

О. В. Коменчук¹
 В. Б. Мокін¹
 Є. М. Крижановський¹
 В. О. Будяк¹

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОБУДОВИ ПЛАНУ БУДІВЕЛЬ ЗА АЕРОФОТОЗЙОМКОЮ ЇХНІХ ДАХІВ

¹Вінницький національний технічний університет

Розроблено інтелектуальну технологію побудови плану будівель за даними дистанційного зондування Землі. Такими даними можуть бути дані аерофотозйомки або ж супутникові знімки високої якості.

Проведено детальний огляд типів дахів шляхом аналізу найпоширеніших класифікацій та визначено найпоширеніші з них, на прикладі яких, може здійснюватись удосконалення інтелектуальної технології побудови плану будівель за даними аерофотозйомки. Охарактеризовано сучасні та традиційні методи аналізу зображень, які можуть використовуватися для розв'язання цієї задачі. Вибрано найсучасніші методи, які можуть бути ефективними для такого класу задач.

Розроблено узагальнений алгоритм для класів односхилих, двосхилих, плоских та вальмових дахів.

Запропоновано удосконалення інтелектуальної технології побудови плану будівель за даними аерофотозйомки їхніх дахів, шляхом інтеграції моделі для детекції DETR ("DEtection TRansformer") разом з сегментацією на основі ViTs (Vision Transformers) для комплексного вирішення проблем пошуку та ідентифікації дахів у першому наближенні для подальшого поліпшення побудови планів будівель. Запропоновано комбінований підхід, який використовує сильні сторони обох моделей, використовуючи модель DETR для локалізації груп дахів у великомасштабних зображеннях, після чого, використовуючи ViTs, точно сегментувати подібні види дахів.

Здійснено порівняння точності моделей для сегментації зображень та для детекції об'єктів на зображеннях. Охарактеризовано результати апробації удосконаленої технології побудови плану будівель за даними аерофотозйомки їхніх дахів: алгоритму, підходів та програмного забезпечення на тестових даних аерофотозйомки публічного датасету, які довели їхню ефективність. Запропоновано можливі удосконалення запропонованої технології за рахунок використання псевдомасок.

Результати роботи можуть бути поширені й на інші види дахів будівель, за умов належної адаптації відповідно до специфіки конкретних видів дахів.

Ключові слова: інтелектуальна технологія, аерофотозйомка, штучний інтелект, побудова плану, ідентифікація дахів, дані дистанційного зондування Землі, розпізнавання зображень, псевдомаски.

Постановка задачі та вихідні передумови

Важливою проблемою містобудівної справи є оперативне створення детального плану місцевості за даними аерофотозйомки. Однією з найскладніших задач цієї проблеми є відтворення плану фундаменту будівлі по її даху. Тобто, самого фундаменту на знімках не видно — можна тільки на основі знімків, отриманих з різних ракурсів, здогадуватись який він.

Існують різні варіанти розв'язання цієї задачі, зокрема у таких пакетах прикладних програм, як ArcGIS, QGIS, Digitals, Adobe PhotoShop та ін. [1]—[3]. Наприклад, на основі аналізу певних кольорів і сегментації зображення [4], на основі зіставлення знімків зі старими планами тієї ж місцевості [2] та з використанням інших традиційних методів геопросторового аналізу даних та методів аналізу зображень [4]—[9]. Недоліками цих рішень є доволі низька точність щодо дахів складної конфігурації, за умов складного рельєфу, насиченості зображення великою кількістю різноманітних об'єктів, які візуально є схожими на дахи будинків, різні кольори дахів, зокрема не надто контрастні відносно інших елементів ландшафту тощо. Водночас сучасні інтелектуальні методи розпізнавання зображень на основі трансформерів ViTs та псевдоміток [10] демонструють значні ус-

пiхи, якi можна використати для розв'язання цiєї задачi.

Метою дослідження є підвищення точності ідентифікації координат фундаменту будівель за даними аерофотозйомки їхніх дахів шляхом адаптування до цiєї задачi сучасних iнтелектуальних технологій розпізнавання зображень.

Ідея розв'язання задачi

Для розв'язання поставленої задачi застосовано класичний узагальнений алгоритм машинного навчання:

1. Побудова і розмітка датасету (наприклад, класифікація дахів силами експертів чи за даними містобудівної документації). Формування тренувального, валідаційного і тестового датасетів.
2. Передоброблення даних.
3. Розвідувальний аналіз даних та інженерія ознак (генерування та відбір ознак).
4. Побудова та ідентифікація (тюнінг — з англ. «tuning») моделей на тренувальному датасеті, вибір оптимального ансамблю моделей на основі передбачень на валідаційному датасеті.
5. Передбачення таргета для тестового датасету.
6. Післяоброблення результатів передбачення для тестового датасету.
7. Аналіз ефективності передбачення.

Існує чимало прийомів реалізації кожного етапу та їхніх комбінацій. Наприклад, у статті [11] одного зі співавторів цiєї статті наведено приклад різних операцій передоброблення.

Для розв'язання поставленої задачi на нових тестових даних важливо ефективно розв'язати такі задачi:

Задача 1. Побудувати датасет, релевантний новим тестовим даним (етап 1).

Задача 2. Передобробити та підготувати дані для проведення аналізу даних та тренування моделей (етап 2).

Задача 3. Провести розвідувальний аналіз даних та відбір ознак (етап 3).

Задача 4. Побудувати структуру тренування моделей глибокого навчання для визначення цiльових ознак даних (етап 4).

Задача 5. Побудувати методи для післяоброблення результатів, передбачених на етапі 4 (етап 5).

Задача 6. Оцінити та проаналізувати ефективність роботи запропонованого рішення (етап 6).

Запропонуємо розв'язок цих задач з використанням датасету «Aerial Imagery for Roof Segmentation» [13] на платформі датасайнтистів Kaggle. Цей датасет містить кілька папок: test, train, val. Кожна з цих папок містить дві підпапки: image та label. У папках image містяться фотоматеріали, зроблені під час аерофотозйомки, а в папках label зберігаються маски сегментації. Дані для навчання моделі знаходяться у папці train, для валідації — у папці val, а для тестування — у папці test.

Класифікація видів дахів та розроблення алгоритмів їхньої ідентифікації

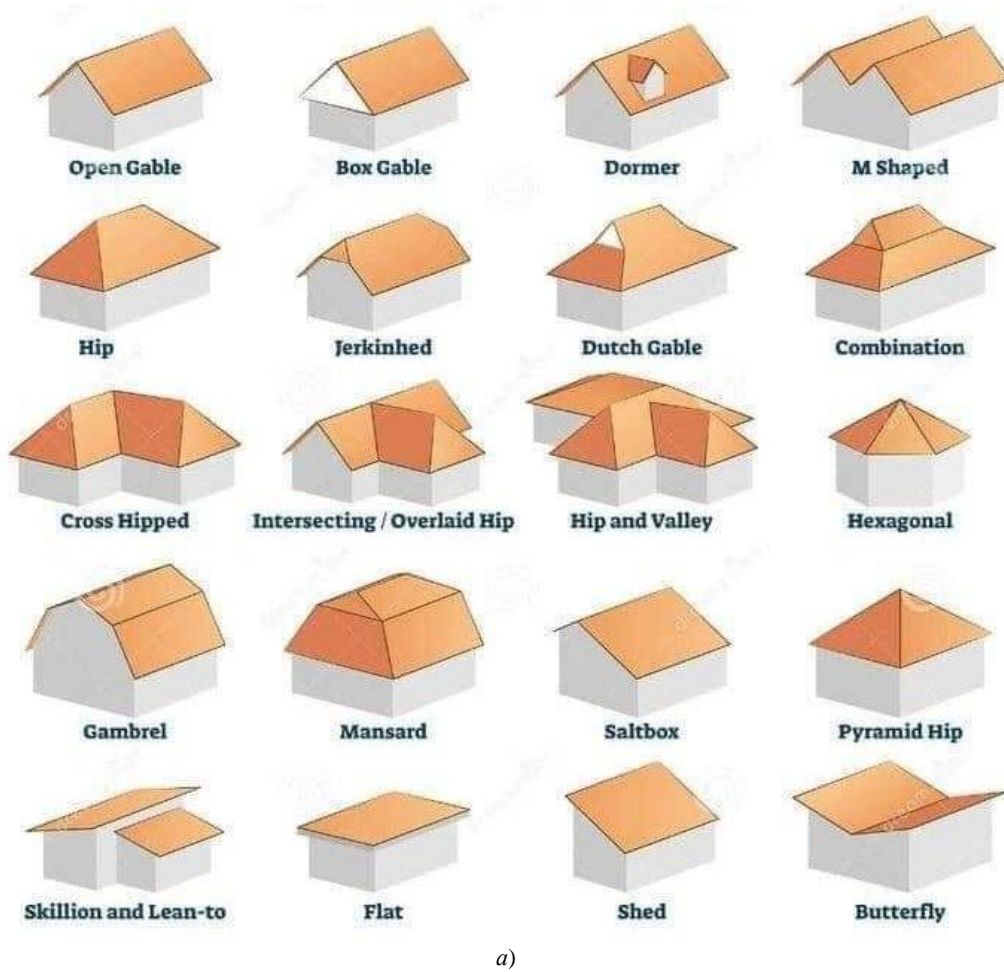
У табл. 1 подано основні види дахів, які виділяють у містобудуванні [10].

Таблиця 1

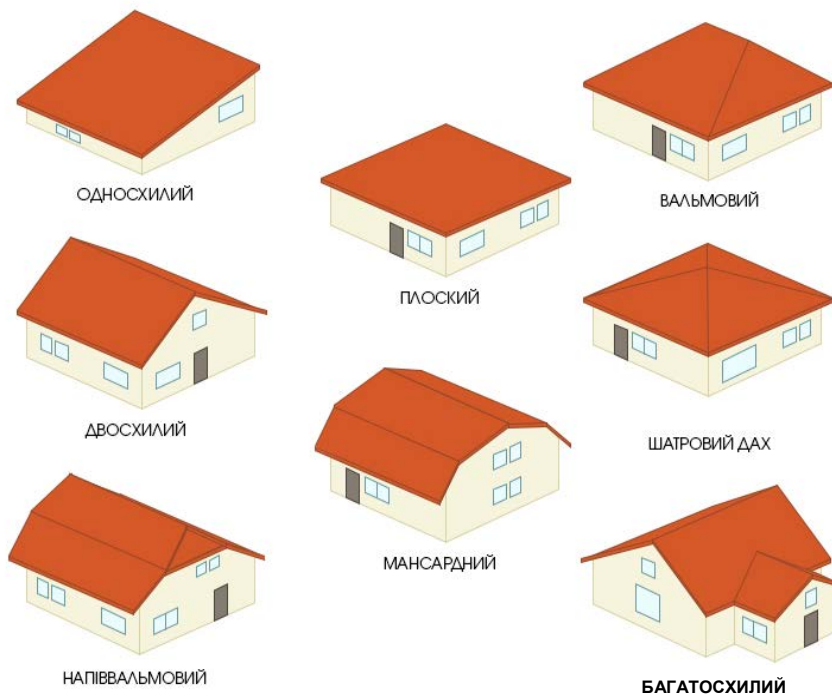
Основні види дахів

Вид даху	Характеристика
Односхилий дах	Опирається своєю несучою конструкцією на зовнішні стіни, що знаходяться на різних рівнях
Двосхилий дах	Є найпоширенішою класичною конструкцією. До численних варіантів цього типу треба віднести дахи з рівномірним або нерівномірним кутом нахилу ската або ж розміром карнизного звису
Вальмовий дах	Чотирискатний: два ската створюють трапецію, а два інших, з боку торцевих стін, — трикутники (вони називаються «вальмами»)
Шатровий дах	Всі скати такого даху мають вигляд рівнобедрених трикутників, які сходяться в одній точці. Визначальним елементом є симетричність. Застосовується для будівель у формі квадрата або рівностороннього багатокутника
Мансардний дах	Для збільшення обсягу житлового горіщного приміщення (мансарди) часто виконуються скати різних нахилів: нижні — крутіші і верхні — пологіші
Плоскі дахи	Це такий дах, в якого контури розташування стін збігаються з контуром даху. На відміну від скатних дахів, на плоских дахах не застосовують як покрівельні штучні та листові матеріали.

Розширені класифікації видів дахів показані на рис. 1.



a)



b)

Рис. 1. Види дахів: а) розширена класифікація видів дахів [14]; б) найпоширеніші види дахів [15]

У більшості випадків зустрічаються класи з односхилими (англ. “shed”), двохсхилими (англ. “open/box gable”), плоскими (англ. “flat”) та вальмовими (англ. “hip”) дахами, тому у першому

наближенні можна звзунити постановку задачі до ідентифікації координат фундаментів саме цих чотирьох видів дахів. Для їхньої ідентифікації пропонуємо такий алгоритм:

1. Вхідне зображення передається в модель детекції груп дахів на базі DETR (“DEtection TRansformer”) для кращої локалізації.
2. Результатами моделі детекції є регіони груп заданих дахів.
3. Регіони із зображеннями груп заданих дахів передаються в модель сегментації дахів на базі ViTs.
4. Отримані маски сегментації з моделі на базі ViTs поєднуються з парами відповідних оригінальних зображень; в результаті отримуються зображення, де з точністю до пікселів визначено дахи.
5. До отриманих на кроці 4 зображень застосовується комплекс методів післяоброблення, що включають в себе алгоритми пошуку контурів Canny Edge Detection та методи фільтрації контурів. Для знаходження контурів даху і ліній гребеня (для односхилих (англ. “shed”) та плоских (англ. “flat”) дахів достатньо знайти контури дахів, оскільки у цього типу дахів відсутня лінія гребеня).
6. Знаходження та накреслення ліній на зображенні на основі результатів з кроку 5.

Вибір інтелектуальних технологій та інформаційних технологій оброблення зображень для розв’язання поставленої задачі

Для розв’язання поставленої задачі досліджено різні методології, зокрема останні досягнення зосереджені на підходах з використанням згорткових нейронних мереж (CNN) для сегментації дахів у поєднанні з методами післяоброблення.

Оглядовий аналіз, проведений для цього дослідження, підкреслює ефективність використання згорткових нейронних мереж (CNN) для сегментації дахів. Однак, варто зазначити, що наявні підходи мають певні обмеження та деякі недоліки, особливо у випадках, коли окрема згорткова нейронна мережа (CNN) навчається для завдань сегментації дахів, після чого натренованої моделі на вхід передають зображення у великому масштабі — за таким підходом не завжди вдається точно окреслити всі дахи на зображенні. Недоліки, у першу чергу, впливають зі складної природи конструкцій даху та мінливості умов зображення, особливо за умов, якщо дахи займають незначну частину зображень, як на рис. 2.



Рис. 2. Приклади з набору даних, де дахи займають незначну частину зображень [4]

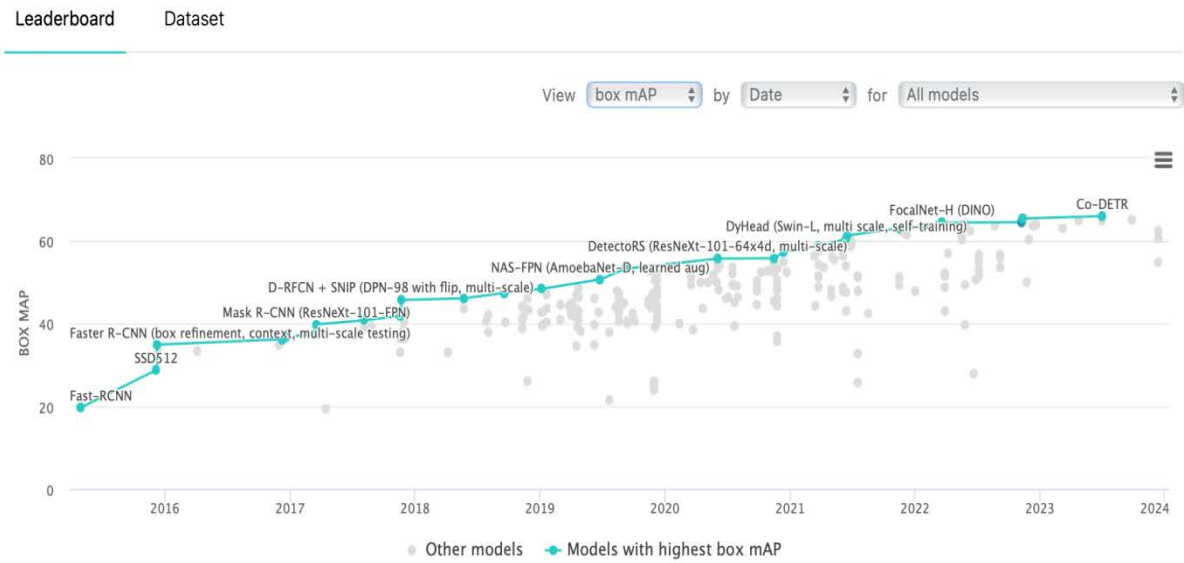
Щоб подолати вищеописані недоліки та підвищити ефективність таких рішень, що в подальшому дозволить поліпшити розроблення планів будівель, пропонується вдосконалений підхід. Пропонується об’єднати два ключові компоненти:

- 1) використання моделі детектування DETR від “Meta” [16] на стадії локалізації груп дахів серед повномасштабних зображень;
- 2) використання моделі на базі ViTs (“Vision Transformers”) [17] для сегментації дахів будівель, оскільки припускається, що досить часто у забудовах використовуються схожі архітектури та види дахів поряд чи в одному мікрорайоні (рис. 3), в такому разі модель сегментації на базі ViTs зможе знаходити схожі види дахів та легко ідентифікувати їх.

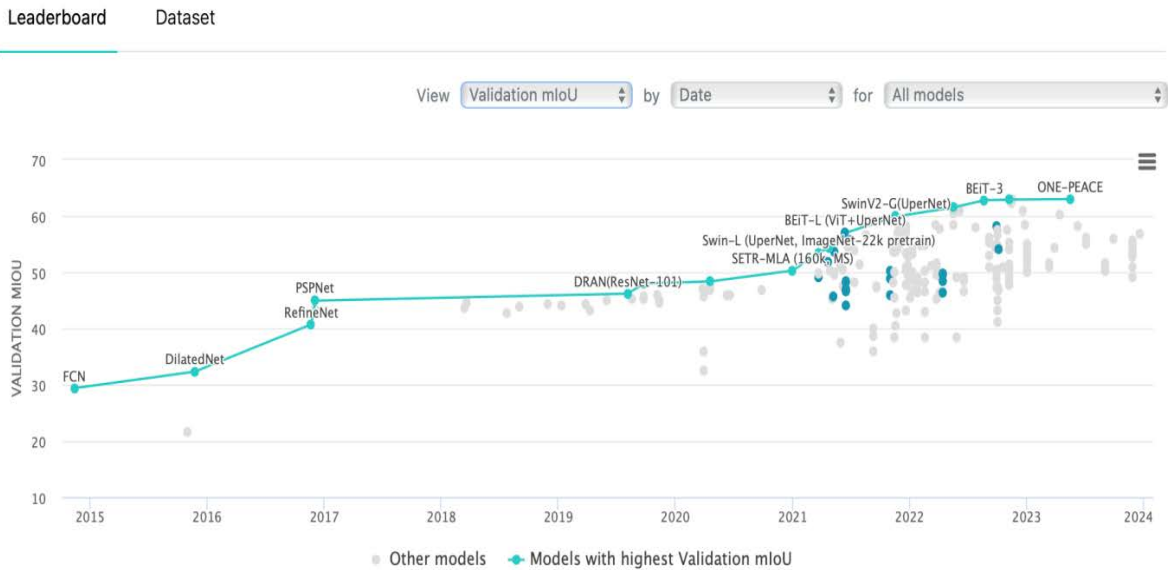


Рис. 3. Приклад з набору даних, де схожі види дахів розташовані в одній щільній забудові [4]

Таким чином, пропонується інтегрувати модель DETR із сегментацією на основі ViTs для комплексного вирішення проблем пошуку та ідентифікації дахів з метою подальшого поліпшення побудови планів будівель, оскільки, як видно з рис. 4, останнім часом одними з найточніших є саме моделі класу “Transformer”, зокрема моделі DETR та ViTs.



a)



b)

Рис. 4. Порівняння точності моделей: a — для сегментації зображень [18]; б — для детектування об’єктів на зображеннях [19] (синім виділено моделі класу “Transformers”)

Запропонований комбінований підхід об'єднує сильні сторони обох моделей, використовуючи модель DETR для локалізації груп дахів на великомасштабних зображеннях. Після чого, використовуючи здатність ViTs, можна точно сегментувати подібні види дахів. До того ж, запропонований удосконалений підхід може бути перспективним і для підвищення ефективності побудови планів будівель шляхом точнішого та комплексного аналізу дахів.

Алгоритм розв'язання поставленої задачі

Отже, для розв'язання поставленої задачі пропонується удосконалена інтелектуальна технологія, архітектура якої складається з трьох невід'ємних компонентів, призначених для підвищення точності та ефективності всього процесу.

По-перше, запропонована технологія включає в себе механізм локалізації, призначений для ідентифікації груп дахів на великомасштабних зображеннях. Цей початковий крок має ключове значення для виділення регіонів інтересу шляхом зосередження виключно на відповідних областях. Використовуючи моделі детекції об'єктів, такі як DETR, система дозволяє визначити скупчення дахів серед складних міських ландшафтів або різних умов зображення.

По-друге, після фази локалізації запропонована архітектура включає модель сегментації для створення детальних масок сегментації даху. Завдяки використанню ViTs, спеціально навчених для сегментації даху, система може ефективно фіксувати складні деталі та окреслювати окремі дахи.

Приклад структурної схеми запропонованої архітектури, що включає в себе описані вище компоненти показано на рис. 5.

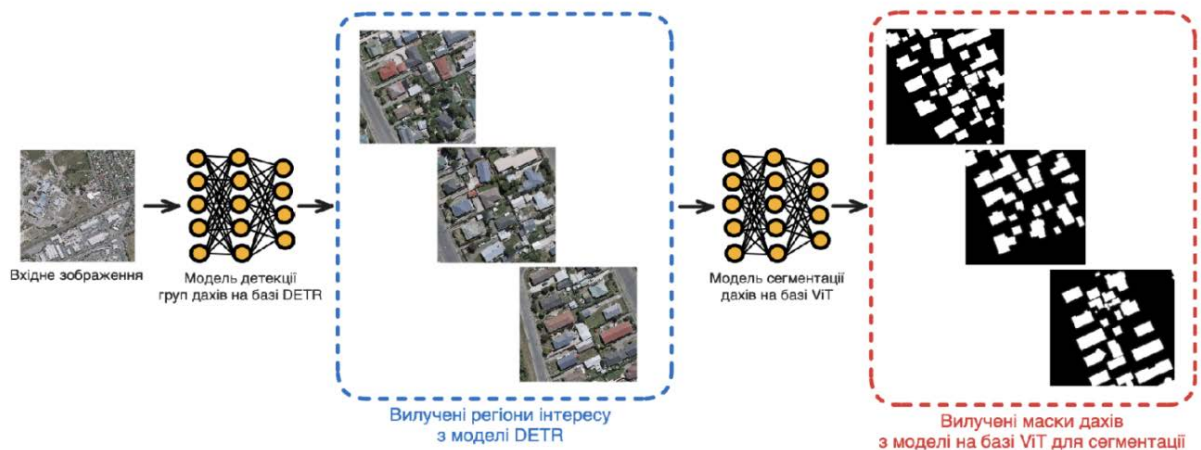


Рис. 5. Структурна схема архітектури інтелектуальної технології, що включає компоненти з використанням моделей DETR та ViTs

Для оцінювання ефективності роботи моделі детекції об'єктів DETR та сегментаційної моделі на базі ViTs пропонується використати коефіцієнт Жаккара (Jaccard index або IoU — Intersection over Union) як основну метрику, оскільки цей показник кількісно визначає просторове перекриття між прогнозованою та справжньою обмежувальною рамкою/сегментаційною маскою зі значеннями в діапазоні від 0 (без перекриття) до 1 (ідеальне перекриття):

$$\text{IoU}(A, B) = \frac{A \cap B}{A \cup B}, \quad (1)$$

де A — обмежувальна рамка або множина з фактичними даними; B — передбачена обмежувальна рамка або множина.

По-третє, на додаток до компонентів локалізації та сегментації, запропонована технологія включає низку класичних методів післяоброблення для подальшого вдосконалення та поліпшення результатів аналізу (рис. 6). Ключовим серед цих методів є застосування класичних алгоритмів пошуку контурів Canny Edge Detection, які дозволяють точно ідентифікувати контури даху та лінії гребенів даху для побудови планів будівель. Використовуючи методи контурної фільтрації, система може розрізняти відповідні елементи даху та сторонні елементи, удосконалюючи таким чином інтелектуальну технологію та підвищуючи її точність.

Отже, запропонована інтелектуальна технологія є цілісним підходом до розв'язання задачі створення плану будівель за даними аерофотозйомки. Завдяки поєднанню запропонованих методів лока-

лізації на основі DETR, моделей сегментації на основі ViTs і класичних методів післяоброблення така архітектура пропонує комплексне рішення, адаптоване до складності аналізу аерофотознімків, яке дозволить підвищити точність ідентифікації координат фундаменту будівель на цих знімках.

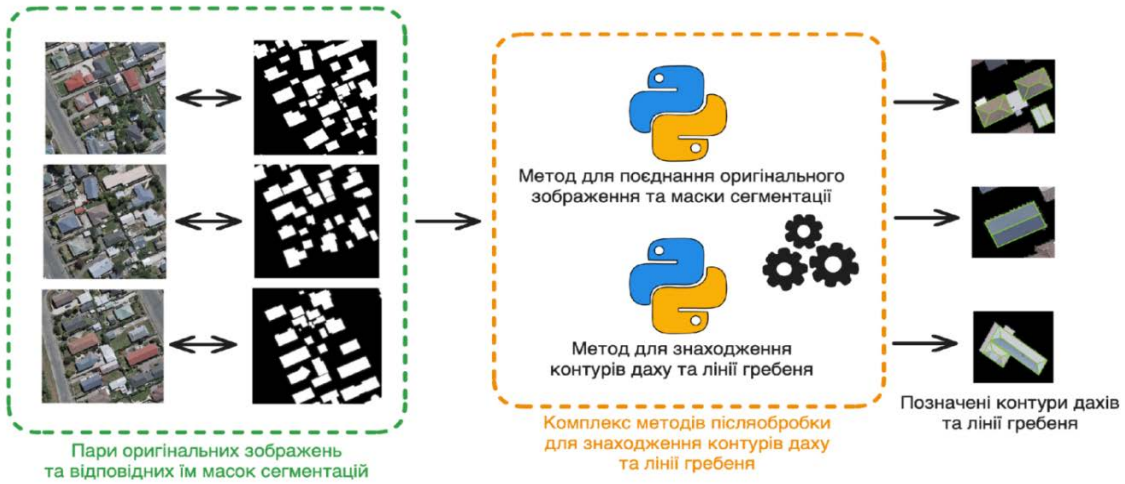


Рис. 6. Структурна схема архітектури інтелектуальної технології, що включає компоненти з використанням методів післяоброблення для знаходження контурів дахів та ліній гребеня

Приклад розв'язання поставленої задачі

Розв'яжемо задачу на прикладі зображень датасету «Aerial Imagery for Roof Segmentation» [13] з використанням запропонованої удосконаленої інтелектуальної технології.

На рис. 7 показано результати запропонованої удосконаленої інтелектуальної технології, застосованої для завдань локалізації груп дахів, створення масок сегментації, задля ідентифікації дахів та побудови контурів дахів і ліній гребеня.

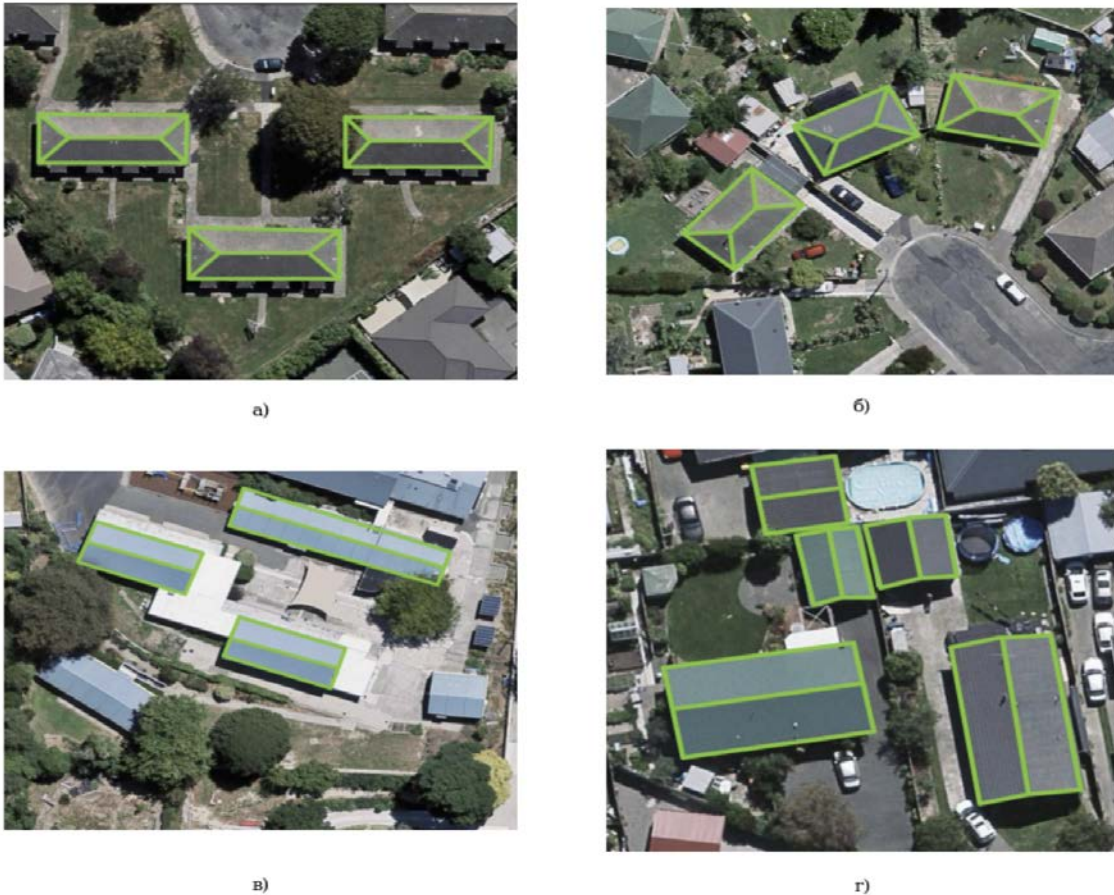


Рис. 7. Результати застосування створеної інтелектуальної технології для напоширеніших типів дахів з тестувальної вибірки даних: а, б — вальмові (англ. “hip”); в, г — двосхили (англ. “open/box gable”)

Висновки

Розглянуто задачу побудови плану будівель за даними аерофотозйомки їхніх дахів.

Зазначена актуальність удосконалення існуючих інтелектуальних технологій побудови плану будівель за даними аерофотозйомки їхніх дахів за використання сучасних методів штучного інтелекту для оброблення зображень. Проаналізовано типи дахів та вибрано кілька найпоширеніших типів дахів для базового розгортання та тестування удосконаленої технології.

Досвід практичних випробувань довів недостатню швидкість та рівень автоматизації традиційних методів побудови плану будівель за даними аерофотозйомки їхніх дахів. Проаналізовано сучасні методи аналізу зображень, які можуть використовуватися для розв'язання задачі побудови плану будівель за даними аерофотозйомки їхніх дахів.

Удосконалено інтелектуальну технологію побудови плану будівель за даними аерофотозйомки їхніх дахів, шляхом інтеграції моделі для детекції DETR разом з сегментацією на основі ViTs для комплексного вирішення проблем пошуку та ідентифікації дахів для подальшого поліпшення побудови планів будівель. Зокрема, запропоновано комбінований підхід, який об'єднує сильні сторони обох моделей, використовуючи модель DETR для локалізації груп дахів у великомасштабних зображеннях, після чого, використовуючи ViTs, значно точніше сегментувати подібні види дахів.

Охарактеризовано результати успішної апробації удосконаленої технології, алгоритмів та підходів на даних публічного датасету, які довели їхню ефективність. Результати роботи можуть бути поширені на інші види дахів будівель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Є. М. Крижановський, В. Б. Мокін, А. Р. Яцолт, і Л. М. Скорина, *Системний аналіз та проектування ГІС*, електронний навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2015, 127 с.
- [2] А. І. Зубик, *ГІС в урбаністиці та просторовому плануванні*, навчально-метод. посіб. для аудиторної та самостійної роботи студентів з курсу «Використання ГІС в урбаністиці та просторовому плануванні». Львів, 2021, 580 с.
- [3] В. Б. Мокін, І. В. Варчук, і Є. М. Крижановський, *Інформаційна технологія аналізу та оптимізації топологічної спостережуваності багатозв'язних геоінформаційних систем*: моногр. Вінниця: ВНТУ, 2019, с.
- [4] Qi Chen, et. al, "TEMPORARY REMOVAL: Aerial imagery for roof segmentation: A large-scale dataset towards automatic mapping of buildings," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 147, pp. 42-55, 2019. ISSN 0924-2716, <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.11.011>.
- [5] Q. Li, et al., "Instance Segmentation of Buildings Using Keypoints," *IGARSS 2020-2020 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Waikoloa, HI, USA, 2020, pp. 1452-1455, <https://doi.org/10.1109/IGARSS39084.2020.9324457>.
- [6] M. Guo, H. Liu, Y. Xu, and Y. Huang, *Building Extraction Based on U-Net with an Attention Block and Multiple Losses*. *Remote sensing* (Basel, Switzerland), no. 12(9), pp.1400, 2020. <https://doi.org/10.3390/rs12091400>.
- [7] Saritürk, Batuhan, et al. "Feature Extraction from Satellite Images Using Segnet and Fully Convolutional Networks (FCN)," *International Journal of Engineering and Geosciences*, vol. 5, no. 3, Oct. 2020.
- [8] Gaston Lenczner, Adrien Chan-Hon-Tong, Bertrand Le Saux, Nicola Luminari, and Guy Le Besnerais, "DIAL: Deep Interactive and Active Learning for Semantic Segmentation in Remote Sensing," *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, no. 15, pp. 3376-3389, 2022, [ff10.1109/jstars.2022.3166551f](https://doi.org/10.1109/jstars.2022.3166551f), <https://ieeexplore.ieee.org/document/9324457>.
- [9] Agustsson, E., et. al, "Interactive full image segmentation by considering all regions jointly," in *CVPR*. pp. 11622-11631. IEEE, 2019.
- [10] Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко, і Н. Ю. Лазоренко-Гевель., *Основи ГІС. Стандартизація географічної інформації*, навч. посіб. Київ, Україна: КНУБА, 2021, 152 с.
- [11] В. Б. Мокін, і О. В. Коменчук, «Сучасні інформаційні технології для розпізнавання дахів будівель на аерофотозйомці.» у *Матеріали LI Науково-технічної конференції факультету інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації Вінницького національного технічного університету*, Вінниця, 31 травня – 1 червня 2022 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2022/paper/view/16150/13565>.
- [12] М. В. Дратований, і В. Б. Мокін, «Інтелектуальний метод з підкріпленням синтезу оптимального конвеєру операцій попереднього оброблення даних у задачах машинного навчання.» *Наукові праці ВНТУ*, вип. 4, Груд. 2022. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/670/631>.
- [13] "AIRS (Aerial Imagery for Roof Segmentation)," Kaggle, [Electronic resource]. Available: <https://www.kaggle.com/datasets/atilol/aerialimageryforroofsegmentation/data>.
- [14] "Sydney Roofers, Roofing Company Sydney," *Rooflines*, [Electronic resource]. Available: <https://www.rooflines.com.au/blog/6-most-common-australian-roof-types>.
- [15] Nexе-ua, «Про монтаж черепиці.» [Electronic resource]. Available: <https://nexе-ua.com/ua/pro-montazh-cherepici/>.
- [16] GitHub, "DE:TR: End-to-End Object Detection with Transformers," [Electronic resource]. Available: <https://github.com/facebookresearch/detr>.
- [17] Hans Thisanke, Chamli Deshan, Kavindu Chamith, Sachith Seneviratne, Rajith Vidanaarachchi, and Damayanthi Herath, *Semantic Segmentation using Vision Transformers: A survey*. 2023, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.03273>.
- [18] "Semantic Segmentation on ADE20K," *Paperswithcode*, [Online]. Available: <https://paperswithcode.com/sota/semantic-segmentation-on-ade20k>.
- [19] "Object Detection on COCO test-dev," *Paperswithcode*, [Electronic resource]. Available:

<https://paperswithcode.com/sota/object-detection-on-coco> .

[20] “Segment Anything,” *GitHub*, [Online]. Available: <https://github.com/facebookresearch/segment-anything> .

Рекомендовано до друку кафедрою системного аналізу та інформаційних технологій ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 20.02.2024

Коменчук Олег Вікторович — аспірант кафедри системного аналізу та інформаційних технологій; e-mail: komenchuk77@gmail.com ;

Мокін Віталій Борисович — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри системного аналізу та інформаційних технологій; e-mail: vbmokin@vntu.edu.ua ;

Крижановський Євгеній Миколайович — канд. техн. наук, доцент кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, e-mail: kruzhan@gmail.com ;

Будяк Владислав Олександрович — студент факультету інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, e-mail: budyakqwe@gmail.com .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

O. V. Komenchuk¹
V. B. Mokin¹
Ye. M. Kryzhanovsky¹
V. O. Budiak¹

Intelligent Technology of Buildings Plan Construction, Based on Aerial Photography of their Roofs

¹Vinnitsia National Technical University

The article is devoted to the development of an intelligent technology for the construction of building plans based on the data of remote sensing of the Earth. Such data can be the data of aerial photographs or high-quality satellite images.

A detailed review of the types of roofs was carried out by analyzing the most common classifications, and the most typical of them were determined, on the example of which, the improvement of the intelligent technology of building plan construction based on aerial photography data can be carried out. Modern and traditional methods of image analysis that can be used to solve this problem are characterized. The methods are chosen, which are the most advanced and can be effective for this class of tasks.

Generalized algorithm for the class of single-pitched, gable, flat and hip roofs has been developed.

It is proposed to improve the intelligent technology of constructing a plan of buildings based on the data of aerial photography of their roofs, by integrating the DETR detection model (“DEtection TRansformer”) together with the segmentation based on ViTs (Vision Transformers) for a comprehensive solution to the problems of finding and identifying roofs, in a first approximation, for further improving the construction of building plans. Combined approach is proposed that takes advantage of the strengths of both models by using the DETR model to localize groups of roofs in large-scale images, then using ViTs to accurately segment similar types of roofs.

Comparison of the accuracy of models for image segmentation and object detection in images was made. The results of the approbation of the improved technology of construction of the plan of buildings based on the data of aerial photography of their roofs are characterized: the algorithm, approaches and software on the test data of aerial photography of the public dataset, which proved their effectiveness. Possible improvements of the proposed technology due to the use of pseudo masks are suggested.

The results of the work can be extended to other types of building roofs, on the condition of proper adaptation in accordance with the characteristic features of specific types of roofs.

Keywords: intelligent technology, aerial photography, artificial intelligence, plan creation, roof identification, remote sensing data, image recognition, pseudo-masks.

Komenchuk Oleh V. — Post-Graduate Student of the Chair of System Analysis and Information Technologies, e-mail: komenchuk77@gmail.com ;

Mokin Vitalii B. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of System Analysis and Information Technologies, e-mail: vbmokin@vntu.edu.ua ;

Kryzhanovsky Yevhenii M. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Chair of System Analysis and Information Technologies, e-mail: kruzhan@gmail.com ;

Budiak Vladyslav O. — Student of the Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, e-mail: budyakqwe@gmail.com