

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор Інституту космічних
досліджень НАНУ та ДКАУ
Олег ФЕДОРОВ



АНОТОВАНИЙ ЗВІТ
про виконану роботу в рамках реалізації проєкту
із виконання наукових досліджень і розробок

«Інформаційна технологія оцінювання пожежної небезпеки та моніторингу пожеж у природних екосистемах на основі супутникових даних»

Назва конкурсу: Наука для безпеки людини та суспільства
Реєстраційний номер Проєкту: 2020.01/0268

Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок (реєстраційний номер та назва Проєкту) 2020.01/0268 «Інформаційна технологія оцінювання пожежної небезпеки та моніторингу пожеж у природних екосистемах на основі супутникових даних»

Рішення наукової ради Національного фонду досліджень України щодо визначення переможця Наука для безпеки людини та суспільства протокол від «16-17» вересня 2020 року № 21

1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

Загальна тривалість виконання проєкту 2020 рік – 2021 рік
Тривалість виконання Проєкту у 2021 році
Початок – 30.04.2021
Закінчення – 15.12.2021

Загальна вартість Проєкту, грн. 5 038 764,00 (п'ять мільйонів тридцять вісім тисяч сімсот шістдесят чотири) грн. 00 коп.

Вартість Проєкту по роках, грн.:

1-й рік - 1 447 894,00 (один мільйон чотириста сорок сім тисяч вісімсот дев'яносто чотири) грн. 00 коп.
2-й рік - 3 590 870,00 (три мільйони п'ятсот дев'яносто тисяч вісімсот сімдесят) грн. 00 коп.

2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проєкту залучено 11 виконавців, з них:

доктори наук 5;
кандидати наук 6;
інші працівники 0.

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

Грантоотримувач Інститут космічних досліджень Національної академії наук України та Державного космічного агентства України – державна організація, яка займається наступними науковими напрямками діяльності: космічні інформаційні системи і технології, методи обробки аерокосмічних даних; космічне матеріалознавство; розроблення та створення перспективних

приладів для космічних досліджень; теорія та методи керування складними динамічними системами космічного призначення, сонячно-земні зв'язки та космічна погода. Науковий керівник проф., д.т.н. Куссуль Н.М. є координатором з української сторони багатьох міжнародних проєктів за програмами FP-7, Horizon -2020, ESA, INTAS, CRDF, УНТЦ, експерт Європейської комісії з питань супутникового моніторингу. Має досвід роботи в міжнародних та вітчизняних наукових проєктах. Залучення субвиконавців до виконання проєкту не передбачено.

4. ОПИС ПРОЄКТУ

4.1. Мета Проєкту (до 200 знаків)

Розробити інформ. технологію оцінки й моніторингу пожежної небезпеки за супутниковими даними з підвищеною точністю на основі нового індексу пожежної небезпеки і ймовірнісної моделі локалізації зон виявлення та поширення пожеж.

4.2. Основні завдання Проєкту (до 400 знаків)

Проаналізувати стан оцінювання пожежної небезпеки і моніторингу пожеж (ОПНМП) в Україні та світі.

Визначити, зібрати та обробити необхідні супутникові, статистичні, наземні та інші геопросторові дані для ОПНМП.

Розробити, реалізувати та провести апробацію методів ОПНМП на основі супутникових даних для різних типів природних екосистем, створити інформаційну технологію ОПНМП на основі супутникових даних.

4.3. Детальний зміст Проєкту:

- Сучасний стан проблеми (до 400 знаків)

На сьогодні на глобальному та регіональному рівні наявні сучасні інформаційні системи ОПНМП, зокрема для Європи, Близького сходу, Північної Африки, Канади, Азії, Мексики, Австралії, США. Операційне надання інформаційних сервісів у таких системах призводить до обмежень: низьке просторове розрізнення даних, індекс пожежної небезпеки FWI справедливий для лісів, і його використання для інших типів природних екосистем призводить до оцінок зниженої точності.

- Новизна Проєкту (до 400 знаків)

Розроблення нових методів підвищення просторового розрізнення карт температури земної поверхні (ТЗП); виявлення хмар на супутникових даних; оцінювання пожежної небезпеки за індексом FWI, за допомогою поєднання супутникових, погодних даних, характеристик земної поверхні та карт класифікації земного покриву. Нова ймовірнісна модель локалізації зон виявлення та поширення пожеж на основі розроблених методів підвищення просторового розрізнення ТЗП.

- Методологія дослідження (до 400 знаків)

Методологія підвищення просторового розрізнення карт ТПЗ ґрунтується на сучасних методах глибинного навчання для супутникових даних. Для виявлення хмар використовуються як класичні підходи (індекси на основі комбінацій каналів знімків, пошук темних пікселів), так і сучасні комплексні підходи (поєднання часових рядів супутникових даних з методами глибинного навчання). ОПНМП ґрунтується на модифікації індексів за допомогою поєднання доступних даних.

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. На основі аналізу проблеми оцінювання пожежної небезпеки, чинників та передумов виникнення пожеж у екосистемах України та світу визначені необхідні джерелі та характеристики супутникових, наземних та статистичних даних для побудови нової технології оцінювання

пожежної небезпеки; проаналізована значущість методів виявлення та відновлення пропусків від хмар для обробки мультисенсорного серії супутникових даних; обрані у якості базових, підходи, які успішно використовуються у канадській методології визначення погодніх індексів лісових пожеж FWI (Fire Weather Index).

2. Розроблено процедури збирання великих обсягів супутникових та наземних даних, зокрема завантаження погодніх даних з сервісу Copernicus Atmosphere Monitoring Service, глобальної атмосферної моделі NASA Power, даних з сервісу CAMS, набору даних про надзвичайні ситуації, пов'язані з вогнем, на основі інформації ДСНС; проаналізовані інформативні ознаки у колекції супутникових та погодніх даних, що є причинами надзвичайних подій; проаналізовано предиктори пожежної небезпеки; розроблено процедури щодо гармонізації супутникових даних високого та низького просторового розрізнення, формування спільного часового ряду на їх основі.

3. Розроблено оригінальний метод підвищення просторового розрізнення карт температури земної поверхні на основі мультиспектральних даних високого просторового розрізнення. Ефект збільшення просторового розрізнення карт, одержаних супутником Sentinel-3 досягнуто на основі застосування математичної моделі нейронної мережі LSTM з архітектурою «Всі в один», часових рядів карт NDVI та LST. Метод надає можливість отримувати температурні карти земної поверхні кожні 2–3 дні з 30-ти метровим просторовим розрізненням.

4. Розроблено метод виявлення хмар на супутникових даних високого та низького просторового розрізнення на основі індексів NDMI (Normalized Difference Moisture Index), NDSI (Normalized-Difference Snow Index) та специфіки інтенсивності відбитого світла від хмар, що вимірюється супутниковим сенсором у різних діапазонах, з урахуванням кута зйомки та зміщення тіні від хмари, а також пошук темних пікселів (dark pixels) із використанням інформації з NIR та SWIR каналів. Метод може бути застосований і для низки супутникових даних, зокрема Proba-V, MODIS та Sentinel-3,5.

5. На основі модернізованої методики FWI розроблено новий метод оцінювання пожежної небезпеки. Модифікація методу FWI передбачає зокрема залучення індексу дефіциту вологи у ґрунті окрім усталених шести компонентів (субіндексів) системи FWI, які є предикторами добового потенційного загоряння. Їх розрахунки включають погодні дані сервісу CAMS і глобальної атмосферної моделі NASA Power. Новий метод із залученням супутникових, погодніх та геопросторових даних дозволяє узагальнити індекс FWI на основні класи екосистем (ліси, луки, чагарники, с/г угіддя) та пожежну небезпеку у континентальних масштабах з просторовим розрізненням 250 м та 1 км та щоденним часовим розрізненням.

6. В рамках модернізації методу FWI запроваджено новий підхід для обчислення дефіциту вологи верхнього шару ґрунту SMD (Soil Moisture Deficit), який суттєвим чином відповідає за виникнення та перебіг пожежі в природній екосистемі. Підхід включає використання радіолокаційних супутникових даних Sentinel-1, а також геопросторові дані, зокрема, щодо фізичних і гідрологічних характеристик ґрунтів.

7. Запропоновано шкалу рівнів пожежної небезпеки, яка враховує діапазони значень нормованого дефіциту вологи у поверхневому шарі ґрунту. Шкала ідеологічно близька до шкали індексу посухи Кітча-Байрама, але відрізняється зокрема введенням рівня, що відповідає від'ємному значенню індексу.

8. Побудовано ймовірнісну модель локалізації зон виявлення та поширення пожеж, яка протестована з використанням даних ДСНС України. Продемонстрована прийнятна кореляція з реальними пожежами по областях, які спостерігаються в різні періоди року.

9. Створено робочі програмні продукти для реалізації методу підвищення просторового розрізнення карт температури земної поверхні низького просторового розрізнення, методу виявлення хмар на супутникових даних високого та низького просторового розрізнення, методу оцінювання пожежної небезпеки для різних типів природних екологічних систем, ймовірнісної моделі локалізації місця зон виявлення та поширення пожеж.

10. Апробація запропонованого методу модифікації системи FWI демонструє принципове покращення точності та релевантності прогнозування пожежної небезпеки. Подальше доопрацювання методу стосуватиметься запровадження машинного навчання для підвищення якості узагальненого індексу як лінійної згортки часткових критеріїв пожежної небезпеки. Планується використання розробленого методу у створюваній інформаційній технології

оцінювання пожежної небезпеки та моніторингу пожеж за супутниковими даними для території України.

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

В ході виконання проекту розроблено методи, що дозволяють реалізувати покращену технологію оцінки пожежної небезпеки на основі методу FWI. Результати роботи будуть використані при виконанні подальших етапів НДР при апробації розроблених методів оцінювання пожежної небезпеки та моніторингу пожеж для вибраних територій України стосовно різних типів природних екосистем та створенні відповідної інформаційної технології. Власні результати, отримані на основі покращення індексу пожежної небезпеки FWI показали кращий результат, що підтримує високий рівень проведених наукових досліджень.

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

Практична цінність розроблюваної інформаційної технології полягає у тому, що вона може бути покладена в основу Національної інформаційної системи оцінювання пожежної небезпеки та моніторингу пожеж, яка, за рахунок реалізації інформаційної технології, на державному рівні забезпечуватиме високу точність та достовірність при управлінні пожежною ситуацією.

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

Отримані результати виконання проєкту будуть корисними для використання у Державному космічному агентстві України, Територіальні громади для моніторингу пожежонебезпеки та планування землекористування, Органи державної влади та ДСНС для аналізу ризиків пожеж та моніторингу пожеж і згарищ.

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

Науковий керівник Проєкту
Заступник директора ІКД НАНУ та ДКАУ
Наталія КУССУЛЬ

(підпис)