

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор Інституту космічних досліджень  
НАНУ та ДКАУ  
Олег ФЕДОРОВ

підпис

М.П.

ІНСТИТУТ  
КОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ  
НАУК УКРАЇНИ ТА  
ДЕРЖАВНОГО КОСМІЧНОГО  
АГЕНТСТВА УКРАЇНИ  
ідентифікаційний  
код 22971655

## АНОТОВАНИЙ ЗВІТ

про виконану роботу у 2021 році в рамках реалізації проєкту  
із виконання наукових досліджень і розробок

Методи і моделі глибинного навчання для прикладних задач супутникового моніторингу

Назва конкурсу: Підтримка досліджень провідних та молодих учених  
Реєстраційний номер Проєкту: 2020.02/0292

Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок (реєстраційний номер та назва Проєкту) 2020.02/0292 Методи і моделі глибинного навчання для прикладних задач супутникового моніторингу

Рішення наукової ради Національного фонду досліджень України щодо визначення переможця конкурсу «Підтримка досліджень провідних та молодих учених» протокол від 16-17 вересня 2020 року № 21.

### 1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

Загальна тривалість виконання проєкту 2020 рік – 2022 рік

Тривалість виконання Проєкту у 2021 році

Початок – 30.04.2021

Закінчення – 15.12.2021

Загальна вартість Проєкту, грн. 5 854 150,00 (п'ять мільйонів вісімсот п'ятдесят чотири сто п'ятдесят) грн. 00 коп.

Вартість Проєкту по роках, грн.:

1-й рік 1 231 950,00 (один мільйон двісті тридцять одна тисяча дев'ятсот п'ятдесят) грн. 00 коп.

2-й рік 1 745 840,00 (один мільйон сімсот сорок п'ять тисяч вісімсот сорок) грн. 00 коп.

3-й рік 2 876 360,00 (два мільйони вісімсот сімдесят шість тисяч триста шістьдесят) грн. 00 коп.

### 2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проєкту залучено 7 виконавців, з них:

доктори наук 1;

кандидати наук 3;

інші працівники 3.

### 3. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГРАНТООТРИМУВАЧА ТА ОРГАНІЗАЦІЮ(Ї) СУБВИКОНАВЦЯ(ІВ) ПРОЄКТУ

Грантоотримувач Інститут космічних досліджень Національної академії наук України та Державного космічного агентства України є державною організацією, основними напрямками наукових досліджень якої є космічні інформаційні системи і технології та методи оброблення

аерокосмічних даних. Науковий керівник проф., д.т.н. Куссуль Н.М. є визнаним фахівцем в сфері машинного навчання та супутникового моніторингу, координатором численних міжнародних проєктів з української сторони за програмами FP-7, Horizon -2020, ESA, INTAS, CRDF, УНТЦ та інших. Залучення субвиконавців до виконання проєкту не передбачено.

## **4. ОПИС ПРОЄКТУ**

### **4.1. Мета Проєкту (до 200 знаків)**

Удосконалення існуючих та розробка нових методів і моделей глибинного навчання для задач моніторингу економічних показників на основі злиття різнорідних супутникових даних та даних з різних джерел високого просторового розрізнення.

### **4.2. Основні завдання Проєкту (до 400 знаків)**

Аналіз проблем та стану економічного моніторингу на основі геопросторових даних у світі. Розробка, удосконалення та програмна реалізація методів глибинного навчання, підвищення просторового розрізнення супутникових даних (СД). Розробка інформаційної технології глибинного навчання в хмарних середовищах GEE та AWS. Розв'язання задачі класифікації типів земного покриття на основі СД. Аналіз індикаторів економічної діяльності на основі різнорідних даних.

### **4.3. Детальний зміст Проєкту:**

#### **- Сучасний стан проблеми (до 400 знаків)**

Існуючі сучасні методи інтелектуального аналізу СД базуються на методах глибинного навчання з використанням згорткових або рекурентних нейронних мереж і дозволяють розв'язувати задачі класифікації та сегментації супутникових знімків. Викликом є необхідність розробки методів гармонізації СД різної природи (оптичні та радарні) і різного просторового і часового розрізнення і формування рядів даних високого розрізнення, готових до подальшого аналізу.

#### **- Новизна Проєкту (до 400 знаків)**

Розробляється новий метод класифікації багатовимірних геопросторових даних на основі рекурентних нейронних мереж з вдосконаленою архітектурою моделі глибинного навчання для класифікації часових рядів геопросторових даних з використанням рекурентних нейронних мереж. Розробляється новий метод підвищення просторового розрізнення СД, що дозволить розв'язати нові класи задач аналізу економічних показників, які вимагають злиття різнорідних даних.

#### **- Методологія дослідження (до 400 знаків)**

Дослідження ґрунтується на використанні та удосконаленні сучасних математичних методів та моделей глибинного навчання для розв'язання актуальних прикладних задач та моніторингу економічної діяльності на основі непрямих ознак з використанням різнорідних геопросторових даних та СД. В основі методології покладено розроблений авторами метод глибинного навчання, який буде удосконалено для розв'язання задач sequence to sequence класифікації.

## **5. ОТРИМАНІ НАУКОВІ АБО НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ (до 2 сторінок) в поточному році/ в рамках реалізації Проєкту, зокрема:**

### **5.1. Опис наукових або науково-технічних результатів, отриманих в рамках виконання Проєкту (із зазначенням їх якісних та кількісних (технічних) характеристик)**

1. Архітектура рекурентної нейронної мережі на основі LSTM.
2. Метод підвищення просторового розрізнення супутникових даних на основі методів глибинного навчання з використанням generative adversarial networks.
3. Метод злиття супутникових даних високого та низького просторового розрізнення.
4. Програмні реалізація розроблених методів злиття супутникових даних високого та низького просторового розрізнення та архітектур моделей глибинного навчання для класифікації

5. Виступи на 2 конференціях, матеріали яких індексуються наукометричною базою SCOPUS, з результатами виконання проєкту.

### **5.2. За наявності науково-технічної продукції обґрунтування її переваг у порівнянні з існуючими аналогами**

Розроблені та реалізовані методи і моделі глибинного навчання можуть забезпечити можливість отримання продуктів супутникового моніторингу з більш високим часовим і просторовим розрізненням, ніж існуючі технології, а також дозволяють отримати вихід моделі у вигляді багатовимірного часового ряду. Ці переваги дозволять розв'язати нові класи прикладних задач моніторингу економічних показників, зокрема моніторингу економічного стану окупованих територій та моніторингу повторних посівів протягом одного вегетаційного сезону.

### **5.3. Практична цінність отриманих результатів реалізації Проєкту для економіки та суспільства (стосується проєктів, що передбачають проведення прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок)**

Отримані результати представляють собою базу для проведення практичної апробації запропонованих методів, а також для створення прикладних продуктів: геопросторових карти оцінки екологічних (якість повітря, температура земної поверхні, деградація землі) та економічних (площа та стан посівів, врожайність, стан та розвиток інфраструктури, землекористування, сільськогосподарські практики) індикаторів, відповідних.

### **5.4. Опис шляхів та способів подальшого використання результатів виконання Проєкту в суспільній практиці.**

Покращені та реалізовані методи і моделі глибинного навчання для класифікації часових рядів супутникових даних можуть активно використовуватися органами державної влади для моніторингу типів землекористування та типів культур, а на основі отриманих продуктів (карт класифікацій) – робити управлінські рішення у різних галузях керування. Зокрема це і лісове господарство, сільськогосподарське, податкові інспекції, моніторинг несанкціонованого використання земель тощо.

Примітка: Анотований звіт не повинен містити відомостей, заборонених до відкритого опублікування

**Науковий керівник Проєкту**  
Заступник директора ІКД НАНУ та ДКАУ  
Наталія КУССУЛЬ

\_\_\_\_\_  
(підпис)

