DOI:

УДК 519.2

© Нікуліна О. М., Северин В. П., Кондратов О. М., Ольховий О. М., 2024

Дослідницька стаття: Цю статтю опубліковано видавництвом НТУ «ХПІ» у збірнику «Вісник Національного технічного університету "ХПІ" Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології». Ця стаття поширюється за міжнародною ліцензією [Creative Common Attribution (CC BY 4.0)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Конфлікт інтересів: Автор/и заявив/или про відсутність конфлікту.



О. М. Нікуліна, д-р техн. наук, професор, завідувачка кафедри інформаційних систем та технологій Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2938-4215; e-mail: elniknik02@gmail.com

В. П. Северин, д-р техн. наук, професор, професор кафедри системного аналізу та інформаційно-аналітичних технологій Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2969-6780; e-mail: valerii.severyn@khpi.edu.ua

О. М. Кондратов, аспірант, старший викладач кафедри інформаційних систем та технологій Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6367-9944; e-mail: kondratovolexiy@gmail.com

О. М. Ольховий, старший викладач кафедри інформаційних систем та технологій Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; ORCID: https://orcid.org/0009-0004-6409-2706, e-mail: aleksey.olhovoy@khpi.edu.ua

Аналіз інформаційних технологій для дистанційної ідентифікації динамічних об'єктів

Розглянуто проблему ідентифікації динамічних об’єктів з використанням інформаційних технологій дистанційної ідентифікації. Зазначено, що ідентифікація рухомих об’єктів має важливе значення в різних сферах, включаючи автономні транспортні засоби, медичну діагностику та робототехніку. Мета статті полягає в аналізі різних інформаційних технологій виявлення об’єктів, які можуть бути використані в майбутніх дослідженнях з дистанційної ідентифікації. Проведено аналіз методів визначення швидкості як динамічного параметру, аналіз двокрокових та однокрокових методів віддаленої ідентифікації об’єктів, аналіз ранніх методів ідентифікації, а також аналіз методів покращення віддаленої ідентифікації об’єктів. Розглянуто кілька засобів визначення руху об’єктів, зокрема, пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор, метод блоку вирівнювання, фазова кореляція, алгоритми піксельної рекурсії та методи оптичного потоку Лукаса – Канаді, Хорна – Шунка, Фарнбека, густого оптичного потоку. Ці засоби можуть бути використані для ефективного визначення руху об’єктів та ідентифікації їхньої швидкості незалежно від розміру та положення об’єктів. Розглянуті двокрокві та однокрокові методи виявлення об’єктів: метод регіонів зі згортковими нейронними мережами, його покращення, мережі пулінгу просторової піраміди, метод "Ти дивишся лише один раз", однокроковий багаторамковий метод, мережі сітківки, кутова мережа, центральна мережа та трансформер виявлення, які використовують різні підходи для покращення продуктивності та точності виявлення об’єктів. Підкреслено необхідність використання методів згорткових нейронних мереж та мереж пулінгу просторової піраміди для ефективної ідентифікації об’єктів незалежно від їхнього розміру та положення. Пропонуються нові підходи, які дозволяють створювати представлення фіксованої довжини для обробки зображень та регіонів інтересу, а також методи Віоли – Джонса, гістограми орієнтованих градієнтів, моделі деформованих частин. Дослідження в області виявлення об’єктів сприяють розвитку інформаційних технологій та покращенню ефективності систем ідентифікації динамічних об’єктів. Шляхом огляду та аналізу різних методів надані рекомендації для дослідників і практиків, що працюють у галузі дистанційної ідентифікації динамічних об’єктів.

Ключові слова: Дистанційна ідентифікація динамічних об’єктів, виявлення об’єктів, оптичний потік, ідентифікація швидкості, глибоке навчання, згорткові нейронні мережі.

Вступ. Однією з ключових задач є виявлення та ідентифікація динамічних об'єктів у великих обсягах даних, що зазнають постійних змін. Це завдання стає особливо актуальним у таких галузях, як комп'ютерний зір, відеоспостереження, автономне керування транспортними засобами та багато інших.

Для вирішення цієї проблеми використовуються передові методи глибокого навчання, серед яких особливе місце займають засоби детектування та ідентифікації, такі як згорткові нейронні мережі (CNN), кодувальні та декодувальні архітектури, а також нейронні мережі прямого поширення (FFN). Використання цих методів є ключовим для ефективного виявлення та ідентифікації об'єктів у реальному часі, зокрема динамічних об'єктів, що зазнають змін у формі, розмірі, положенні та інших параметрах.

У цій статті розглянемо підходи до використання методів детектування на основі CNN, а також інших складових глибокого навчання, таких як кодувальні та декодувальні архітектури, у контексті дистанційної ідентифікації динамічних об'єктів у зображеннях. Ми також дослідимо переваги та обмеження цих методів та надамо висновки щодо їхнього потенціалу для розв'язання актуальних завдань в різних областях застосування.

Обираючи DETR (Detection Transformer), можна назвати кілька причин, чому цей підхід може бути привабливим для дистанційної ідентифікації динамічних об'єктів у зображеннях:

Трансформерна архітектура: DETR базується на трансформерних архітектурах, які виявилися дуже ефективними в обробці послідовностей даних, таких як мовний текст. Використання трансформерів у відображенні зображень дозволяє моделі здійснювати увагу до глобальних та локальних залежностей у зображенні, що може бути корисним при ідентифікації об'єктів.

End-to-End підхід: DETR пропонує архітектуру, яка дозволяє здійснювати виявлення об'єктів та їхню класифікацію у вигляді однієї моделі без необхідності в окремих компонентах, таких як anchor boxes або non-maximum suppression. Це спрощує процес навчання та інференсу, зменшуючи кількість гіперпараметрів та оптимізуючи швидкість роботи моделі.

Застосовність до різних областей: DETR показав добрі результати в різних областях, включаючи відеоаналітику, медичне зображення та інші. Це свідчить про універсальність моделі та її потенціал у різних завданнях, пов'язаних з ідентифікацією об'єктів.

Отже, обираючи DETR для дистанційної ідентифікації динамічних об'єктів у зображеннях, можна розраховувати на високу точність та ефективність роботи моделі, яка здатна адаптуватися до різних сценаріїв та умов.

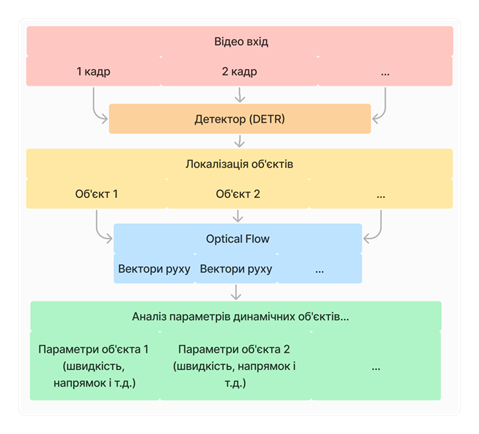


Рис. 1. Ідентифікації параметрів динамічного об'єкту з використанням DEtection TRansformer та Optical Flow.

Мета та задачі дослідження. Мета статті полягає в аналізі методів ДІПДО для використання в майбутніх дослідженнях. Для досягнення мети поставлено задачі:

1) проаналізувати методи визначення швидкості як динамічного параметру.

2) проаналізувати методи ВО на основі згорткових нейронних мереж (ЗНМ);

3) проаналізувати ранні методи ВО;

4) проаналізувати методи, які покращують ВО.

**Трансформер виявлення ТРВИ(DETR).** Трансформери.

|  |
| --- |
|  |
| Рис. 2. ТРВИ: а – ЗНМ (CNN); б – Кодер (Encoder); в – Декодер (Decoder); г – НМПП (FFN) |

**Згорткова нейрона мережа (CNN).** Трансформери

**Кодер (Encoder).** Трансформери

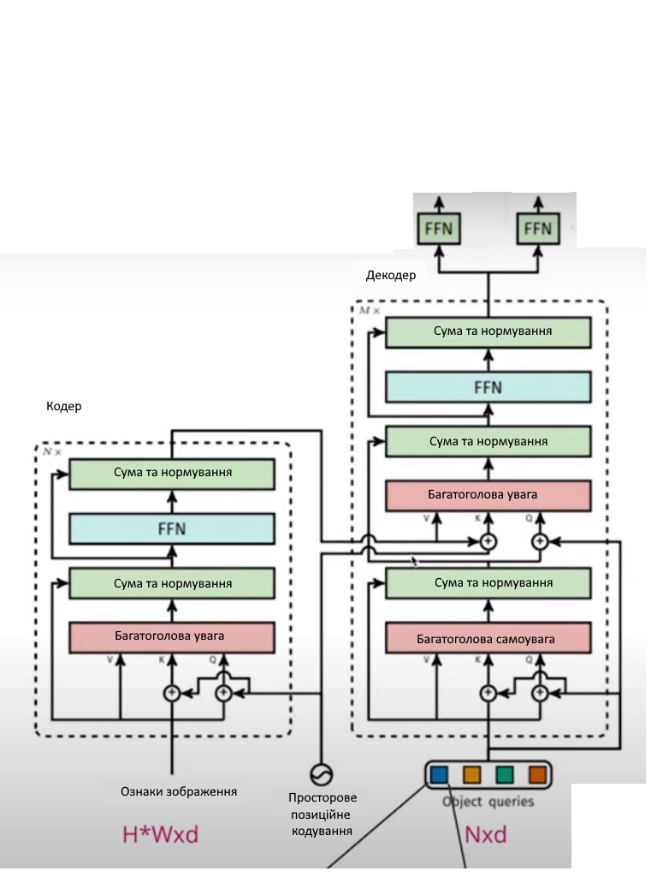


Рис. 1. Ідентифікації

**Декодер (Decoder).** Трансформери

Багатоголова увага у трансформерів. Багатоголова увага у трансформерів (Multi-Head attention). Трансформери (Vaswani et al., 2017) мають мережеву архітектуру, що базується на механізмах уваги для машинного перекладу. Маючи елемент запиту (наприклад, цільове слово у вихідному реченні) і набір ключових елементів (наприклад, вихідні слова у вхідному речення), багатоголовий модуль уваги адаптивно агрегує ключовий вміст відповідно до вагами уваги, які вимірюють сумісність пар запит-ключ. Щоб дозволити моделі фокусуватися на вмісті з різних підпросторів представлення і різних позицій, виходи різних голов уваги лінійно агрегуються з перенавчальними важелями. Нехай  індексує елемент запиту з ознакою представлення , та  індексує елемент ключа з ознакою представлення , де  - розмірність ознак,  та  задають множину елементів запиту та ключа відповідно. Тоді функція багатоголової уваги обчислюється за формулою

 (1)

де  - індекс голови уваги,  - вхідна проекція матриці на ‑ту голову та  вихідна проекція матриці на ‑ту голову мають перенавчальні важелі (за замовченням, де - вхідна розмірність ознаки,  - розмірність уваги для кожної голови уваги,  - кількість голов уваги). Важелі уваги нормалізуються, як ,  також є перенавчальні важелі, вхідні запитів та ключів проекції матриці на ‑ту голову.

– важіль уваги -того запиту -того ключа у -тої голови;

Для розрізнення різних просторових позицій, ознаки представлення  та  зазвичай є конкатенацією/сумою вмісту елементів та позиційних вкладок.- важіль уваги -того запиту-того ключа у -тої голови.

 (2)

Увага цього типу застосовується для взаємодії між різними частинами послідовностей в трансформерних моделях.

Вона розбиває вхідні дані на кілька головок (heads), кожна з яких використовується для відповідних обчислень.

Кожна головка вивчає взаємозв'язки між словами у різних контекстах та відповідності між різними частинами послідовності.

Результати обчислень кожної головки конкатенуються та проходять через додатковий проектний шар перед об'єднанням для подальшої обробки.

Багатоголове самоувага у трансформерів (Multi-Head Self-Attention). Це спеціалізований тип багатоголової уваги, де вхідні дані подаються одночасно на всі головки для обробки.

Кожна головка вивчає відносини між різними словами в межах тієї ж самої послідовності, тобто самоподібності.

Такий підхід дозволяє моделі вивчати взаємозв'язки між різними частинами послідовності без потреби у внутрішніх чи зовнішніх взаємодіях.

Перспективи **ДІПДО**. Розвиток ДІПДО є важ­ливим для реалізації безпілотних автомобілів та інших автономних транспортних засобів. Ідентифікація швидкості, розміру, положення та орієнтації об’єктів на дорозі може допомогти в уникненні зіткнень та забезпеченні безпеки. ДІПДО є важливим елементом в робототехніці, де роботи повинні взаємодіяти з рухо­мими об’єктами в навколишньому середовищі. ДІПДО є важливим компонентом систем відеоспостереження та забезпечення безпеки. ДІПДО може бути застосо­вана для моніторингу навколишнього середовища, такого як виявлення рухомих об’єктів на вулицях, в аеропортах або в промислових майданчиках. Це може забезпечити безпеку, виявлення незвичайної актив­ності та вчасне реагування на випадки аварій чи порушень. ДІПДО може бути застосована в медичній діагностиці для визначення характеристик руху органів та тканин. Наприклад, визначення швидкості крово­току або руху серця може допомогти у виявленні аномалій та допомогти в ранній діагностиці хвороб. Вона може бути використана для виявлення підозрілих дій, відстеження руху та ідентифікації осіб або об’єктів у режимі реального часу. ДІПДО може бути вико­ристана для покращення віртуальної реальності та розширеної реальності. Це дозволяє взаємодіяти з рухомими об’єктами у віртуальному середовищі або розширювати реальний світ з додатковою інформацією про рух та параметри об’єктів. В ігрових і спортивних областях ДІПДО може бути використана для аналізу руху гравців, тренування та покращення стратегій. Вона дозволяє вимірювати швидкість, траєкторію та інші характеристики руху об’єктів у режимі реального часу.

Висновки. Динамічні об'єкти є важливим елементом в багатьох сферах, таких як автономні автомобілі, моніторинг безпеки та медичні діагностики. Ідентифікація їх параметрів, таких як швидкість, напрямок руху, та інші, відіграє ключову роль у розумінні та прогнозуванні їхньої поведінки.

Використання моделі, яка поєднує у собі DEtection TRansformer (DETR) та метод Optical Flow для ефективної ідентифікації параметрів динамічного об'єкту [1]. DETR є потужним інструментом для точного виявлення об'єктів на зображеннях. В роботі використано цю модель для локалізації параметрів динамічних об'єктів на кадрах відео. За допомогою методу Optical Flow, було визначено рух цих об'єктів між послідовними кадрами.

Запропонована модель буде використана для ідентифікації параметрів динамічних об'єктів, а саме таких як автономні автомобілі, моніторинг безпеки та медичні діагностики.

Список використаної літератури

1. Severin V. P., Nikulina E. N., Buriakovskyi V. S. Development of the controller for the quadcopter finkenin simulation enviroment vrep. *Вісник Національного технічного університету* «Харківський політехнічний інститут»: сб. наук. пр. Темат. вип.: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. Харків: НТУ «ХПІ», 2016. № 37 (1209). С. 9–12.

2. Ammar A., Chebbah A., Fredj H., Souani C. Comparative Study of latest CNN based Optical Flow Estimation. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/9806070/references#references. (дата звернення: 27.04.2023).

3. Нікуліна О. М., Северин В. П., Коцюба Н. В. Розробка інформаційної технології оптимізації управління складними динамічними системами. *Вісник Національного технічного університету* «Харківський політехнічний інститут»: сб. наук. пр. Темат. вип.: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. Харків: НТУ «ХПІ», 2020. № 2 (4). С. 63–69.

4. Zou Z., Chen K., Shi Z., Shi Z., Guo Y., Ye J. Object   
Detection in 20 Years: A Survey. URL: https://arxiv.org/pdf/1905.05055.pdf?fbclid=IwAR0ILGAWTwU-9-iH6lZyPFXYXA5JRWarM\_XoSJ78QEhmnn-txvr\_iGEzCio (дата звернення: 27.04.2023).

5. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. E. Imagenet classiﬁcation with deep convolutional neural networks. *Advances in neural information processing systems*. 2012. P. 1097‑1105.

6. Girshick R., Donahue J., Darrell T., Malik J. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. URL: https://arxiv.org/abs/1311.2524 (дата звернення: 27.04.2023).

7. Girshick R., Donahue J., Darrell T., and Malik J. Region-based convolutional networks for accurate object detection and segmentation. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*. 2016. Vol. 38, no. 1. P. 142‑158.

8. Uijlings J. R., Van De Sande K. E., Gevers T., Smeulders A. W. Selective search for object recognition. *International journal of computer vision*. 2013. Vol. 104, no. 2. P. 154‑171.

9. Viola P., Jones M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. URL: https://www.cs.cmu.edu/~efros/courses/LBMV07/Papers/viola-cvpr-01.pdf (дата звернення: 27.04.2023).

10. Viola P., Jones M. J. Robust real-time face detection. *International journal of computer vision.* 2004. Vol. 57, no. 2. P. 137‑154.

11. Dalal N., Triggs B. Histograms of oriented gradients for human detection. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/1467360 (дата звернення: 27.04.2023).

12. Lowe D. G. Object recognition from local scale-invariant features. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/790410 (дата звернення: 27.04.2023).

13. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International Journal of computer vision*. 2004. Vol. 60, no. 2. P. 91‑110.

14. Belongie S., Malik J., Puzicha J. Shape matching and object recognition using shape contexts. *California univ san diego la jolla dept of computer science and engineering. Tech. Rep*. 2002. Vol. 24, no. 24. P. 509‑522.

15. Felzenszwalb P., McAllester D., Ramanan D. A discriminatively trained, multiscale, deformable part model. URL: https://cs.brown.edu/people/pfelzens/papers/latent.pdf (дата звернення: 27.04.2023).

16. Felzenszwalb P. F., Girshick R. B., McAllester D. Cascade object detection with deformable part models. URL: https://cs.brown.edu/people/pfelzens/papers/cascade.pdf (дата звернення: 27.04.2023).

17. Malisiewicz T., Gupta A., Efros A. A. Ensemble of exemplar-SVMs for object detection and beyond. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/6126229 (дата звернення: 27.04.2023).

18. Felzenszwalb P. F., Girshick R. B., McAllester D., Ramanan D. Object detection with discriminatively trained part-based models. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*. 2010. Vol. 32, no. 9, P. 1627‑1645.

19. Girshick R. B., Felzenszwalb P. F., Mcallester D. A. Object detection with grammar models. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2011. P. 442‑450.

20. Girshick R. B. From rigid templates to grammars: Object detection with structured models. URL: https://dl.dropboxusercontent.com/s/o9m1nq0jdax2on9/rbg-phd-dissertation.pdf?dl=0 (дата звернення: 27.04.2023).

21. Jiao L., Zhang F., Liu F., Yang S., Li L., Feng Z., Qu R. A Survey of Deep Learning-based Object Detection URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8825470 (дата звернення: 27.04.2023).

22. Hu H., Gu J., Zhang Z., Dai J., Wei Y. Relation networks for object detection. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2018. P. 3588–3597.

23. Zhu X., Hu H., Lin S., Dai J. Deformable ConvNets v2: More Deformable, Better Results. URL: https://arxiv.org/abs/1811.11168 (дата звернення: 27.04.2023).

24. Kitakaze H., Yoshiharaa R., Okabea S., Matsumura R. Development of Harmful Bird Recognition System using Object Detection YOLO. *The Japanese Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers Online edition*. URL: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjiiae/8/1/8\_10/\_pdf/-char/ja (дата звернення: 27.04.2023).

25. Inomata T., Kimura K., Hagiwara M. Object Tracking and Classification System Using Agent Search. URL: https://www.jstage.jst.go.jp/article/ieejeiss/129/11/129\_11\_2065/\_pdf/-char/ja (дата звернення: 27.04.2023).

References (transliterated)

1. Severin V. P., Nikulina E. N., Buriakovskyi V. S. Development of the controller for the quadcopter finkenin simulation enviroment vrep. Vestnik Nats. tekhn. un-ta "KhPI": sb. nauch. tr. Temat. vyp.: Sistemnyy analiz, upravlenie i informatsionnye tekhnologii [Bulletin of the National Technical University "KhPI": a collection of scientific papers. Thematic issue: System analysis, management and information technology]. Kharkov, NTU "KhPI" Publ., 2016, no. 37 (1209), pp. 63–69.

2. Ammar A., Chebbah A., Fredj H., Souani C. Comparative Study of latest CNN based Optical Flow Estimation. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/9806070/references#references. (accessed: 27.04.2023).

3. Nikulina E. N., Severyn V. P., Kotsiuba N. V. Rozrobka informatsiynoyi tekhnologii optymizatsii upravlinnya skladnymy dynamichnymy systemamy [Development of information technology for optimizing the control of complex dynamic systems]. Vestnik Nats. tekhn. un-ta "KhPI": sb. nauch. tr. Temat. vyp.: Sistemnyy analiz, upravlenie i informatsionnye tekhnologii [Bulletin of the National Technical University "KhPI": a collection of scientific papers. Thematic issue: System analysis, management and information technology]. Kharkov, NTU "KhPI" Publ., 2020, no. 2 (4), pp. 63–69.

4. Zou Z., Chen K., Shi Z., Shi Z., Guo Y., Ye J. Object   
Detection in 20 Years: A Survey. URL: https://arxiv.org/pdf/1905.05055.pdf?fbclid=IwAR0ILGAWTwU-9-iH6lZyPFXYXA5JRWarM\_XoSJ78QEhmnn-txvr\_iGEzCio (accessed: 27.04.2023).

5. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. E. Imagenet classiﬁcation with deep convolutional neural networks. Advances in neural information processing systems. 2012, pp. 1097‑1105.

6. Girshick R., Donahue J., Darrell T., Malik J. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. URL: https://arxiv.org/abs/1311.2524 (accessed: 27.04.2023).

7. Girshick R., Donahue J., Darrell T., and Malik J. Region-based convolutional networks for accurate object detection and segmentation. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. 2016, vol. 38, no. 1, pp. 142‑158.

8. Uijlings J. R., Van De Sande K. E., Gevers T., Smeulders A. W. Selective search for object recognition. International journal of computer vision. 2013, vol. 104, no. 2, pp. 154‑171.

9. Viola P., Jones M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. URL: https://www.cs.cmu.edu/~efros/courses/LBMV07/Papers/viola-cvpr-01.pdf (дата звернення: 27.04.2023).

10. Viola P., Jones M. J. Robust real-time face detection. International journal of computer vision. 2004, vol. 57, no. 2, pp. 137‑154.

11. Dalal N., Triggs B. Histograms of oriented gradients for human detection. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/1467360 (accessed: 27.04.2023).

12. Lowe D. G. Object recognition from local scale-invariant features URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/790410 (accessed: 27.04.2023).

13. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. International Journal of computer vision. 2004, vol. 60, no. 2, pp. 91‑110.

14. Belongie S., Malik J., Puzicha J. Shape matching and object recognition using shape contexts. California univ san diego la jolla dept of computer science and engineering. Tech. Rep. 2002, vol. 24, no. 24, pp. 509‑522.

15. Felzenszwalb P., McAllester D., Ramanan D. A discriminatively trained, multiscale, deformable part model. URL: https://cs.brown.edu/people/pfelzens/papers/latent.pdf (accessed: 27.04.2023).

16. Felzenszwalb P. F., Girshick R. B., McAllester D. Cascade object detection with deformable part models. URL: https://cs.brown.edu/people/pfelzens/papers/cascade.pdf (accessed: 27.04.2023).

17. Malisiewicz T., Gupta A., Efros A. A. Ensemble of exemplar-SVMs for object detection and beyond. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/6126229 (accessed: 27.04.2023).

18. Felzenszwalb P. F., Girshick R. B., McAllester D., Ramanan D. Object detection with discriminatively trained part-based models. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. 2010, vol. 32, no. 9, pp. 1627‑1645.

19. Girshick R. B., Felzenszwalb P. F., Mcallester D. A. Object detection with grammar models. Advances in Neural Information Processing Systems, 2011, pp. 442‑450.

20. Girshick R. B. From rigid templates to grammars: Object detection with structured models. URL: https://dl.dropboxusercontent.com/s/o9m1nq0jdax2on9/rbg-phd-dissertation.pdf?dl=0 (accessed: 27.04.2023).

21. Jiao L., Zhang F., Liu F., Yang S., Li L., Feng Z., Qu R. A Survey of Deep Learning-based Object Detection URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8825470 (accessed: 27.04.2023).

22. Hu H., Gu J., Zhang Z., Dai J., Wei Y. Relation networks for object detection. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2018, pp. 3588–3597.

23. Zhu X., Hu H., Lin S., Dai J. Deformable ConvNets v2: More Deformable, Better Results. URL: https://arxiv.org/abs/1811.11168 (accessed: 27.04.2023).

24. Kitakaze H., Yoshiharaa R., Okabea S., Matsumura R. Development of Harmful Bird Recognition System using Object Detection YOLO. The Japanese Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers Online edition. URL: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjiiae/8/1/8\_10/\_pdf/-char/ja (accessed: 27.04.2023).

25. Inomata T., Kimura K., Hagiwara M. Object Tracking and Classification System Using Agent Search. URL: https://www.jstage.jst.go.jp/article/ieejeiss/129/11/129\_11\_2065/\_pdf/-char/ja (accessed: 27.04.2023).

Надійшла (received) 10.05.2023

UDC 519.2

О. М. Nikulina, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department Information Systems and Technologies National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2938-4215; e-mail: elniknik02@gmail.com

V. P. Severyn, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Department System Analysis and Information-Analytical Technologies National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2969-6780; e-mail: valerii.severyn@khpi.edu.ua

O. M. Kondratov, Postgraduate, senior lecturer of Department Information Systems and Technologies National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6367-9944; e-mail: kondratovolexiy@gmail.com

O. M. Olhovoy, Senior lecturer of Department Information Systems and Technologies National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine; ORCID: https://orcid.org/0009-0004-6409-2706; e-mail: aleksey.olhovoy@khpi.edu.ua

Analysis of information technologies for remote identification of dynamic objects

The problem of identification of dynamic objects using remote identification information technologies is considered. It is noted that the identification of moving objects is important in various fields, including autonomous vehicles, medical diagnostics and robotics. The purpose of the article is to analyze various information technologies for detecting objects that can be used in future research on remote identification. Analysis of methods for determining speed as a dynamic parameter, analysis of two-step and one-step methods of remote identification of objects, analysis of early identification methods, as well as analysis of methods for improving remote identification of objects was carried out. Several means of determining the motion of objects are considered, in particular, the proportional-integral-differential controller, the leveling block method, phase correlation, pixel recursion algorithms, and the optical flow methods of Lucas – Kanady, Horn – Shunk, Farnbeck, dense optical flow. These tools can be used to effectively determine the movement of objects and identify their speed regardless of the size and position of the objects. Two-step and one-step object detection methods are considered: region method with convolutional neural networks, its improvements, spatial pyramid pooling networks, "You only look once" method, one-step multi-frame method, retinal networks, corner network, central network and detection transformer, which use different approaches to improve the performance and accuracy of object detection. The necessity of using methods of convolutional neural networks and spatial pyramid pooling networks for effective identification of objects regardless of their size and position is emphasized. New approaches are proposed that allow creating fixed-length representations for image processing and regions of interest, as well as Viola – Jones methods, oriented gradient histograms, and deformed part models. Research in the field of object detection contributes to the development of information technologies and the improvement of the efficiency of dynamic object identification systems. Through the review and analysis of various methods, recommendations for researchers and practitioners working in the field of remote identification of dynamic objects are provided.

Keywords: Remote identification of dynamic objects, object detection, optical flow, velocity identification, deep learning, convolutional neural networks.

Повні імена авторів / Author's full names

Автор 1 / Author 1: Нікуліна Олена Миколаївна, Nikulina Olena Mykolaivna

Автор 2 / Author 2: Северин Валерій Петрович, Severyn Valerii Petrovych

Автор 3 / Author 3: Кондратов Олексій Михайлович, Kondratov Oleksii Mikhailovich

Автор 4 / Author 4: Ольховий Олексій Михайлович, Olhovoy Oleksii Mikhailovich