

УДК 004.4

Константинов Б.І., Манзюк Е.А., Скрипник Т.К.

Хмельницький національний університет

АРХІТЕКТУРА МЕРЕЖІ ВИЗНАЧЕННЯ ТИПІВ СУДЕН НА СУПУТНИКОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ

Робота присвячена розробці методу виявлення суден на супутникових знімках з використанням механізмів уваги в нейронних мережах. Запропоновано нову архітектуру, яка поєднує модифіковану версію Faster R-CNN з інтегрованими механізмами просторової та каналної уваги. Особливістю архітектури є комбінація двох типів механізмів уваги, що дозволяє мережі ефективно фокусуватися на релевантних областях зображення при виявленні суден різних типів. Розроблений метод може бути використаний для створення систем автоматичного моніторингу морського трафіку, контролю рибальства та забезпечення морської безпеки.

The paper is devoted to the development of a method for detecting ships on satellite images using attention mechanisms in neural networks. A new architecture is proposed that combines a modified version of the Faster R-CNN with integrated spatial and channel attention mechanisms. The peculiarity of the architecture is the combination of two types of attention mechanisms, which allows the network to effectively focus on relevant areas of the image when detecting ships of different types. The developed method can be used to create systems for automatic monitoring of maritime traffic, fisheries control, and maritime security.

Моніторинг морського судноплавства є критично важливим для морської безпеки, контролю рибальства та запобігання незаконній діяльності. Сучасні методи автоматичного виявлення суден на супутникових знімках стикаються з проблемами точності при роботі з малорозмірними об'єктами та складними погодними умовами [1, 2]. Це зумовлює необхідність розробки більш ефективних алгоритмів виявлення суден [3].

Відповідно мета дослідження полягає у розробці методу виявлення суден на супутникових знімках з використанням механізму уваги в архітектурі нейронної мережі для підвищення точності виявлення та класифікації.

Запропоновано нову архітектуру нейронної мережі, яка поєднує модифіковану версію Faster R-CNN з інтегрованими механізмами просторової та каналної уваги. Ключовою особливістю архітектури є використання спеціалізованих модулів уваги на різних етапах обробки зображення.

Базова структура мережі побудована на основі ResNet-101, оптимізованої для роботи з супутниковими знімками. Механізм просторової уваги дозволяє мережі фокусуватися на регіонах зображення, які потенційно містять судна,

ігноруючи малоінформативні області. Канальна увага підкреслює найбільш значущі канали ознак для різних типів суден.

Математична модель механізму уваги може бути представлена як:

$$\alpha = \text{softmax}(f(X)); \quad (1)$$

$$Y = \alpha \circ X.$$

$$\alpha = \text{softmax}(f(X));$$

де α – карта уваги, X – вхідна карта ознак, f – згорткова нейронна мережа, \circ – поелементне множення.

Архітектура складається з базової згорткової мережі для вилучення ознак, доповненої модулями просторової та каналної уваги (рис. 1). Мережа пропозицій регіонів з увагою забезпечує виявлення потенційних об'єктів, а модуль виділення ознак регіону обробляє виявлені області. Фінальну класифікацію та уточнення обмежувальних рамок виконує спеціалізований модуль, доповнений компонентом оцінки орієнтації суден.

Запропонований метод дозволить покращити точність виявлення та класифікації суден порівняно з існуючими підходами. Особлива увага приділяється покращенню при роботі з складними сценами та малорозмірними об'єктами. Механізм уваги дозволяє мережі ефективно фокусуватися на релевантних областях зображення, ігноруючи шуми та завади.

Вхідний блок "Супутниковий знімок" відповідає за прийом мультиспектральних супутникових знімків високої роздільної здатності. На цьому етапі виконується попередня обробка, яка включає нормалізацію та корекцію атмосферних спотворень для покращення якості вхідних даних.

Базова мережа ResNet представлена модифікованою версією ResNet-101. Вона містить залишкові блоки, які забезпечують ефективне навчання глибоких шарів мережі. Ця частина архітектури відповідає за генерацію базових карт ознак різного масштабу.

Блок отримання карт ознак формує багатомасштабні карти з різних рівнів ResNet. Ці карти містять як низькорівневі геометричні, так і високорівневі семантичні ознаки, створюючи основу для подальшого аналізу механізмами уваги.

В рамках механізмів уваги працюють два основних компоненти. Просторова увага фокусується на просторовому розташуванні важливих об'єктів, генеруючи карту ваг для різних регіонів зображення та пригнічуючи фоновий шум. Канальна увага визначає важливість різних каналів ознак, підсилюючи ті, що несуть найбільш релевантну інформацію. Злиття механізмів уваги об'єднує результати обох типів уваги, створюючи комплексну карту та оптимізуючи їх баланс.

Мережа пропозицій регіонів з увагою використовує покращені карти ознак для генерації пропозицій потенційних областей розташування суден. Цей компонент враховує інформацію про увагу при виборі регіонів, забезпечуючи більш точну локалізацію об'єктів інтересу.

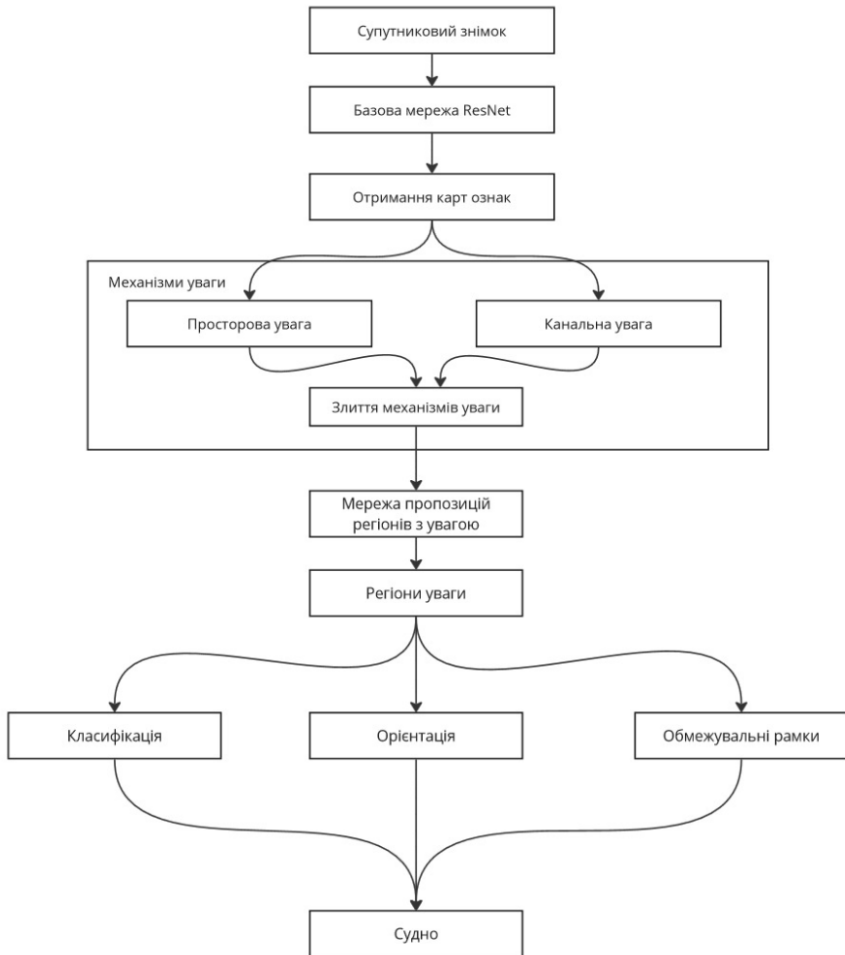


Рисунок 1 – Архітектура мережі для розпізнавання суден

Регіони уваги є результатом роботи мережі пропозицій та містять найбільш перспективні області для детального аналізу. Вони служать входом для трьох паралельних гілок обробки: класифікації, орієнтації та визначення обмежувальних рамок.

Гілка класифікації відповідає за визначення типу судна, оцінюючи ймовірності належності до різних класів та враховуючи специфічні ознаки різних типів суден. Гілка орієнтації оцінює кут повороту судна та визначає напрямок руху, враховуючи геометричні особливості корпусу. Гілка обмежувальних рамок

забезпечує точне визначення положення та розмірів судна, уточнюючи координати регіону інтересу.

Фінальний вихідний блок об'єднує результати всіх трьох гілок, формуючи комплексний опис виявленого об'єкта, який включає його тип, розміри, положення та орієнтацію.

Така архітектура забезпечує цілісний підхід до виявлення та аналізу суден, де кожен компонент оптимізований для вирішення конкретного аспекту задачі. Механізми уваги відіграють ключову роль, допомагаючи мережі фокусуватися на найбільш важливих характеристиках зображення та покращуючи загальну ефективність системи виявлення.

Розроблений метод може бути використаний для створення систем автоматичного моніторингу морського трафіку, контролю рибальства та забезпечення морської безпеки. Архітектура може бути адаптована для роботи з різними типами супутникових знімків та інтегрована в існуючі системи спостереження.

Перспективи подальших досліджень зосереджені на розробці методів обробки даних в реальному часі та інтеграції темпоральної інформації для відстеження руху суден. Важливим напрямком є адаптація мережі для роботи з мультиспектральними даними та оптимізація архітектури для роботи на мобільних та вбудованих системах.

Перелік посилань

1. Zeng L., Zhu Q., Lu D., Zhang T., Wang H., Yin J., Yang J. Dual-Polarized SAR Ship Grained Classification Based on CNN With Hybrid Channel Feature Loss. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. 2022. Vol. 19. Pp. 1–5. URL: <https://doi.org/10.1109/LGRS.2021.3067678>.
2. Polap D., Wlodarczyk-Sielicka M. Classification of Non-Conventional Ships Using a Neural Bag-Of-Words Mechanism. *Sensors*. 2020. Vol. 20, No. 6. Pp. 1608. URL: <https://doi.org/10.3390/s20061608>.
3. Pitsikalis M., Do T.-T., Lisitsa A., Luo S. *Logic Rules Meet Deep Learning: A Novel Approach for Ship Type Classification: Rules and Reasoning*, Cham , Springer International Publishing, 2021. Pp.203–217. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-91167-6_14.