейронних мереж прямого поширення, протягом року.

33. Lavreniuk, Mykola, et al. "Validation methods for regional retrospective high resolution land cover for Ukraine." IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) (2016): 4502-4505.

Здобувачем досліджено різні методи валідації карт класифікації типів земного покриття.

34. Shelestov, A., Lavreniuk M., Kussul N., Novikov A., & Skakun S. "Large scale crop classification using Google earth engine platform." IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) (2017): 3696-3699.

Здобувачем проведено порівняння запропонованого методу на основі нейронних мереж прямого поширення та методів машинного навчання, що реалізовані в хмарній платформі Google Earth Engine, для території Київської області.

35. Kussul, N., ..., Lavreniuk M., ... "Sentinel-2 for agriculture national demonstration in Ukraine: results and further steps." IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) (2017): 5842-5845.

Здобувачем експериментально порівняно карти класифікації типів земного покриття отримані за допомогою запропонованого методу на основі ансамблю нейронних мереж та Sen2Agri системи.

36. Kussul, N., Lavreniuk M., Skakun S., & Shelestov A. "Cropland productivity assessment for Ukraine based on time series of optical satellite images." IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) (2017): 5007-5010.

Здобувачем запропоновано використовувати карти класифікації типів земного покриття для обчислення продуктивності сільськогосподарських земель для території України.

37. Lavreniuk, Mykola, Nataliia Kussul, and Alexei Novikov. "Deep Learning Crop Classification Approach Based on Sparse Coding of Time Series of Satellite Data." IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) (2018): 4816-4819.

Здобувачем запропоновано метод уніфікації представлення вхідних даних з урахуванням часу виконання зйомки.

38. Lavreniuk, Mykola, et al. "Object-Based Postprocessing Method for



Crop Classification MAPS." IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) (2018): 7058-7061.

Здобувачем запропоновано метод фільтрації карт класифікацій для підвищення точності та зменшення шуму на них, при умові збереження форм полів і меж між ними.

39. Lavreniuk, Mykola, Nataliia Kussul, and Alexei Novikov. "Deep Learning Crop Classification Approach Based on Coding Input Satellite Data Into the Unified Hyperspace." IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO) (2018): 239-244.

Здобувачем запропоновано метод уніфікації представлення вхідних даних з урахуванням часу виконання зйомки.

40. Kussul, N., Shelestov A., Basarab R., Skakun S., Kussul O., & Lavrenyuk M. "Geospatial Intelligence and Data Fusion Techniques for Sustainable Development Problems." 11th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications (ICTERI) (2015): 196-203.

Здобувачем запропоновано застосування ансамблю нейронних мереж прямого поширення для задачі класифікації оптичних супутникових даних.

41. Kussul, N., Lavreniuk M., ... "Assessment of Sustainable Development Goals Achieving with Use of NEXUS Approach in the Framework of GEOEssential ERA-PLANET Project." XVIII International Conference on Data Science and Intelligent Analysis of Information (ICDSIAI). Springer, Cham, (2018): 146-155.

Здобувачем запропоновано використовувати карти класифікації типів земного покриву для обчислення індикаторів цілей сталого розвитку.

42. Lavreniuk, Mykola, et al. "Impact of SAR data filtering on crop classification accuracy." First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON) (2017): 912-916.

Здобувачем запропоновано застосування ансамблю нейронних мереж прямого поширення для задачі класифікації радарних супутникових даних.

43. Kussul, N., Kolotii A., Adamenko T., Yailymov B., Shelestov A., & Lavreniuk M. "Ukrainian cropland through decades: 1990–2016." IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON) (2017): 856-860.

Здобувачем досліджено зміни земного покриву для областей України з використанням карт класифікацій типів земного покриву.

44. Kussul, Nataliia, Shelestov Andrii, Mykola Lavreniuk, Andrii Kolotii and Vladimir Vasiliev. "Transparent Land Governance in Ukraine within World Bank Program." IEEE Second Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON) (2019): 1077-1080.

Здобувачем запропоновано застосування ансамблю нейронних мереж прямого поширення для задачі класифікації оптичних та радарних супутникових даних.

45. Lavreniuk, Mykola, Shelestov Andrii, Kussul Nataliia. "Crop classification and land use change maps based on time series of Landsat and Sentinel-2 optical data." 2nd EARSeL Special Interest Group on Land Use and Land Cover (SIG LU/LC) and NASA Land-Cover/Land-Use Change (LCLUC) (2016).

Здобувачем запропоновано застосування ансамблю нейронних мереж

прямого поширення для задачі класифікації оптичних супутникових даних.

46. Shelestov, Andrii, Kussul Nataliia, Lavreniuk Mykola. "Crop and Biophysical Parameters Mapping based on Sentinel -2 and Landsat Data for JECAM-Ukraine Test Site." 2nd EARSeL Special Interest Group on Land Use and Land Cover (SIG LU/LC) and NASA Land-Cover/Land-Use Change (LCLUC) (2016).

Здобувачем запропоновано застосування карт класифікації для побудови карти біофізичних параметрів.

47. Lavreniuk, Mykola, et al. "Validation of regional retrospective land cover maps." 36th EARSeL Symposium (2016).

Здобувачем проведено валідацію карт класифікації типів земного покриття для території України.

48. Lavreniuk, Mykola, Lemoine Guido, Kussul Nataliia. "Crop classification strategies using hybrid Sentinel-1, Sentinel-2 and Landsat-8 data series in Ukraine." European Space Agency Living Planet Symposium (2016).

Здобувачем запропоновано застосування ансамблю загорткових мереж для задачі класифікації оптичних та радарних супутникових даних.

49. Butko, Igor, Kussul Nataliia, Lavreniuk Mykola. "Satellite based agricultural monitoring on regional and country levels." European Space Agency Living Planet Symposium (2016).

Здобувачем запропоновано використання карт класифікації для моніторингу використання сільськогосподарських земель.

50. Shelestov, Andrii, Lavreniuk Mykola, Kussul Nataliia. "Large scale crop mapping in Ukraine using Google Earth Engine." AGU Fall Meeting (2016).

Здобувачем проведено порівняння запропонованого методу на основі нейронних мереж прямого поширення та методів машинного навчання, що реалізовані в хмарній платформі Google Earth Engine.

51. Shumilo, Leonid, Kussul Nataliia, Lavreniuk Mykola, Shelestov Andrii. "Cloud Implementation of Country Level Crop Classification Based on Time Series of Satellite Data." AGU Fall Meeting (2018).

Здобувачем запропоновано реалізацію алгоритму класифікації типів земного покриття в хмарній платформі.

52. Лавренюк, М. С., Шуміло Л. Л. "Розпаралелювання процесу побудови часового ряду супутникових знімків." Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи) (ComInt), (2017): 257.

Здобувачем запропоновано алгоритм оптимального доступу до часових рядів супутникових даних.

53. Lavreniuk, Mykola, et al. "Automated System for Crop Mapping in Amazon Web Services based on Sentinel Data." In EGU General Assembly Conference, 20 (2018): 16629.

Здобувачем запропоновано реалізацію алгоритму класифікації типів земного покриття в хмарній платформі.

54. Новіков, О. М., Шелестов А. Ю., Лавренюк М. С. "Розробка методів машинного навчання в проєкті Google Earth Engine." Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки (GEO-UA) (2016): 20-21.

Здобувачем проведено порівняння запропонованого методу на основі нейронних мереж прямого поширення та методів машинного навчання, що

реалізовані в хмарній платформі Google Earth Engine.

55. Лавренюк, М. С., Новіков О. М. "Технологія глибинного навчання для великих об'ємів даних." Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки (GEO-UA) (2016): 46-47.

Здобувачем запропоновано застосування ансамблю згорткових нейронних мереж для задачі класифікації супутникових даних.

56. Shumilo, Leonid, Kussul Nataliia, Lavreniuk Mykola, Shelestov Andrii. "National Ukrainian cloud-based service for automatic crop classification within GEO-ESSENTIAL project." Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки (GEO-UA) (2018): 45-46.

Здобувачем запропоновано реалізацію алгоритму автоматичної класифікації типів земного покриття в хмарній платформі.

57. Kussul, N., Skakun S., Shelestov A., Lavreniuk M., Yailymov B., & Kussul O. "Regional scale crop mapping using multi-temporal satellite imagery." The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 40.7 (2015): 45-52.

Здобувачем запропоновано застосування ансамблю багат шарових перцептронів для задачі класифікації оптичних даних.

58. Лавренюк, М. С., Шелестов А. Ю., Лавренюк А. М. "Хмарні технології побудови карти продуктивності земель України." XIV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених (2016): 171-172.

Здобувачем запропоновано реалізацію алгоритму побудови карти продуктивності в хмарній платформі.

59. Shelestov, A., Lavreniuk M., ... "Cloud approach to automated crop classification using Sentinel-1 imagery." Big Data from space (BiDS) (2017): 122-125.

Здобувачем запропоновано реалізацію алгоритму автоматичної класифікації типів земного покриття в хмарній платформі.

60. Lavreniuk, Mykola, Kussul Nataliia, Shelestov Andrii. "Deep learning for crop mapping based on Sentinel missions." 3d consultation meeting of Earth Observation Open Science (2017).

Здобувачем запропоновано застосування ансамблю згорткових нейронних мереж для задачі класифікації супутникових даних.

61. Kussul, Nataliia, Lavreniuk Mykola, Shelestov Andrii, Yailymov Bohdan. "Impact of different satellite data on the crop classification map accuracy in Ukraine." The 10th International Workshop on "Advances in the Science and Applications of SAR Interferometry and Sentinel-1 InSAR" (Fringe) (2017): 66.

Здобувачем побудовано карти класифікації типів земного покриття на основі різних супутникових даних.

62. Lavreniuk, Mykola, Kussul Nataliia, Shelestov Andrii, Yailymov Bohdan. "Validation Techniques for Land Cover and Land Use Maps." WorldCover (2017): 47.

Здобувачем проведено валідацію карт класифікації типів земного покриття.

63. Lavreniuk, Mykola, Kussul Nataliia, Vasiliev Vladimir. "Postprocessing Methodology for Crop Classification Maps." The ESA Earth Observation Φ-week (2018).

Здобувачем запропоновано метод фільтрації карт класифікацій для підвищення точності та зменшення шуму на них, при умові збереження форм полів і меж між ними.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Лавренюка Миколи Сергійовича “Моделі та методи глибинного навчання для задач геопросторового аналізу”, яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп. 9, 10, 11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167, та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПП ім. Ігоря Сікорського зі спеціальності 113 Прикладна математика.

РЕКОМЕНДУВАТИ дисертаційну роботу “Моделі та методи глибинного навчання для задач геопросторового аналізу”, подану Лавренюком Миколою Сергійовичем на здобуття ступеня доктора філософії, до захисту.

Рецензенти:

д.ф.-м.н., проф., професор кафедри  
математичних методів системного аналізу



Макаренко О.С.

д.т.н., проф., професор кафедри  
математичних методів системного аналізу



Бідюк П.І.

Головуючий на засіданні

В.о. завідувача кафедри інформаційної безпеки,  
к.ф.-м.н., доц.



Грайворонський М.В.