

Давиденко Н. В., к.т.н. (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ЗА ГЕОМЕТРИЧНОЮ ФОРМОЮ ЗОБРАЖЕННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Запропоновано принципи класифікації об'єктів на основі форми їх зображення, отриманого від технічного зору системи моніторингу технологічного процесу. Запропоновано методологію класифікації, яка спирається на розпізнавання зображення та послідовне використання алгоритмів розпізнавання образів без учителя та з учителем. Для розпізнавання зображення застосовано контурний аналіз. Для опису геометричної форми контуру зображення застосовано морфометричний підхід. Для групування об'єктів застосовано нейронні мережі глибокого навчання згорткового типу. Для побудови класифікатора для визначення належності об'єкта до одного з класів застосовано МГУА-подібні нейронні мережі. Проєктування інформаційної технології системи класифікації виконано з позицій парадигми об'єктно-орієнтованого програмування із застосуванням уніфікованої мови моделювання.

Ключові слова: розпізнавання образів; контурний аналіз; геометрична форма зображення; нейронні мережі; уніфікована мова моделювання.

Вступ. Автоматизація технологічних процесів та цифровізація виробництва в межах концепції індустрії 4.0 зумовлює зростання обсягів інформації, що потребує обробки для подальшої алгоритмізації процесів, які виконувались із залученням досвіду людини [1]. Впровадження інтелектуальних систем управління технологічними потребує автоматичної обробки великих масивів інформації та прийняття рішень. Як засоби автоматичної обробки інформації в системах інтелектуального управління технологічних процесів розглядаються технології машинного зору, реалізовані на основі технологій машинного навчання [2]. Існує низка задач, в яких як джерело інформації для ухвалення управлінського рішення розглядаються зображення об'єкта, отримані з системи моніторингу технологічних процесів, що

використовують системи комп'ютерного зору. Тобто розпізнавання зображення, класифікація та ідентифікація об'єкта за його геометричною формою є одним з завдань інформаційних систем автоматичної обробки інформації систем комп'ютерного зору для забезпечення розумного управління в усіх сферах економіки.

Аналіз останніх досліджень. Необхідність автоматизації та роботизації технологічних процесів зумовила необхідність розвитку інформаційних технологій та побудови інформаційних систем, які використовують машинний зір як засіб моніторингу. Системи комп'ютерного зору охоплюють велику кількість задач і є важливою складовою розвитку штучного інтелекту та інтелектуальних інформаційних технологій [3]. Серед задач, пов'язаних з комп'ютерним зором і машинним навчанням, важливе значення мають задачі розпізнавання та аналізу зображень [4]. Аналіз та розпізнавання зображень складної структури різної фізичної природи (візуальних образів) використовується в різних сферах [5] і є одним з компонентів систем обробки інформації в автоматизованих системах управління і прийняття рішень. Розпізнавання образів є важливим інструментом інформаційної технології опрацювання сигналів та ідентифікації станів складних об'єктів управління [6]. Побудова та впровадження інформаційних технологій розпізнавання зображень є одним з інструментів вирішення задач управління складними системами [7]. Розробка систем розпізнавання об'єктів та їх достовірної ідентифікації потребує формування первинних ознак про об'єкт розпізнавання, встановленню їх пріоритету та вибору критеріїв розпізнавання і ідентифікації об'єктів та процесів. В багатьох задачах обробки зображень інформативним засобом подання інформації є опис форми зображення об'єктів [8], який використовується для ідентифікації та класифікації об'єктів. При цьому як класифікаційні ознаки використовують геометричні характеристики форми поданих на зображенні об'єктів [9], а як механізм реалізації розпізнавання – нейромережвий підхід [1; 4; 10]. Слід зазначити, що запорукою ефективності інформаційних системи розпізнавання та класифікації об'єктів є ґрунтовний системний аналіз предметної області та формалізація вимог до програмного продукту інформаційної технології.

Постановка завдання. Метою роботи є формування принципів побудови інформаційної технології класифікації об'єктів за геометричною формою їх зображення, отриманого з системи комп'ютерний зір, з урахуванням формалізованого опису предметної області з по-

зицій об'єктно-орієнтованого підходу.

Виклад основного матеріалу. Задачу класифікації об'єктів за геометричною формою їх зображення можна подати як комбінацію задачі розпізнавання образів та кластеризацію. Результат роботи інформаційної системи класифікації об'єктів може бути представлений в узагальненій формі як приналежність об'єкта O одному із фіксованих класів $\{C\}$ [7]. Водночас початкові дані задано у вигляді набору відомостей $\{x(t)\}$ про геометричну форму зображення об'єктів, [7]. В загальному випадку задачу розпізнавання можна представити як відношення [1]

$$Z \subseteq I^{in} \times I^{out}, \quad (1)$$

де I^{in} – інформація про деяку множину об'єктів, розбиту на класи (їх кількість кінцева), причому спосіб представлення інформації прецедентний, а для Z відома лише частина інформації (навчальна і контрольна вибірки); I^{out} – мітки/індекси класів.

Розпізнавання та класифікація об'єктів за формою їх зображення містить такі етапи: 1) обробка зображення; 2) кодування області зображення; 3) формування набору ознак для розпізнавання; 4) розбиття простору ознак розпізнавання на області, що відповідають певному класу об'єктів; 5) побудова моделей класифікації; 6) обрахунок ймовірності приналежності реалізації образу об'єкту до одного з типових класів; 7) узагальнення результатів. Перші три кроки належать до етапу підготовки зображення об'єкту. З урахуванням результатів кластеризації (розбиття об'єктів на групи за подібністю форми їх зображення на четвертому) на п'ятому етапі формується модель придатна для ідентифікації належності об'єктів до одного з класів.

Однією з операцій попереднього аналізу зображення є виокремлення контурів зображень об'єктів. Для обробки зображення об'єкту з метою подальшого його аналізу застосовується контурний аналіз, який є одним з напрямків, пов'язаних з ідентифікацією, аналізом форми об'єктів, їх розміру та інших геометричних характеристик, [11] і містить методи виокремлення, опису та обробки контурів зображень, що забезпечують опис, зберігання, порівняння тощо об'єктів, заданих зовнішніми обрисами [12]. Контур – це межа об'єкта, сукупність точок, що відокремлюють об'єкт від фону. Вважається, що контур слабо залежить від кольору та текстури зображення [8] та визначає форму зображення об'єкта, тобто містить необхідну інформацію для розпізнавання об'єктів на основі форми їх зображення [9; 13]. Розгляд контурів зображення забезпечує перехід від двовимір-

ного простору образу до простору контурів і зменшити обчислювальну й алгоритмічну складність [13]. Методи контурного аналізу актуальні й на сучасному етапі у сфері розпізнавання об'єктів. Для побудови контуру зображення застосовано однопрохідний алгоритм, який забезпечує побудову контурів за один перегляд зображення з контурним препаратом [5]. Суть його полягає в обході сканованого зображення об'єкту в заданому напрямку та формуванні набору дуг, які поступово об'єднуються між собою. Дуги заносяться у список контурів відповідних об'єктів як незамкнуті послідовності точок, а координати (x, y) точок заносяться у списки точок дуг.

Для подальшого аналізу зображення об'єкту виконується кодування його контуру. Вибір способу кодування образів визначає обчислювальну та апаратну складність інформаційної технології розпізнавання та ідентифікації образів [6]. Кожен відрізок (дуга) контуру зображення кодується координатами кінців $s = \{x_1, y_1, x_2, y_2\}$. Координати кінця i -ї дуги є координатами початку дуги $i+1$, що утворюють зв'язний контур. Результат формування контуру та його кодування представляється набором точок-вершин A_i багатокутника з координатами (x_i, y_i) . Для математичної інтерпретації опису геометричної форми отриманого контуру застосовується морфометричний підхід. Опис геометричної форми зображення об'єкту виконується набором основних та похідних морфометричних показників, що забезпечує формування матриці множини ознак форми об'єкту.

Нехай U – множина ознак геометричної форми зображення об'єкту. Підмножина ознак, тобто, простір ознак X , є скінченновимірним метричним простором $X = \mathbb{R}^N$. Нехай x – елемент простору X , що відповідає образу $x \in U$, а оператор проєктування $P: U \rightarrow X$ – оператор, що відображає X в x ; $X = P(U)$.

Методика віднесення елемента до якого-небудь образу є вирішальним правилом метрик, які задаються у вигляді функції і відображають спосіб визначення відстані між елементами універсальної множини. Від вибору способу представлення образів і реалізації метрики залежить ефективність програми [6].

Класифікувати образ $x \in U$ по класах $\{c_1, \dots, c_m\}$ означає знайти індикаторну функцію:

$$g: U \rightarrow Y, Y = \{y_1, \dots, y_m\}, \quad (2)$$

яка ставить у відповідність образу $x \in U$ мітку $y_i \in Y$ того класу c_i , якому він належить, тобто $g(x) = y_i$, якщо $x \in c_i$.

Основними інструментами, на яких базуються сучасні алгорит-

ми класифікації зображень є глибоке навчання (Deep Learning) та згорткові нейронні мережі (convolutional neural networks – CNN) [3]. Для класифікації об'єктів використовується нейромережевий підхід, при якому штучна нейронна мережа спочатку навчається на деяких ознаках [4]. Оскільки інформація про кількість класів об'єктів відсутня, як попередній етап класифікації застосовується автоматична класифікація без учителя (некерована класифікація). Як інструмент автоматичної класифікації застосовується нейронна мережа згорткового типу (СНР – Convolutional Neural Network), що належить до багат шарових (глибоких) нейронних мереж і є модернізованим багат шаровим перцептроном [14]. СНР побудовані на використанні багат шарового перцептрону, розробленого так, щоб мінімізувати обсяг попередньої обробки вхідної інформації [15]. На вхід нейронної мережі подається набір ознак, що описують геометричну форму зображення об'єкту. Ефективність класифікації залежить від якості виконання попередніх етапів ефективного вибору ознак, за якими буде встановлена відповідність об'єкту класу. СНР складається з двох частин: одна частина відповідає за виділення ознак, а інша відповідає за класифікацію. Для виділення ознак використовують чергування шарів згортки (С-шари) і підвибірки (S-шари) [1]. Оскільки розмірність навчальної вибірки може бути співставною з кількістю параметрів, що налаштовуються мережею, то з урахуванням загальноприйнятої парадигми навчання глибоких нейронних мереж застосовується попереднє навчання нейронної мережі без учителя методом пошарового навчання, починаючи з першого шару (pre-training), на основі обмеженої машини Больцмана (RBM) і алгоритм зворотного поширення помилки для налаштування синаптичних зв'язків всієї мережі (fine-tuning). Результатом роботи нейронної мережі є розбиття зображень на класи, присвоєння об'єктам міток, що відображають належність до типового класу, та формування еталонної множини зображень об'єктів за геометричної формою.

Принципи системного підходу до задачі класифікації зображень об'єктів, отриманих з систем моніторингу технологічних процесів вимагають встановлення пріоритету первинних ознак про об'єкт розпізнавання та побудови надійних моделей класифікаторів для достовірної ідентифікації об'єктів [16]. При цьому специфіка застосування інформаційної системи класифікації об'єктів під час моніторингу технологічного процесу вимагає аналізу результатів класифікації з точки зору істотності впливу класифікаційних характеристик, а та-

кож в окремих випадках постає потреба корегування пріоритету певних класифікаційних ознак для удосконалення процесу класифікації з урахуванням особливостей технологічного процесу. Це зумовлює необхідність побудови математичної моделі класифікатора об'єктів за геометричною формою, аналіз якої є основою вирішення зазначених завдань.

Для реалізації побудови математичної моделі класифікатора застосовується метод самоорганізації моделей – метод групового урахування аргументів (МГУА). Для структурно-параметричної ідентифікації моделі класифікатора застосовано нейронні мережі (НМ) типу МГУА [17].

Структура (рис. 1) інформаційної системи класифікації об'єктів за геометричною формою їх зображення, отриманого з блоку комп'ютерного зору системи моніторингу технологічного процесу, побудована з урахуванням викладеної методології класифікації об'єктів та представляє собою візуалізацію технічного завдання на проєктування.

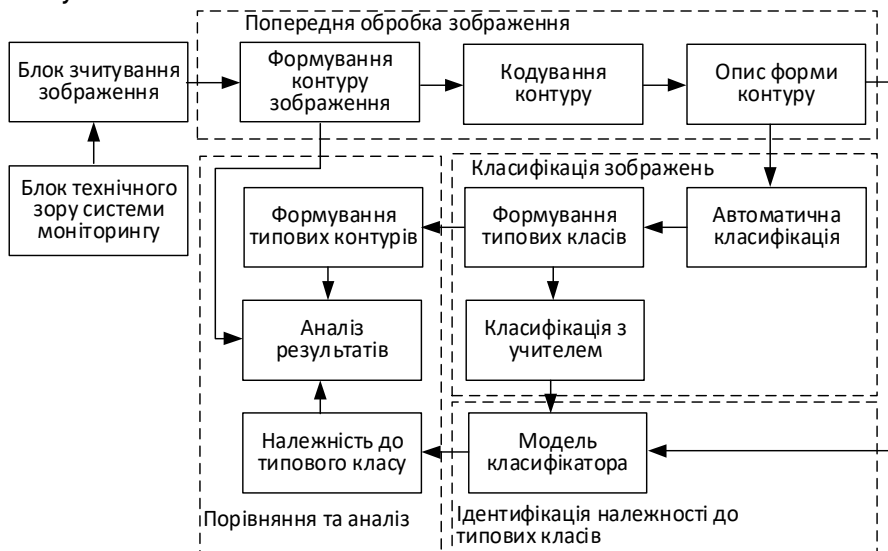


Рис. 1. Узагальнена структура інформаційної технології класифікації об'єктів

Для побудови інформаційної системи необхідно виконати аналіз предметної області, що дає змогу визначити мету і призначення системи, зрозуміти структуру і механізми функціонування [18]. Аналіз та проєктування інформаційної технології виконується з позицій об'єктно-орієнтованого підходу. Важливим етапом під час проєкту-

вання інформаційної системи є формалізація вимог до програмного продукту. Проєктування інформаційної системи з урахуванням парадигми об'єктно-орієнтованого програмування виконується із застосуванням принципів уніфікованого процесу розробки програмного забезпечення. Стандартним засобом моделювання інформаційних систем є уніфікована мова моделювання (Unified Modeling Language – UML), що використовує графічні позначення для створення абстрактної UML-моделі системи [19]. UML є стандартизованим та формалізованим засобом для розробки та аналізу програмного забезпечення, що забезпечує визначення, візуалізацію, проєктування й документування в програмних систем. UML є візуальною мовою для створення об'єктно-орієнтованих моделей і містить всі необхідні засоби для повного моделювання структури та поведінки програмного забезпечення. Результатом проєктування є проєктна модель системи, представлена у вигляді UML-діаграм.

Розробку UML-моделі виконано за допомогою програмного забезпечення StarUML, версія 4.1.6.

Опис функціональності та поведінки інформаційної технології класифікації зображень об'єктів виконано за допомогою діаграми прецедентів (рис. 2). Діаграма забезпечує визначення межі та контексту модельованої предметної області; формування вимог щодо поведінки проєктованої системи; розробки концептуальної моделі системи для її подальшої деталізації; підготовки документації для взаємодії із замовниками та користувачами системи.

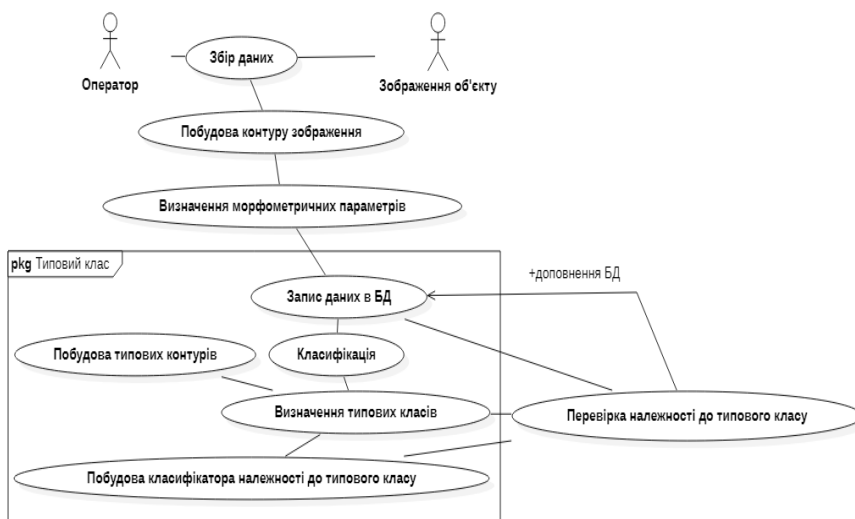


Рис. 2. Діаграма прецедентів прототипу інформаційної технології

Методологія UML забезпечує проєктування прототипу інформаційної системи, визначаючи об'єкт автоматизації та здійснюючи побудову для нього інформаційної моделі на фізичному рівні аж до створення схем бази даних певної СУБД та генерації (на різних об'єктноорієнтованих мовах) коду [20].

Висновок. Застосування технологій комп'ютерного зору в системах моніторингу технологічних процесів вимагає вирішення задач класифікації об'єктів як схожих, так і різних за їх геометричною формою. Водночас важливим є можливість аналізу результатів класифікації з точки зору впливу певних ознак класифікації, а також корегування їх пріоритетів. Запропонована методологія класифікації об'єктів за геометричною формою їх зображення базується на поєднанні низки методологій машинного навчання, таких як розпізнавання зображення об'єкта та кодування його контуру, алгоритми класифікації без учителя та з учителем з використанням нейронних мереж, що забезпечує можливість гнучкого налаштування процесу класифікації залежно від завдань технологічного процесу. Проєктування інформаційної технології класифікації об'єктів із застосування методології UML забезпечує моделювання структури та поведінки програмного забезпечення та візуалізацію процесу розробки прототипу інформаційної системи.

1. Волошин М. В. Розробка комбінованої моделі розпізнавання зображень. *Technology audit and production reserves*. 2019. № 2(47). Том 3. С. 9–14.
2. Подскребко О. С., Квашук Д. М., Берідзе-Стаховський А. К. Технології машинного навчання в промисловості з використанням методів розпізнавання образів. *Економіка та держава*. 2019. № 6. С. 46–49.
3. Тимчишин Р. М., Волков О. Є., Господарчук О. Ю., Богачук Ю. П. Сучасні підходи до розв'язання задач комп'ютерного зору. *Управляющие системы и машины*. 2018. № 6. С. 46–73.
4. Гороховатський О. В., Тесленко О. В. Розпізнавання зображень літер із використанням проєкцій та багатозарового перцептронну. *Системи обробки інформації*. 2017. № 2. С. 163–167.
5. Ліщина Н. М., Ліщина В. О., Повстяна Ю. С. Підходи та алгоритми обробки та розпізнавання зображень складної структури. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2020. Вип. 38. С. 5–9.
6. Круліковський Б., Сидор А., Заставний О., Николайчук Є. Теоретичні основи розпізнавання багатомірних образів у хеммінговому просторі. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. № 26(3). С. 361–367.
7. Захожай О. І. Інформаційна технологія розпізнавання образів в задачах автоматизованої обробки інформації й управління

складними системами. *Проблеми інформаційних технологій*. 2013. № 13. С. 61–68. **8.** Березький О. М., Батько Ю. М. Алгоритм проходження контуром об'єкта з використанням зворотного ходу. *Искусственный интеллект*. 2009. № 3. С. 516–522. **9.** Алгоритми виокремлення контурів зображень об'єктів в інтелектуальних системах відеоспостереження / Крючкова Л. П., Стрельников В. І., Акулінічева М. В., Бортник О. С., Дібрівний О. А. *Зв'язок*. 2020. № 5. С. 49–55. **10.** Петлицький В. В., Шевченко С. М., Мазур Н. П. Розробка алгоритму розпізнавання рухів об'єктів за допомогою нейронної мережі для системи відеонагляду. *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2019. № 2 (6). С. 105–111. **11.** Фурман Я. А., Кревецкий А. В., Передреєв А. К. Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов / под ред. Я. А. Фурмана. Москва : Физматлит, 2003. 592 с. **12.** Heikkila M., Pietikainen M. A texture-based method for modeling the background and detecting moving objects. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2006. Vol. 28. No. 4. Pp. 657–662. **13.** Шамуратов О. Ю., Шаховська Н. Б. Алгоритми контурного аналізу зображень. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. № 6. Т. 29. С. 123–127. **14.** Le Cun Y., Huang F.-J., Bottou L. Learning methods for generic objects recognition with invariance to pose and lighting. Los Alamitos. *Proceedings of the Computer Vision and Pattern Recognition Conference (CVPR'04)*. 2004. № 2. Pp. 97–104. **15.** Білашенко С. В., Шаповалова Н. Н., Рибальченко О. Г. Розпізнавання зображень за допомогою згорткових нейронних мереж з використанням бібліотеки KERAS. *Гірничий вісник*. 2018. Вип. 103. С. 148–154. **16.** Заєць В. М., Шокіра Г. Я. Коригування пріоритету первинних ознак при побудові систем розпізнавання. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2012. Вип. 22.7. С. 344–350. **17.** Ahmadi M. H., Ahmadi M.-A., Mehrpooya M., Rosen M. A. Using GMDH Neural Networks to Model the Power and Torque of a Stirling Engine. *Sustainability*. 2015. Vol. 7. Pp. 2243–2255. **18.** Басюк Т., Пушко Я. Аналіз та класифікація основних методів розпізнавання образів на площині проєкції. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Сер. Комп'ютерні науки та інформаційні технології. 2015. № 826. С. 291–299. **19.** Новицький О. В., Резніченко В. А. Модель інформаційного об'єкта для електронної бібліотеки та її верифікація. *Проблеми програмування*. 2020. № 2–3. С. 31–39. **20.** Фаулер М. UML, основы: краткое руководство по стандартному языку объектного моделирования. СПб. : Питер, Символ-Плюс, 2018. 312 с.

REFERENCES:

1. Voloshyn M. V. Rozrobka kombinovanoi modeli rozpoznavannia zobrazhen. *Technology audit and production reserves*. 2019. № 2(47). Tom 3. S. 9–14.

2. Podskrebko O. S., Kvashuk D. M., Beridze-Stakhovskiy A. K. Tekhnolohii mashynnoho navchannia v promyslovosti z vykorystanniam metodiv rozpoznavannia obraziv. *Ekonomika ta derzhava*. 2019. № 6. S. 46–49.
3. Tymchyshyn R. M., Volkov O. Ye., Hospodarchuk O. Yu., Bohachuk Yu. P. Suchasni pidkhody do rozviazannia zadach kompiuternoho zoru. *Upravlyayuschie sistemy i mashyny*. 2018. № 6. C. 46–73.
4. Horokhovatskyi O. V., Teslenko O. V. Rozpoznavannia zobrazen liter iz vykorystanniam proektsii ta bahatosharovoho perseptronu. *Systemy obrobky informatsii*. 2017. № 2. S. 163–167.
5. Lishchyna N. M., Lishchyna V. O., Povstiana Yu. S. Pidkhody ta alhorytmy obrobky ta rozpoznavannia zobrazen skladnoi struktury. *Kompiuterno-intehrovani tekhnolohii: osvita, nauka, vyrobnytstvo*. 2020. Vyp. 38. S. 5–9.
6. Krulikovskiy B., Sydor A., Zastavnyi O., Nykolaichuk Ye. Teoretychni osnovy rozpoznavannia bahatomirnykh obraziv u khemminhovomu prostori. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*. 2016. № 26(3). S. 361–367.
7. Zakhozhai O. I. Informatsiina tekhnolohiia rozpoznavannia obraziv v zadachakh avtomatyzovanoi obrobky informatsii y upravlinnia skladnymy systemamy. *Problemy informatsiinykh tekhnolohii*. 2013. № 13. S. 61–68.
8. Berezkyi O. M., Batko Yu. M. Alhorytm prokhodzhennia konturom obiektu z vykorystanniam zvorotnoho khodu. *Iskusstvennyiy intellekt*. 2009. № 3. S. 516–522.
9. Alhorytmy vyokremlennia konturiv zobrazen obiektiv v intelektualnykh systemakh videosposterezhennia / Kriuchkova L. P., Strelnikov V. I., Akulinicheva M. V., Bortnyk O. S., Dibrivnyi O. A. *Zviyazok*. 2020. № 5. S. 49–55.
10. Petlytskyi V. V., Shevchenko S. M., Mazur N. P. Rozrobka alhorytmu rozpoznavannia rukhiv obiektiv za dopomohoiu neuronnoi merezhi dlia systemy videonahliadu. *Kiberbezpeka: osvita, nauka, tekhnika*. 2019. № 2 (6). S. 105–111.
11. Furman Ya. A., Krevetskiy A. V., Peredreev A. K. Vvedenie v konturnyy analiz; prilozeniya k obrabotke izobrazeniy i signalov / pod red. YA. A. Furmana. Moskva : Fizmatlit, 2003. 592 s.
12. Heikkila M., Pietikainen M. A texture-based method for modeling the background and detecting moving objects. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2006. Vol. 28. No. 4. Pp. 657–662.
13. Shamuratov O. Yu., Shakhovska N. B. Alhorytmy konturnoho analizu zobrazen. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*. 2019. № 6. T. 29. S. 123–127.
14. Le Cun Y., Huang F.-J., Bottou L. Learning methods for generic objects recognition with invariance to pose and lighting. Los Alamitos. *Proceedings of the Computer Vision and Pattern Recognition Conference (CVPR'04)*. 2004. № 2. Pp. 97–104.
15. Bilashenko S. V., Shapovalova N. N., Rybalchenko O. H. Rozpoznavannia zobrazen za dopomohoiu zghortkovykh neuronnykh merezh z vykorystanniam biblioteki KERAS. *Hirnychi visnyk*. 2018. Vyp. 103. S. 148–154.
16. Zaiets V. M., Shokira H. Ya. Koryhuvannia priorytetu pervynykh oznak pry pobudovi system rozpoznavannia. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*. 2012. Vyp. 22.7. S. 344–350.
17. Ahmadi M. H., Ahmadi M.-A., Mehrpooya M., Rosen M. A. Using GMDH Neural Networks to Model the Power and Torque of a

Stirling Engine. *Sustainability*. 2015. Vol. 7. Pp. 2243–2255. **18.** Basiuk T., Pushko Ya. Analiz ta klasyfikatsiia osnovnykh metodiv rozpoznavannia obraziv na ploshchyni proektsii. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnika»*. Ser. *Kompiuterni nauky ta informatsiini tekhnolohii*. 2015. № 826. S. 291–299. **19.** Novytskyi O. V., Reznichenko V. A. Model informatsiinoho obiekta dlia elektronnoi biblioteki ta yii veryfikatsiia. *Problemy prohramuvannia*. 2020. № 2–3. S. 31–39. **20.** Fauler M. UML, osnovyi: kratkoe rukovodstvo po standartnomu yazyku obyektynogo modelirovaniya. SPb. : Piter, Simvol-Plyus, 2018. 312 c.

Davydenko N. V., Candidate of Engineering (Ph.D.) (Lutsk National Technical University, Lutsk)

METHODOLOGICAL BASES OF DESIGNING INFORMATION TECHNOLOGY FOR CLASSIFICATION OF OBJECTS ACCORDING TO THE GEOMETRIC SHAPE OF THE IMAGE USING NEURAL NETWORKS

The principles of realization of classification of objects based on the form of their image received from the technical point of view of system of monitoring of technological process were offered. A classification methodology based on image recognition and consistent use of an uncontrolled classification and teacher-based classification algorithm was proposed. Contour analysis was used to recognize the image. A one-pass algorithm was used to construct the image contour. The coding of the contour is performed by the coordinates of the ends of the arcs. A morphometric approach is used to describe the geometric shape of the image contour. Deep learning convolutional neural networks are used to group objects. Pre-learning neural network training without a teacher based on a restricted Boltzmann machine and an error backpropagation algorithm are used to configure synaptic connections of the entire network. The group method of data handling was used to construct a classifier to determine the belonging of an object to one of the classes. Structural and parametric identification of the model is performed using neural networks of the group method of data handling. Analysis and design of information technology classification of objects is performed from the standpoint of object-oriented approach using the principles of a unified software development process. A design model of information technology, presented in

the form of UML-diagrams, is the result of the design. Description of the functionality and behavior of information technology for the classification of images of objects was performed using a use case diagram. The application of the proposed UML model of object-oriented architecture of information technology provides the implementation of the process of designing a software product of the block structure.

***Keywords:* pattern recognition; contour analysis; geometric shape of the image; neural networks; unified modeling language.**
