

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ДАХІВ БУДІВЕЛЬ НА АЕРОФОТОЗЙОМЦІ

Вінницький національний технічний університет, Україна

Анотація

Робота присвячена задачі автоматизації розпізнавання дахів будівель за даними аерофотозйомки з метою створення планів місцевості. Запропоновано метод, який дозволяє знаходити контури країв даху, а також лінію гребеня даху, що виступає основою для знаходження основ стін. Наведено ряд прикладів його застосування.

Ключові слова: комп'ютерний зір, розпізнавання зображень, аерофотозйомка, дах будівлі

Abstract

The work is devoted to the problem of automation of recognition of roofs of buildings according to aerial photography in order to create plans of the area. A method is proposed that allows to find the contours of the roof edges, as well as the line of the roof ridge, which serves as the basis for finding the foundations of the walls. There are a number of examples of its application.

Keywords: computer vision, image recognition, aero photography, roof of building

Вступ

Алгоритми комп'ютерного зору демонструють чудові результати у розпізнаванні складних об'єктів на зображеннях. Наразі у вільному користуванні доступні зображення, отримані із супутників та БПЛА (безпілотні літальні апарати), а також обчислювальні потужності для обробки цих зображень. Супутникові знімки бувають трьох основних типів. Перший тип - це зображення, що містять інформацію про колір, другий тип - це зображення, що вимірює тепло на поверхні за допомогою інфрачервоних променів, і третій тип - це зображення, яке фіксує водяну пару у верхніх шарах атмосфери. У дослідженні використовуються супутникові знімки, що містять інформацію про колір, вони були використані для класифікації дахів на основі інформації про їх колір. Зображення супутників дуже великі та містять дуже велику кількість інформації про зображення. Зображення дахів використовують як дані поверхні для аналізу площі будівлі та її основних стін. Для визначення дахів на зображеннях існують методи класифікації, сегментації та детекції. Пропонується використати алгоритми семантичної сегментації для виокремлення дахів від інших об'єктів, які нас не цікавлять в даному дослідженні (дороги, земля і т.п.). Щоб визначити дах, використовують алгоритми згорткових нейронних мереж (CNN), які на основі раніше вивчених патернів, виявляють ділянки зображення, де присутній дах і в результаті створюють маску сегментації, до якої застосовуються алгоритми після обробки для знаходження контурів країв даху, а також лінії гребеня даху.

Результати дослідження

Дах - це верхня захисна конструкція будівлі, що виконує опорні, гідроізолюючі і, при безгорищних (суміщених) дахах і теплих горищах, теплоізолюючі функції. В ході дослідження було відібрано основні види дахів (табл. 1), з якими проводилися експерименти точності роботи алгоритму [2].

Результат систематизації видів дахів будівель

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 даного типу треба віднести дахи з рівномірним або нерівномірним кутом нахилу ската або ж розміром карнизного звису.
Вальмовий дах	Чотирискатний: два ската представляють собою трапецію, а два інших, з боку торцевих стін - трикутники (вони називаються вальмами).
Шатровий дах	Всі скати такого даху - у вигляді рівнобедрених трикутників, 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 - більш пологі.
Плоскі дахи	Це такий дах, в якого контури стін збігаються з контуром даху. На відміну від скатних дахів, на плоских дахах не застосовують як покрівельні штучні і листові матеріали.

В даному дослідженні обмежимося двосхилими та вальмовими дахами. Для знаходження дахів на аерофотознімках було застосовано згорткову нейронну мережу. В результаті було отримано маски сегментації (рис. 1).

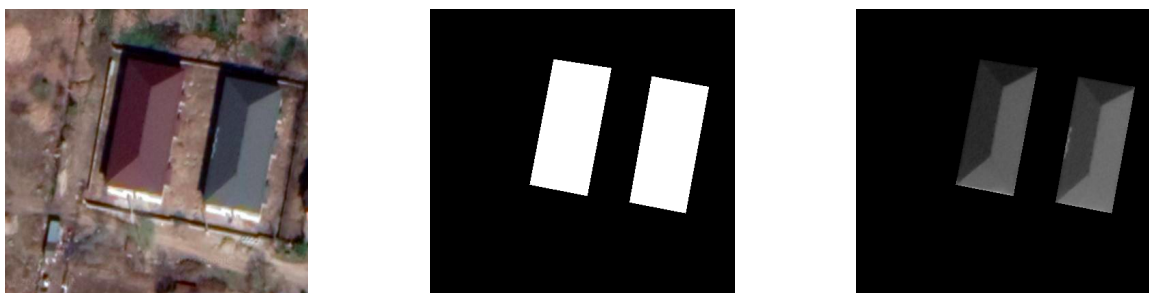


Рисунок 1 - Приклад застосування семантичної сегментації для знаходження дахів

За допомогою масок сегментації маємо змогу відокремити дахи від інших об'єктів, які потрапляють у знімок і не є регіоном об'єктом інтересу для нашого дослідження, та зосередити увагу лише на виокремлених дахах в подальших застосуваннях алгоритму. Результати сегментації дахів були використані для алгоритму після обробки мовою програмування Python з використанням бібліотек для комп'ютерного зору OpenCV та математичних обчислень NumPy.

Для знаходження контурів країв даху та лінії гребеня реалізовано функцію мовою програмування Python для обробки зображення (рис. 2).

```
import cv2 as cv
import numpy as np

[1] ✓ 0.1s

def roof_processing(original_image, segmentation_mask, kernel_size=(3, 3), lower_limit=1, upper_limit=50):
    """Image processing, conversion to grayscale, blurring and finding edges.

    Args:
        original_image (np.array): original image with roof
        segmentation_mask (np.array): result of image segmentation
        kernel_size (tuple, optional): kernel for image processing. Defaults to (3, 3).
        lower_limit (int, optional): lower limit for edge detection. Defaults to 1.
        upper_limit (int, optional): upper limit for edge detection. Defaults to 50.

    Returns:
        np.array: processed image with detected edges
    """
    masked_image = cv.bitwise_and(
        original_image, segmentation_mask, mask=segmentation_mask)
    grayscale_image = cv.cvtColor(masked_image, cv.COLOR_BGR2GRAY)
    blurred_image = cv.GaussianBlur(grayscale_image, kernel_size, 0)
    edged_image = cv.Canny(blurred_image, lower_limit, upper_limit)
    return edged_image

[2] ✓ 0.3s
```

Рисунок 2 - Фрагмент коду для обробки зображення мовою програмування Python

Процес обробки зображення включає в себе перетворення зображення у відтінки сірого, а потім - застосування алгоритму знаходження країв Canny Edge Detection. Для того, щоб зменшити деталі зображення даху (димохід, віконні рами та інші сторонні об'єкти), необхідно згладити зображення, тому одним із рішень є застосування алгоритму згладження Gaussian Blur. Приклад результатів роботи методу зображено на рисунку 3.

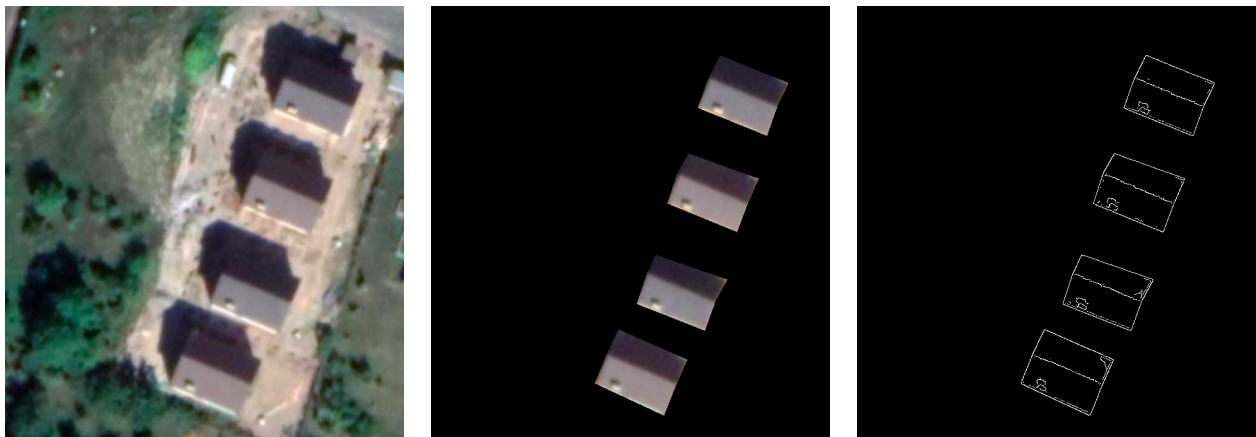


Рисунок 3 - Результат застосування алгоритму знаходження країв Canny Edge Detection.

Як видно з рис. 3, при знаходженні країв та лінії гребіння даху в результаті іноді отримуємо різного роду артефакти, в даному випадку - димарі. Щоб вирішити дану задачу і виокремити контури країв даху та лінію гребіння, реалізовано метод для знаходження ліній за допомогою бібліотеки OpenCV (рис. 4).

```
def roof_ridge_detection(original_image, edged_image, hough_grid=1, threshold=15, min_line_length=50, max_line_gap=30):
    """_summary_

    Args:
        original_image (np.array): original image with roof
        edged_image (np.array): image with detected edges
        hough_grid (int, optional): distance resolution in pixels of the Hough grid. Defaults to 1.
        threshold (int, optional): minimum number of votes (intersections in Hough grid cell). Defaults to 15.
        min_line_length (int, optional): minimum number of pixels making up a line. Defaults to 50.
        max_line_gap (int, optional): maximum gap in pixels between connectable line segments. Defaults to 30.

    Returns:
        np.array: original image with roof and detected contours and ridge
    """
    theta = np.pi / 180 # angular resolution in radians of the Hough grid
    lines = cv.HoughLinesP(edged_image, hough_grid, theta, threshold, np.array([]),
                           min_line_length, max_line_gap)

    for line in lines:
        for x1, y1, x2, y2 in line:
            cv.line(original_image, (x1, y1), (x2, y2), (0, 255, 0), 3)

    return original_image
```

Рисунок 4 - Фрагмент коду для детекції ліній контуру країв та гребінця даху

В результаті роботи алгоритмів вдалося знайти лінії контурів країв та гребінця двосхилого та вальмового даху. Результати роботи наведені на рис. 5-6.



Рисунок 5 - Результат роботи алгоритму для знаходження контурів країв та гребінця даху



Рисунок 6 - Результат роботи алгоритму для знаходження контурів країв та гребіння даху

Таким чином, пропонуємо алгоритм, який складається з таких етапів:

1. Сегментація зображень з отриманням бінарних масок для двосхилих та вальмових дахів.
2. Застосування масок сегментації на зображеннях для відокремлення дахів від інших об'єктів.
3. Оброблення зображення із застосуванням фільтрів бібліотеки OpenCV на Python: перетворення зображення у відтінки сірого, застосування алгоритму знаходження країв Canny Edge Detection, застосування алгоритму згладження Gaussian Blur.
4. Знаходження ліній контурів країв та гребіння двосхилого та вальмового даху за допомогою методу для знаходження ліній бібліотеки OpenCV на Python.

Висновки

Розроблено та запропоновано алгоритм для розпізнавання дахів житлових будівель на супутникових та аерофотознімках, а також знаходження контурів країв та лінії гребіння даху, що виступає основою для подальшого знаходження основ стін будівлі, що, у свою чергу, є необхідним для автоматизованої побудови планів місцевості. Перспективою розвитку запропонованого алгоритму є автоматизація та пришвидшення ручної праці, яка наразі, у більшості випадків, використовується для вирішення поточної задачі. Варто зазначити, що запропонований алгоритм потребує покращення шляхом підготовки великого набору даних супутникових та аерофотознімків, а також удосконалення методу детекції контурів та розширення його дії і на інші види дахів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мокін В.Б. Системний аналіз розмірів фрагмента зображень аерофотозйомки сільськогосподарських угідь для пошуку аномалій у них методами машинного навчання / В. Б. Мокін, Д. М. Грузман, С. О. Довгополюк, А. О. Лотоцький // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця: ВНТУ, 2019. - №3. – С. 75-85. – Режим доступу: <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/2366/2292>
2. Види дахів. – Режим доступу: <https://bud-info.net.ua/budivnytstvo/dah/vydy-dahiv/>
3. Raju Ahmed. A GIS-Based Mathematical Approach for Generationg 3D Terrain Model from High-Resolution UAV Imageries / Raju Ahmed, Khandakar hasan Mahmud, Jannatun Hussna Tuyu // Journal of Geovisualization and Spatial Analysis. – Режим доступу: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41651-021-00094-7>

Мокін Віталій Борисович – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, e-mail: ybmokin@gmail.com

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

Mokin Vitalii B. – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of System Analysis and Information Technologies,
e-mail: ybmokin@gmail.com

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