

**РОЗВИТОК ТЕХНІЧНИХ НАВИЧОК
ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ В ПРОЦЕСІ ПОБУДОВИ ПРОТОТИПУ
СИСТЕМИ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

УДК [378.147:62-051]:[004.932:629]
DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2024.296388>

Олександр Дерев'янчук, кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри професійної та технологічної освіти і загальної фізики
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича

**РОЗВИТОК ТЕХНІЧНИХ НАВИЧОК
ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ В ПРОЦЕСІ ПОБУДОВИ ПРОТОТИПУ
СИСТЕМИ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

У статті актуалізовано роль розвитку технічних навичок здобувачів вищої освіти інженерно-педагогічних спеціальностей в умовах цифровізації. Презентовано процес побудови концептуальної та логічної моделі прототипу системи сегментації зображень транспортних засобів.

Функціями системи сегментації зображень є зчитування цифрових зображень з відеокамер або з графічних файлів, попередня обробка зображень, виділення значущих ділянок (сегментів) на зображеннях транспортних засобів. Сегменти зображень транспортних засобів розрізняють вікна, фари, номерні знаки, колеса тощо. Виділення сегментів на зображеннях значно спрощує їх подальшу комп'ютерну обробку, зокрема визначення розмірів і площ деталей, розпізнавання об'єктів.

Ключові слова: формування технічних навичок; концептуальна модель; логічна модель; цифровізація освіти; моделювання системи сегментації зображень; нечіткі когнітивні карти; нечітка логіка; інженерно-педагогічні спеціальності.

Рис. 5. Літ. 21.

Oleksandr Derevyanchuk, Ph.D. (Physical and Mathematical),
Associate Professor of the Professional and
Technological Education and General Physics Department,
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

**DEVELOPMENT OF TECHNICAL SKILLS
OF HIGHER EDUCATION ACQUIRES IN THE PROCESS OF BUILDING A PROTOTYPE
SYSTEM FOR SEGMENTATION OF VEHICLE IMAGES**

The article updates the role of the development of technical skills of students of higher education in engineering and pedagogical specialties in the conditions of digitalization. The process of building a conceptual and logical model of a vehicle image segmentation system prototype is presented.

The functions of the image segmentation system are the reading of digital images from video cameras or from graphic files, pre-processing of images, and selection of significant areas (segments) on images of vehicles. Vehicle image segments distinguish windows, headlights, license plates, wheels, etc. Highlighting segments on images greatly simplifies their further computer processing, in particular, determining the sizes and areas of details, object recognition.

A conceptual and logical model of a prototype computer system for vehicle image segmentation has been developed, in which video cameras and specialized websites are used as the source of initial images. Median filtering of images and enhancement of their local contrast was carried out. The selection of contours of objects was performed using the methods of Sobel and Kenny. Image segmentation was performed using the method of contour lines. As a result of the processing, meaningful areas (segments), such as headlights, windows, license plates, etc., are highlighted on the images of vehicles. The detection of meaningful areas of the object is performed using fuzzy membership functions.

In the article, a conceptual and logical model of the vehicle image segmentation system prototype was created, a Python program was created for noise filtering, local contrast enhancement, image contour selection, image segmentation and analysis, and the hardware implementation of the system based on the Raspberry Pi 3B+ microcomputer was performed. The sequence of building a prototype of an image segmentation system described in the work can be used by students of engineering and pedagogical specialties for educational purposes and for building various computer systems for digital image processing.

Keywords: formation of technical skills; conceptual model; logical model; digitalization of education; modeling of the image segmentation system; Fuzzy Cognitive Map; Fuzzy Logic; engineering and pedagogical specialties.

Постановка проблеми. У Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2022–2032 рр. [2] з-поміж тенденцій розвитку вищої освіти, що визначають майбутнє вищої освіти і міжнародної студентської мобільності до 2030 р., є: “підвищення рівня автоматизації виробництва; невідповідність компетентностей, яких повинні на-

бути здобувачі вищої освіти, як розрив між вимогами роботодавців та пропозиціями закладів вищої освіти та наукових установ”. Це вимагає застосування в освітньому процесі нових та удосконалених методів і практик (включаючи цифрові технології) для викладання, навчання й оцінювання, що мають здійснюватися у тісному зв'язку із дослідженнями.

Заклади освіти повинні диверсифікувати освітні пропозиції, оновлювати зміст освіти з метою задоволення зростаючих потреб у розвитку інноваційного та критичного мислення, підприємницьких і лідерських навичок, розвивати гнучкі освітні траєкторії на основі студентоцентрованого підходу. Швидкі трансформації в суспільстві та технологічному просторі вимагають від фахівців не тільки професійних здібностей, але й розвинутих загальних навичок. Важливими з-поміж них є вміння навчатися, критичне та системне мислення, програмування, пристосування до умов невизначеності, розвитку креативності, міжгалузевої комунікації, а також мультикультурності та володіння кількома мовами, зокрема англійською.

Неоіндустріалізація, впровадження концепції Індустрії 4.0, роботизація, розвиток IT-технологій і екологічні проблеми протягом наступних десяти років зумовляють перегляд переліку найбільш затребуваних професій. Фахівці, здатні проєктувати та впроваджувати нові технології, враховуючи сучасні виклики, будуть високо цінуватися. Також важливість отримують професії, пов'язані з IT-технологіями та обробкою даних, а також ті, що спрямовані на екологізацію виробництва і повсякденного життя.

Нині існує потреба в розробці автоматизованих систем для розпізнавання змістовних областей транспортних засобів. Розв'язання такого завдання дасть змогу студентам інженерно-педагогічних спеціальностей навчитися реалізувати програмну й апаратну складові прототипу системи сегментації цифрових зображень з метою виділити на зображеннях транспортних засобів змістові області (сегменти): вікна, фари, номерні знаки, колеса тощо. Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що виділення сегментів на зображеннях значно спрощує їхню подальшу комп'ютерну обробку, зокрема, визначення поворотів, розмірів і площ деталей, розпізнавання об'єктів. Розробка прототипу системи сегментації зображень вимагає від студентів розуміння та використання технічних засобів, алгоритмів і програмування, це, своєю чергою, сприяє розвитку в них технічних навичок. Таким чином, у процесі побудови таких систем здобувачі освіти навчаються впроваджувати технічні рішення в педагогічний процес.

Аналіз основних досліджень. У межах проведеного дослідження визначальними стали праці В. Ковальчука та колективу авторів щодо тенденцій розвитку вищої освіти в умовах ринку праці [12; 13], цифровізації та впровадження цифрових технологій в освітній процес закладів вищої освіти [14; 15; 16; 17; 18].

Важливим напрямом цифровізації професійної освіти є розробка, проєктування та застосування студентами комп'ютерних систем сегментації зображень транспортних засобів. Цьому аспекту дослідже-

ння присвячені праці С. Баловсяка, О. Деревянчука, І. Терейковського, Ж. Ху, О. Шкурата. У прототипі системи сегментації зображень використано метод водорозділів, який є ефективним при сегментації зображень з чіткими контурами. Для підвищення якості розпізнавання зображень використовують методи попередньої обробки зображень, зокрема фільтрації [3; 4], підвищення контрасту [5; 6] та сегментації зображень [7; 19; 20]. Точність розпізнавання зображень можна підвищити за рахунок використання нечіткої логіки [8; 10].

Мета статті. Описати процес побудови прототипу системи сегментації зображень транспортних засобів для розвитку технічних навичок здобувачів вищої освіти інженерно-педагогічних спеціальностей.

Виклад основного матеріалу. Актуальність розвитку технічних навичок у здобувачів вищої освіти зростає в епоху активної цифровізації, виступаючи ключовим фактором для їхньої успішної адаптації до вимог сучасного суспільства і динамічного ринку праці. У зв'язку зі стрімким зростанням цифрового впливу в різних сферах життя, студенти закладів вищої освіти повинні володіти сучасними технічними інструментами. Значимість проблеми посилюється й тим, що:

– розвиток навичок у сфері програмування, обробки даних, робототехніки та інших технічних галузей готує майбутніх фахівців до ефективної участі в цифровому суспільстві. Технічні вміння сприяють не лише розвитку творчості, але й інноваційному підходу до розв'язання різноманітних проблем;

– здобувачі вищої освіти, в яких розвинені технічні навички, можуть розробляти інноваційні технології, продукти і послуги, що в сукупності сприяє розвитку підприємництва;

– знання технічних аспектів цифрових технологій дає змогу студентам активно взаємодіяти з цифровою трансформацією в різних галузях. Цей розвиток технічних навичок також сприяє гнучкості й адаптабельності студентів у швидкозмінному технологічному середовищі, відзначаючись їхньою здатністю швидко вивчати нові інструменти та ефективно адаптуватися до змін.

Отже, розвиток технічних навичок стає стратегічно важливим завданням для здобувачів вищої освіти, сприяючи їхній успішній інтеграції в сучасне цифрове суспільство та підготовці до викликів майбутнього. Це, своєю чергою, потребує удосконалення змісту освіти і впровадженні інноваційних технологій навчання на основі дослідження й експериментування.

Одним з прикладів розвитку технічних навичок здобувачів вищої освіти зі спеціальності 015 Професійна освіта (за спеціалізаціями) є розроблення концептуальної та логічної моделі прототипу комп'ютерної системи сегментації зображень транспортних засобів, яку можна реалізувати при вивченні

**РОЗВИТОК ТЕХНІЧНИХ НАВИЧОК
ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ В ПРОЦЕСІ ПОБУДОВИ ПРОТОТИПУ
СИСТЕМИ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

дисципліни “Цифрові технології в професійній освіті”.

Для навчання студентів побудови систем сегментації зображень, пропонуємо використовувати метод водорозділів, який є ефективним при сегментації зображень із чіткими контурами [1; 9]. Згідно з цим методом на зображенні спочатку виділяються контури, а потім шукаються межі сегментів з урахуванням контурів. У методі водорозділів напівтонове зображення представляється у вигляді поверхні рівнів, де значення яскравостей пікселів інтерпретуються як їх висоти.

Уплив зовнішніх та внутрішніх параметрів на точність системи сегментації досліджено за допомогою логічної моделі засобами пакету Mental Modeler.

Побудова прототипу системи сегментації зображень транспортних засобів та його дослідження включає такі етапи.

На першому етапі студентам пропонується обґрунтувати вибір прототипу системи. Апаратно-програмний прототип системи сегментації зображень транспортних засобів буде містити такі складові частини:

1. Цифрова відеокамера.

2. Комп’ютерний блок обробки зображень, призначений для попередньої обробки, сегментації та аналізу зображень.

Блок обробки зображень складається з таких модулів:

1. Модуль зменшення рівня шуму.
2. Модуль виділення контурів зображення.
3. Модуль підвищення локального контрасту.
4. Модуль сегментації зображень та детектування об’єктів на зображеннях на основі їх сегментів з використанням нечітких функцій належності.

На другому етапі студентам пропонується розробити концептуальну модель системи сегментації зображень. Означена модель системи сегментації зображень транспортних засобів показує основні дії, що може виконувати користувач. На рис. 1 зображена концептуальна модель у вигляді UML діаграми варіантів використання системи сегментації зображень [21], яка містить такі елементи:

1. Отримати зображення – зчитати зображення з графічного файлу або з відеокамери.

2. Зменшити шум – зменшити рівень шуму за допомогою медіанного фільтра на зображенні.

3. Підвищити контраст – підвищити локальний контраст зображення.

4. Виділити контури – обчислити контури на зображенні методами Собела (Sobel) або Кенні (Canny).

5. Сегментація – виконати сегментацію зображення.

6. Детектування – отримати характеристики досліджуваних об’єктів, виділених як окремі сегменти.

7. Збереження – зберегти обчислені характеристики досліджуваних об’єктів.

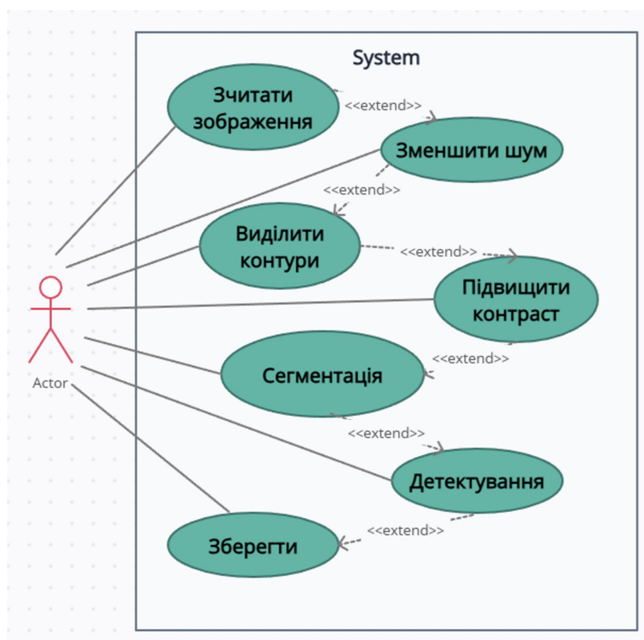


Рис. 1. Концептуальна модель системи сегментації зображень транспортних засобів

На третьому етапі студентам пропонується розробити логічну модель системи сегментації зображень транспортних засобів. Логічна модель ком-

п’ютерної системи для сегментації транспортних засобів будується за допомогою моделі нечіткої когнітивної карти та пакету Mental Modeler [11].

**РОЗВИТОК ТЕХНІЧНИХ НАВИЧОК
ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ В ПРОЦЕСІ ПОБУДОВИ ПРОТОТИПУ
СИСТЕМИ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Нечіткі когнітивні карти (НКК) застосовуються для аналізу та прийняття рішень в умовах невизначеності. Нечіткі когнітивні карти використовуємо для обґрунтування структури системи, призначеної для сегментації зображень транспортних засобів.

Концепти є ключовими факторами об'єкта моделювання, їх значення нормуються у діапазоні від -1 до 1 (-1 – мінімальна відстань, 1 – максимальна відстань). Для системи сегментації зображень транспортних засобів визначено такі концепти:

1. Accuracy_Segment – точність сегментації зображення.
2. Distance_Camera – відстань від відеокамери до об'єкта.
3. Resolution_Camera – роздільна здатність відеокамери.

4. Light_Level – рівень освітлення.
5. Noise – рівень шуму на зображенні.
6. Contrast – контраст зображення.
7. Q_Segment – кількість сегментів на зображенні.

На основі логічної моделі було виконано нечітке моделювання впливу різних факторів на якість сегментації, використовуючи різні сценарії моделювання. Моделювання виконано за допомогою Sigmoid Function. Запуск сценарію виконується командою File> New> Scenario. Аналіз результатів моделювання системи сегментації зображень дає змогу виявити найбільш впливові концепти.

Між концептами системи сегментації зображень встановлено зв'язки (рис. 2), вибрано ваги зв'язків (рис. 3), а також задано значення концептів системи (рис. 4).

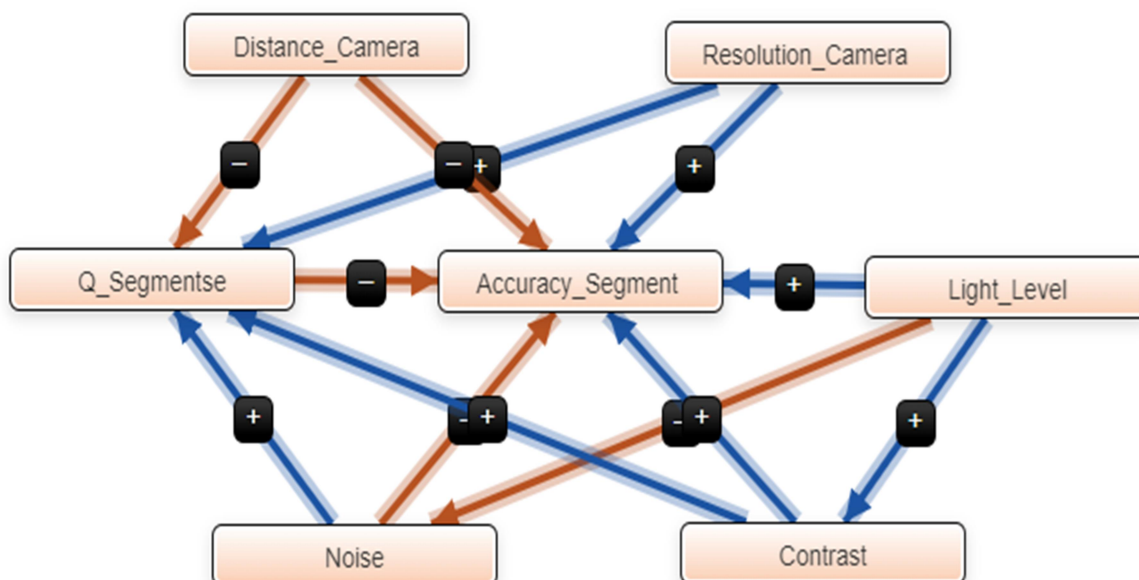


Рис. 2. FCM системи сегментації зображень транспортних засобів у вигляді графу

Model	Matrix	Preferred State & Metrics	Scenario				
	Light_Level	Accuracy_Segment	Q_Segmentse	Noise	Resolution_Camera	Distance_Camera	Contrast
Light_Level		1		-1			1
Accuracy_Segment							
Q_Segmentse		-1					
Noise		-1	1				
Resolution_Camera		1	1				
Distance_Camera		-1	-1				
Contrast		1	1				

Рис. 3. Ваги зв'язків FCM системи сегментації зображень транспортних засобів

**РОЗВИТОК ТЕХНІЧНИХ НАВИЧОК
ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ В ПРОЦЕСІ ПОБУДОВИ ПРОТОТИПУ
СИСТЕМИ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Model	Matrix	Preferred State & Metrics	Scenario	Info
Total Components 7	Component	Indegree	Outdegree	Centrality
	Light_Level	0	3	3
Total Connections 12	Accuracy_Segment	6	0	6
	Q_Segmentse	4	1	5
Density 0.2857142857	Noise	1	2	3
	Resolution_Camera	0	2	2
Connections per Component 1.7142857143	Distance_Camera	0	2	2
	Contrast	1	2	3
Number of Driver Components 3				Type
				driver
Number of Receiver Components 1				receiver
				ordinary
Number of Ordinary Components 3				ordinary
Complexity Score 0.3333333333				

Рис. 4. Значення концептів FCM системи сегментації зображень транспортних засобів

Виконано моделювання впливу факторів на точність сегментації зображень поїздів і вагонів “Accuracy_Segment”, контраст зображення “Contrast”, рівень шуму “Noise” та кількість сегментів на зображенні “Q_Segment”.

Спочатку значення всіх факторів впливу встановлені як нижче за середні, тому прогнозована точність сегментації дуже низька, контраст низький, рівень шуму високий та кількість сегментів близька до середньої (рис. 5).

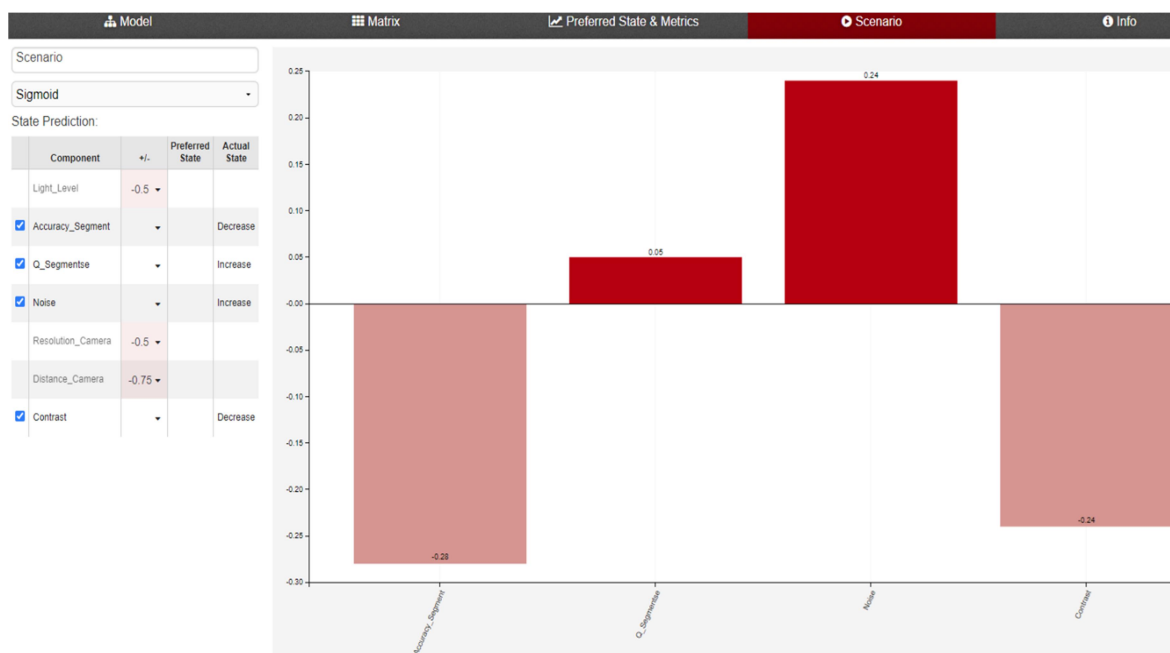


Рис. 5. Моделювання впливу факторів на точність сегментації “Accuracy_Segment”, контраст зображення “Contrast”, рівень шуму “Noise” та кількість сегментів “Q_Segment”; значення всіх факторів впливу – нижчі за середні

При подальшому моделюванні послідовно збільшувалося значення одного з факторів впливу (рівня освітлення та роздільної здатності відеокамери), а відстань до відеокамери зменшувалася, при цьому спостерігалось збільшення точності сегментації,

зменшення рівня шуму, підвищення контрасту та кількості сегментів на зображенні.

Висновки. Визначено роль технічних навичок у професійному становленні та розвитку майбутніх фахівців інженерно-педагогічних спеціальностей.

Зокрема, з урахуванням швидкого розвитку технологій та цифрових інновацій, наявність технічних навичок у випускників закладів вищої освіти стає визначальним фактором при працевлаштуванні та побудові кар'єри. Здобувачі вищої освіти, які розвивають технічні навички, здатні більш успішно впроваджувати нові технології та розв'язувати завдання, пов'язані з цифровими інструментами. Презентовано приклад розроблення концептуальної та логічної моделі прототипу системи сегментації зображень з використанням нечіткого логічного виведення. Сформовано нечіткі когнітивні карти, які використано для обґрунтування структури системи сегментації зображень. За допомогою логічної моделі засобами пакету Mental Modeler досліджено вплив параметрів системи на точність розпізнавання.

У подальшому планується виконати апаратну та програмну реалізацію комп'ютерної системи сегментації зображень. Для апаратної планується використати мікрокомп'ютер Raspberry Pi, а для програмної – мову Python.

ЛІТЕРАТУРА

1. Методи й засоби інтелектуальної обробки сигналів: обробка цифрових зображень / Ушенко Ю.О., Дерев'янчук О.В., Талах М.В., Дворжак В.В. Чернівці: Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, 2023. 312 с.

2. Стратегія розвитку вищої освіти в Україні на 2022–2032 pp. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-shvalennya-strategiyi-rozvytku-vishchoyi-osviti-v-ukrayini-na-20222032-r-oki-286-> (дата звернення 03.01.2024).

3. Balovskyak S.V., Derevyanchuk O.V., Fodchuk I.M., Kroitor O.P., Odaiska Kh.S., Pshenychnyi O.O., Kotyra A., Abisheva A. Adaptive oriented filtration of digital images in the spatial domain. *Proc. SPIE 11176, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments*. 2019. Vol. 11176. P. 111761A-1–111761A-6. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2537165>.

4. Balovskyak S.V., Odaiska Kh.S. Automatic Determination of the Gaussian Noise Level on Digital Images by High-Pass Filtering for Regions of Interest. *Cybernetics and Systems Analysis*. Vol. 54. № 4. P. 662–670. 2018. DOI: 10.1007/s10559-018-0067-3.

5. Balovskyak S.V., Derevyanchuk O.V., Fodchuk I.M. Method of calculation of averaged digital image profiles by envelopes as the conic sections. *Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC)*. 2019. Vol. 754. P. 204–212. DOI: 10.1007/978-3-319-91008-6_21.

6. Balovskyak S.V., Derevyanchuk O.V., Kravchenko H.O., Kroitor O.P., Tomash V.V. Computer system for increasing the local contrast of railway transport images. *Proc. SPIE, Fifteenth International Conference on Correlation Optics*. 2021. Vol. 12126. P. 121261E1–7. DOI: 10.1117/12.2615761.

7. Balovskyak S.V., Derevyanchuk O.V., Tomash V.V., Yarema S.V. Segmentation of railway transport images using fuzzy logic. *Trans Motauto World*. 2022. Vol. 7. № 3. P. 122–125.

8. Balovskyak S., Derevyanchuk O., Kravchenko H., Ushenko Y., Hu Z. Clustering Students According to their Academic Achievement Using Fuzzy Logic. *International Journal*

of Modern Education and Computer Science (IJMECS). 2023. Vol. 15. № 6. P. 31–43. DOI: 10.5815/ijmecs.2023.06.03.

9. Davies E.R. *Computer and Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities*. 2012. 912 p.

10. Fayek A.R. Fuzzy Logic and Fuzzy Hybrid Techniques for Construction Engineering and Management. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2020. Vol. 146. № 7. P. 1–12. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001854.

11. Fuzzy Cognitive Map. Mental Modeler. URL: <https://www.mentalmodeler.com> (дата звернення 28.12.2023).

12. Kovalchuk V., Maslich S., Tkachenko N., Shevchuk S., Shchypyska T. Vocational Education in the Context of Modern Problems and Challenges. *Journal of Curriculum and Teaching*. 2022. Vol. 11. № 8. P. 329–338. DOI: 10.5430/jct.v11n8p329.

13. Kovalchuk V. High education system challenges in the context of requirements of labour market and society. *Scientific letters of academic society of Michal Baludansky*. 2016. P. 88–90.

14. Kovalchuk V., Soroka V. Developing digital competency in future masters of vocational training. *Professional Pedagogics*. 2020. № 1. P. 96–103.

15. Kovalchuk V.I., Maslich S.V., Movchan L.G., Lytyvnova S.H., Kuzminska O.H. Digital transformation of vocational schools: Problem analysis. *CEUR Workshop Proceedings*. 2022. Vol. 3085. P. 107–123.

16. Kovalchuk V., Tkachenko N., Soroka V., Tomash V., Kovalchuk A. Forming and Developing Future Masters' of Industrial Training of Motor Transport Profile Readiness for Applying Digital Technologies in the Conditions of Education Digitalization. *Internationaal journal of computer science and network security*. 2022. Vol. 22, № 5. P. 559–564. DOI: <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2022.22.5.77>.

17. Kovalchuk V., Maslich S., Tkachenko N., Shevchuk S., Shchypyska T. Vocational Education in the Context of Modern Problems and Challenges. *Journal of Curriculum and Teaching*. 2022. Vol. 11. № 8. DOI: 10.5430/jct.v11n8p329.

18. Kovalchuk V., Androsenko A., Boiko A., Tomash V., Derevyanchuk O. Development of Pedagogical Skills of Future Teachers of Labor Education and Technology by means of Digital Technologies. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*. 2022. Vol. 22, № 9. P. 551–560.

19. Shkurat O. et al. Image Segmentation Method Based on Statistical Parameters of Homogeneous Data Set. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. Vol. 902. P. 271–281. DOI: 10.1007/978-3-030-12082-5_25.

20. Tereikovskiy I., Zhengbing Hu., Chernyshev D., Tereikovska L., Korystin O., Tereikovskiy O. The Method of Semantic Image Segmentation Using Neural Networks. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing (IJIGSP)*. 2022. Vol. 14, № 6. P. 1–14. DOI: 10.5815/ijigsp.2022.06.01.

21. Web service for constructing UML diagrams. URL: <https://app.creately.com/> (дата звернення 28.12.2023).

REFERENCES

1. Ushenko, Y.O., Derevyanchuk, O.V., Talakh, M.V. & Dvorzhak, V.V. (2023). Metody y zasoby intelektualnoi obrobky syhnaliv: obrobka tsyfrovyykh zobrazhen [Methods and means of intelligent signal processing: digital image processing]. Chernivtsi, 312 p. [in Ukrainian].

2. Stratehiia rozvytku vyshchoyi osvity v Ukraini na 2022–2032 roky [Strategy for the development of higher education in Ukraine for 2022–2032]. Available at: <https://www.kmu.gov>

v.ua/npas/pro-shvalennya-strategiyi-rozvitku-vishchoyi-osviti-v-ukrayini-na-20222032-roki-286- (Accessed 03 Jan. 2024) [in Ukrainian].

3. Balovsyak, S.V., Derevyanchuk, O.V., Fodchuk, I.M., Kroitor, O.P., Odaiska, Kh.S., Pshenychnyi, O.O., Kotyra, A. & Abisheva, A. (2019). Adaptive oriented filtration of digital images in the spatial domain. *Proc. SPIE 11176, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments*, Vol. 11176, pp. 111761A-1–111761A-6. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2537165>. [in English].

4. Balovsyak, S.V. & Odaiska, Kh.S. (2018). Automatic Determination of the Gaussian Noise Level on Digital Images by High-Pass Filtering for Regions of Interest. *Cybernetics and Systems Analysis*, Vol. 54, No. 4, pp. 662–670. DOI: [10.1007/s10559-018-0067-3](https://doi.org/10.1007/s10559-018-0067-3). [in English].

5. Balovsyak, S.V., Derevyanchuk, O.V. & Fodchuk, I.M. (2019). Method of calculation of averaged digital image profiles by envelopes as the conic sections. *Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC)*. Vol. 754, pp. 204–212. DOI: [10.1007/978-3-319-91008-6_21](https://doi.org/10.1007/978-3-319-91008-6_21). [in English].

6. Balovsyak, S.V., Derevyanchuk, O.V., Kravchenko, H.O., Kroitor, O.P. & Tomash, V.V. (2021). Computer system for increasing the local contrast of railway transport images. *Proc. SPIE, Fifteenth International Conference on Correlation Optics*. Vol. 12126, pp. 21261E1–7. DOI: [10.1117/12.2615761](https://doi.org/10.1117/12.2615761). [in English].

7. Balovsyak, S.V., Derevyanchuk, O.V., Tomash, V.V. & Yarema, S.V. (2022). Segmentation of railway transport images using fuzzy logic. *Trans Motauto World*. Vol. 7, No. 3, pp. 122–125. [in English].

8. Balovsyak, S., Derevyanchuk, O., Kravchenko, H., Ushenko, Y. & Hu, Z. (2023). Clustering Students According to their Academic Achievement Using Fuzzy Logic. *International Journal of Modern Education and Computer Science (IJMECS)*. No. 6, pp. 31–43. DOI: [10.5815/ijmeecs.2023.06.03](https://doi.org/10.5815/ijmeecs.2023.06.03). pp. 122–125. [in English].

9. Davies, E.R. (2012). *Computer and Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities*. Elsevier. 912 p. [in English].

10. Fayek, A.R. (2020). Fuzzy Logic and Fuzzy Hybrid Techniques for Construction Engineering and Management. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 146, No. 7, pp. 1–12. DOI: [10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001854](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001854). [in English].

11. Fuzzy Cognitive Map. Mental Modeler. Available at: <https://www.mentalmodeler.com> (Accessed 28. Dec. 2023). [in English].

12. Kovalchuk, V., Maslich, S., Tkachenko, N., Shevchuk, S. & Shchypyska, T. (2022). Vocational Education in the Context

of Modern Problems and Challenges. *Journal of Curriculum and Teaching*. Vol. 11, No. 8, pp. 329–338. DOI: <https://doi.org/10.5430/jct.v11n8p329>. [in English].

13. Kovalchuk, V. (2016). High education system challenges in the context of requirements of labour market and society. *Scientific letters of academic society of Michal Baludansky*, pp. 88–90. [in English].

14. Kovalchuk, V. & Soroka, V. (2020). Developing digital competency in future masters of vocational training. *Professional Pedagogics*. No. 1, pp. 96–103. [in English].

15. Kovalchuk, V.I., Maslich, S.V., Movchan, L.G., Lytvynova, S.H. & Kuzminska, O.H. (2022). Digital transformation of vocational schools: Problem analysis. *CEUR Workshop Proceedings*, Vol. 3085, pp. 107–123. [in English].

16. Kovalchuk, V., Tkachenko, N., Soroka, V., Tomash, V. & Kovalchuk, A. (2022). Forming and Developing Future Masters' of Industrial Training of Motor Transport Profile Readiness for Applying Digital Technologies in the Conditions of Education Digitalization. *International journal of computer science and network security*. Vol. 22, No. 5, pp. 559–564. DOI: <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2022.22.5.77>. [in English].

17. Kovalchuk, V.I., Maslich, S.V., Movchan, L.G., Lytvynova, S.H. & Kuzminska, O.H. (2022). Digital transformation of vocational schools: Problem analysis. *CEUR Workshop Proceedings*. Vol. 3085, pp. 107–123. [in English].

18. Kovalchuk, V., Androsenko, A., Boiko, A., Tomash, V. & Derevyanchuk, O. (2022). Development of Pedagogical Skills of Future Teachers of Labor Education and Technology by means of Digital Technologies. *International Journal of Computer Science and Information Security*. Vol. 22, No. 9, pp. 551–560. DOI: <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2022.22.9.71>. [in English].

19. Shkurat, O. et al. (2020). Image Segmentation Method Based on Statistical Parameters of Homogeneous Data Set. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Vol. 902, pp. 271–281. DOI: [10.1007/978-3-030-12082-5_25](https://doi.org/10.1007/978-3-030-12082-5_25). [in English].

20. Tereikovskiy, I., Zhengbing, Hu, Chernyshev, D., Tereikovska, L., Korystin, O. & Tereikovskiy, O. (2022). The Method of Semantic Image Segmentation Using Neural Networks. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing (IJIGSP)*. Vol. 14, No. 6, pp. 1–14. DOI: [10.5815/ijigsp.2022.06.01](https://doi.org/10.5815/ijigsp.2022.06.01). [in English].

21. Web service for constructing UML diagrams. Available at: <https://app.creately.com/> (Accessed 28 Dec. 2023). [in English].

Стаття надійшла до редакції 08.01.2024



“Я постійно тримаю в голові предмет свого дослідження і наполегливо чекаю того моменту, поки перший проблиск потроху повністю перетвориться в блискучий світ”.

Ісаак Ньютон
англійський науковець

