

УДК 004.93:004.02

ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ ПОШУКУ ГРУП ІДЕНТИЧНИХ КЛАСИФІКАЦІЙ В БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИХ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМАХ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ

Захожай О.І., Лифар В.О., Батурін О.І.

THE DECISION MAKING BY THE FINDING OF GROUPS WITH IDENTICAL CLASSIFICATION IN MULTIPARAMETRIC COMBINED PATTERNS RECOGNITION SYSTEMS

Zakhzhay O., Lyfar V., Baturin O.

Багатопараметричні комбіновані системи розпізнавання образів дозволяють отримувати рішення на основі аналізу сукупності образів різної природи виникнення, що забезпечує достовірний результат за умови широкого діапазону змін вхідних даних, а також різного прояву завад і викривлень. Однак, наявність сукупності образів, може призводити до отримання неоднозначного результату, коли за різними образами отримується різна класифікація. Основні причини тому – не досить чіткий поділ класів, наявність викривлень відображення ознак об'єктів розпізнавання, неповний опис об'єктів, коли рішення приймається на основі часткової невизначеності. Таким чином, головною метою роботи є розробка методу прийняття рішень в багатопараметричних комбінованих системах розпізнавання образів, який дозволяє у будь-який момент часу визначати найдостовірніше рішення. Розроблений метод базується на тому, що в багатопараметричних комбінованих системах розпізнавання кожен образ характеризує один і той самий об'єкт розпізнавання. Згідно методу, визначаються групи образів, що вказують на ідентичну класифікацію, а надалі здійснюється ранжування цих груп за показниками кількості образів, що входять до кожної з них. В результаті ранжування визначається найдостовірніший результат обробки даних.

Ключові слова: системи розпізнавання образів, методи прийняття рішень, ранжування даних, достовірність розпізнавання, алгоритми обробки даних, інженерія програмного забезпечення, інформаційні технології.

Вступ.

Розпізнавання образів широко використовується в системах автоматизованої обробки даних та прийняття рішень, особливо у випадках, коли об'єкт, що підлягає аналізу, представляє собою складну систему для якої відсутня можливість створення математичної моделі або ця модель достатньо переускладнена та її практичне використання для обробки і прийняття рішень пов'язано зі значними труднощами [1-4].

Апарат розпізнавання образів широко використовується для реалізації управління за станом складних систем [1-3], що на сучасному етапі розвитку техніки і технологій є достатньо поширеним.

Незважаючи на досить стрімкий розвиток методів та інформаційних технологій обробки даних та прийняття рішень, зокрема на основі апарату розпізнавання образів, існує ряд проблем, які обмежують сферу та умови їхнього використання. Зокрема, одна з таких проблем викликана наявністю наступного протиріччя [5]. Намагання підвищити достовірність розпізнавання призводить до необхідності ускладнення алгоритмів обробки даних, використання алгоритмів бустингу, що, в свою чергу, призводить до збільшення часової складності процесу прийняття рішення. Таким чином, збільшується проміжок часу між отриманням вхідних даних та формуванням остаточного достовірного рішення. При цьому, слід зазначити, що несвоєчасне отримання рішення щодо розпізнавання значно знижує його достовірність для реалізації управлінських рішень.

Постійне ускладнення об'єктів інформатизації призводить до збільшення кількості даних, що підлягають обробці і, як наслідок, до ускладнення алгоритмів обробки. Крім цього, у випадку динамічності змін умов отримання вхідних даних та наявності різноманітних перешкод та викривлень, завдання обробки додатково ускладнюється за рахунок необхідності впровадження додаткових алгоритмів попередньої обробки даних, виділення перешкод та ін. Ці негативні аспекти призводять до того, що практичне впровадження систем обробки даних на основі інтелектуальних алгоритмів розпізнавання образів здійснюється для чітко обмежених умов зовнішнього середовища, рівня та динаміки зміни перешкод. Питання же побудови універсальних систем обробки даних на основі апарату розпізнавання образів,

які дозволяли би оперативно формувати достовірні рішення за широких змін умов спостереження за об'єктом інформатизації, залишається актуальним та остаточно не вирішеним.

Основні підходи щодо підвищення достовірності та оперативності прийняття рішень пов'язані зі спеціалізацією систем та обмеженням умов їхнього використання [6-9], а також збільшенням продуктивності апаратного забезпечення обчислювальних систем, що дозволяє певною мірою зменшити час обробки даних та підвищити оперативність прийняття рішень за умови зберігання достатнього рівня достовірності. Однак, необхідність використання більш продуктивних обчислювальних систем також звужує сферу можливого використання, так як накладає додаткові обмеження на автономність та компактність таких систем [5].

Виходячи з вищезгаданого можна зробити висновок, що подальше вдосконалення методів і алгоритмів обробки даних та прийняття рішень на основі апарату розпізнавання образів є актуальною науково технічною задачею, розв'язання якої дозволить підвищити якість функціонування систем автоматизованої обробки інформації різноманітного застосування.

Аналіз питання та постановка завдання.

На сьогодні, відомий достатньо широкий спектр методів прийняття рішень щодо класифікації в системах розпізнавання, починаючи з класичних підходів статистичних оцінок та використання асимптотичних вирішальних правил, що достатньо докладно знайшли своє обґрунтування в статистичній теорії Вапніка-Червоненкіса [1, 3, 4, 6]. Також була розроблена достатньо велика кількість методів аналізу даних різного характеру інформації, що надаються для прийняття рішень: детермінованих, імовірнісних, логічних та структурних. Такі методи докладно розглянуті у роботах [1, 3, 7, 9-13]. Аналіз цих методів вказує, що достовірність рішення щодо класифікації значною мірою залежить від кількості інформаційних ознак, які надаються для аналізу та прийняття рішення, а також рівня їхньої інформативності [14, 15].

Для розширення інформаційного поля ознак, за якими отримується рішення, Журавлевым Ю.І. були запропоновані комбіновані системи розпізнавання образів, в яких ознаки об'єктів розпізнавання можуть мати різний характер інформації: детерміновані, імовірнісні, логічні та структурні, для аналізу яких та прийняття рішення використовуються алгоритми обчислення оцінок, колективи вирішальних правил [16, 17] та ін. Однак, збільшення кількості інформаційних ознак, дозволяє певною мірою підвищити достовірність отримуваних рішень, але, при цьому виникає проблема на якій робився акцент раніше – підвищення часової складності аналізу даних та зниження оперативності прийняття рішення.

В ряді робіт, зокрема [2, 4, 5, 9, 14, 15] пропонується використання багатопараметричних комбінованих систем розпізнавання образів, де на відміну

від класичного підходу комбінованих систем, кожен об'єкт розпізнавання представляється не одним, а сукупністю образів, ознаки яких мають різну природу виникнення. Такий підхід дозволяє збільшити кількість інформаційних ознак, які мають різний характер і ступень впливу завад і перешкод, та отримувати достовірні рішення в широкому діапазоні змін умов спостереження за об'єктом розпізнавання. З метою мінімізації часової складності аналізу даних, а також зменшення помилок отримання рішень щодо класифікації, для таких систем запропоновано проводити селекцію інформативних ознак об'єкту розпізнавання та усунення від процесу прийняття рішень тих даних, які мають найбільший прояв викривлень та перешкод [2, 9, 15]. В цьому випадку, у відповідності до поточного стану спостереження об'єкту розпізнавання, селекція дозволяє усунути від аналізу менш інформативні дані та забезпечити прийняття рішення на основі меншої сукупності, але найбільш інформативних даних.

В багатопараметричних комбінованих системах розпізнавання образів існує два підходи до аналізу та прийняття рішення: спільний та роздільний аналіз інформаційних ознак [5, 18].

При спільному аналізі, отримана сукупність образів об'єкту розпізнавання поєднується у загальний образ і, надалі, обробка і прийняття рішення може здійснюватися будь-якими класичними методами. В цьому випадку, багатопараметрична система розпізнавання образів, фактично, зводиться до класичного опису комбінованих систем, але з розширеною сукупністю інформаційних ознак. Але, в цьому випадку, ускладнюється процес селекції інформаційних ознак, що негативно відбивається на часовій складності аналізу та прийняття рішення.

Усі переваги багатопараметричних комбінованих систем розпізнавання можна отримати у випадку використання роздільного аналізу [18], коли отримані образи об'єкту розпізнавання аналізуються окремо. В цьому випадку, селекція може бути здійснена на рівні виключення не окремих ознак, а найменш інформативних образів. Тобто, виключення неінформативного (за поточних умов спостереження) образу, автоматично призводить до виключення усієї відповідної сукупності ознак. Це значно спрощує алгоритм селекції та зменшує його часову складність. При цьому, для прийняття рішення щодо класифікації може бути використане одне з наступних вирішальних правил:

1) об'єкт розпізнавання відноситься до класу (з наявної сукупності апріорно визначених), до якого за одним з образів отримується мінімальна відстань;

2) об'єкт розпізнавання відноситься до визначеного класу, якщо за одним або декількома образами досягається значення відстані, яке не перевищує апріорно заданого;

3) об'єкт розпізнавання відноситься до того класу, з сукупності апріорно визначених, на який

вказує класифікація за більшістю образів з наявної сукупності.

Якщо мається хороша роз'єднувальність класів, задача прийняття рішення щодо класифікації вирішується достатньо просто, так як може бути отриманий однозначний результат, коли кожен образ з наявної сукупності буде вказувати на віднесення до одного й того самого класу. В цьому випадку, може бути використане перше вирішальне правило, яке дозволить отримати однозначний результат з високим ступенем достовірності. Але, на практиці, така ідеальна ситуація спостерігається не завжди, і обмеженість опису об'єкта розпізнавання, а також викривлення його характеристик, може призвести до того, що різні образи об'єкта розпізнавання будуть вказувати на класифікацією за декількома різними класами.

Таким чином, наведений аналіз вказує на достатньо актуальну задачу розробки нового методу прийняття рішень в багатопараметричних комбінованих системах розпізнавання, який дозволив би визначати найбільш достовірний результат класифікації у випадку слабкої роз'єднувальності класів, а також виникнення неоднозначного результату віднесення образів об'єкта розпізнавання до різних класів.

Вирішення задачі.

Для вирішення поставленої задачі, пропонується використання зваженого голосування коли об'єкт розпізнавання відноситься до визначеного класу в тому випадку, коли така класифікація підтверджується за більшістю образів. Тобто для кожного з m визначених класів визначається характеристика $N(C_m)$ яка відповідає кількості образів, що вказують на класифікацію об'єкта розпізнавання до цього класу. Остаточню об'єкт розпізнавання відноситься до того класу, для якого характеристика $N(C_m)$ має максимальне значення. На рисунку розроблений метод пошуку груп ідентичних класифікацій, в результаті якого отримується масив N результатів класифікації у вигляді

$$N = \begin{bmatrix} N(C_1) \\ N(C_2) \\ \dots \\ N(C_m) \end{bmatrix}, \quad (1)$$

де $N(C_1)-N(C_m)$ – характеристики кількості ідентичних класифікацій по кожному з m класів.

Згідно такого методу, спочатку здійснюється ініціалізація масиву N , кожен елемент якого буде відповідати кількості образів, за якими об'єкт розпізнавання відноситься до відповідного класу (тобто елементи характеризують $N(C_1) \dots N(C_m)$). Очевидно, що розмірність масиву N дорівнює кількості класів m за якими може бути здійснений розподіл. За умовчанням, кожному елементу масиву привласнюється початкове нульове значення.

Надалі, в процесі аналізу інформативних ознак об'єкта розпізнавання, характеристики $N(C_1)-N(C_m)$ будуть збільшуватися до шуканих значень. Таким чином, організовується цикл для перебирання усіх образів у багатопараметричній комбінованій системі розпізнавання, за якими здійснюється класифікація. В цьому циклі, у відповідності до отриманої класифікації за поточним образом, збільшується один з елементів масиву N , що відповідає обраному класу. Таким чином, після завершення циклу, кожен елемент N буде містити значення, що відповідає кількості образів, за якими об'єкт розпізнавання відноситься до відповідного класу з наявної сукупності C_m . Діапазон значень, які можуть приймати елементи масиву

$$N[i] \in [0; k], i = 1, 2, \dots, m, \quad (2)$$

де k – кількість образів об'єкта розпізнавання;

m – кількість передвизначених класів.

На основі отриманого масиву N , з використанням тривіального алгоритму пошуку максимального елемента, може бути знайдене остаточне рішення щодо класифікації, відповідно до критерія

$$P_k \in C_m, \max N(C_m). \quad (3)$$

Фактично, елементи масиву N характеризують ступень достовірності здійснення класифікації наданого об'єкта розпізнавання. Якщо в результаті використання алгоритму зворотного сортування N отримується масив N^S то його елементи будуть розміщатися у порядку зменшення достовірності відповідної класифікації

$$N^S = \begin{bmatrix} \max N(C_m) \\ \dots \\ \min N(C_m) \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Тобто, найбільш достовірне рішення щодо класифікації буде відповідати елементу $\max N(C_m)$, а найменш достовірне – елементу $\min N(C_m)$.

Особливий інтерес мають групи образів, що формують характеристики $N(C_m)$ (в методі представляються елементами масиву N). З погляду на те, що кількість образів, за якими об'єкт розпізнавання відноситься до визначеного класу, на пряму впливає на достовірність, то очевидно, що групи цих образів за характеристикою $N(C_m)$ ранжуються за ознакою інформативності. Тобто, образи, що входять у найчисельнішу групу, за поточних умов спостереження об'єкта розпізнавання мають найвищу інформативність. Таким чином, визначення характеристик $N(C_m)$ дозволяє вирішити додаткову задачу селекції образів за ознакою інформативності. У подальшому, образи, що утворюють групи з меншими характеристиками $N(C_m)$ та дають інші результати класифікації, можуть бути усунені від розпізнавання.

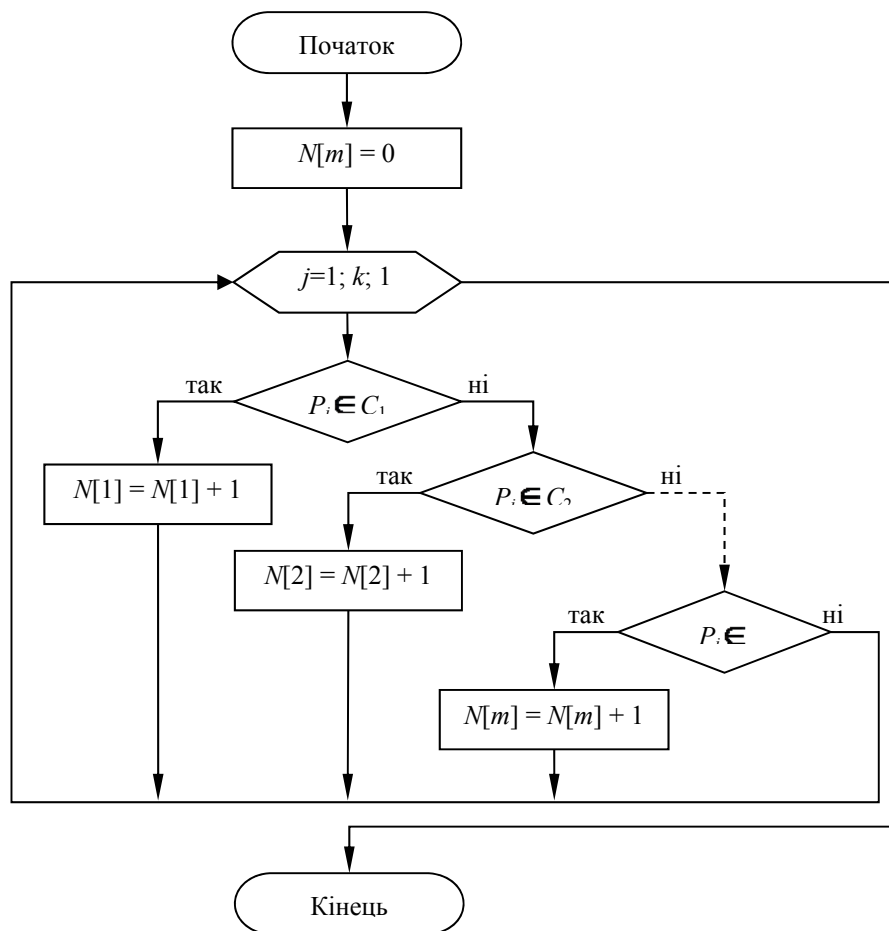


Рис. Ілюстрація методу пошуку груп ідентичних класифікацій

У випадку абсолютного розподілу класів, усі наявні образи дозволять віднести об'єкт розпізнавання до одного й того ж самого класу C_g . В цьому випадку буде досягнута максимальна достовірність розпізнавання. Критерій максимальної достовірності розпізнавання буде мати вигляд

$$D_{\max} \Leftrightarrow \begin{cases} \forall P_i \in \{P\}, P_i \in C_g, \\ N[g] = k, \\ \forall i \neq g, N[i] = 0, \end{cases} \quad (5)$$

де k – кількість образів, що описують об'єкт розпізнавання;

C_g – клас, відношення до якого вказують наявні образи об'єкта розпізнавання;

$N[g]$ – елемент масиву N груп ідентичних класифікацій, який характеризує кількість образів, що вказують на відношення об'єкта розпізнавання до класу C_g .

Однак, за реальних умов спостереження за об'єктом інформаційного процесу, критерій (5) є асимптотичним, так як на практиці часто має місце недостатній опис об'єкта розпізнавання, наявні викривлення відображення його характеристик у просторі образів, а також недосконалість систем реєстрації та вимірювання цих характеристик. Все це мо-

же призвести до неоднозначності класифікації. В цьому випадку, достовірність розпізнавання буде визначатися за умови

$$D \Leftrightarrow \begin{cases} \exists P_i \in \{P\}, P_i \in C_g, \\ N[g] < k, \\ \forall i \neq g, N[i] \neq 0. \end{cases} \quad (6)$$

В цьому випадку, найбільш достовірне рішення класифікації може бути знайдене за максимальним значенням характеристики $N(C_m)$ (максимального значення елемента масиву N розмірністю m).

Таким чином, за максимумом характеристики $N(C_m)$ приймається остаточне рішення щодо розпізнавання об'єкта інформаційного процесу, так як більшість образів, що описують об'єкт розпізнавання вказують саме на такий результат класифікації.

Якщо враховувати той факт, що кожній характеристиці $N(C_m)$ однозначно співставляється відповідна група образів з ідентичною класифікацією, то сортування N призводить до упорядкування груп образів з ідентичною класифікацією у відповідності до рівня достовірності розпізнавання.

Таким чином, на основі принципу роздільного аналізу інформаційних ознак, запропонований новий метод прийняття рішень в багатопараметричних комбінованих системах розпізнавання, який дозво-

ляє визначати найбільш достовірний результат класифікації у випадку слабкої роз'єднувальності класів, а також виникнення неоднозначного результату віднесення образів об'єкту розпізнавання до різних класів.

Запропонований метод може також бути використаний для апріорного визначення груп образів об'єкту розпізнавання, що за поточних умов спостереження, дозволяють отримати найдостовірніший результат класифікації. З цієї метою, під час синтезу інформаційної технології прийняття рішення на основі багатопараметричних комбінованих систем розпізнавання образів, за різних умов навколишнього середовища для об'єкта пред'являють репрезентативні образи. В результаті, для кожних умов спостереження, на основі експертної оцінки, визначаються характеристики $N(C_m)$, які відповідають достатньому рівню достовірності отриманого результату. Надалі, відповідно до (4) здійснюється ранжування груп образів за рівнем інформативності та фіксується, які групи образів більш інформативні за поточних умов, або менш інформативні. В подальшому у життєвому циклі системи, та з урахуванням наявних умов спостереження, менш інформативні групи образів усуваються від розпізнавання.

Таким чином, у будь-який момент часу процес розпізнавання базується на аналізі меншої кількості образів найбільш інформативних груп, що забезпечує зменшення часової складності аналізу та прийняття управлінських рішень, при одночасному збереженні високого рівня достовірності.

Розроблений метод прийняття рішення був використаний для побудови інформаційної технології обробки даних ультразвукового вимірювання лінійної відстані для засобів автоматики [19, 20]. В результаті було отримано значення статистичної достовірності розпізнавання на рівні 94,2% при одночасному зниженні часової складності аналізу даних на 18%.

Висновки.

Основні результати, представлені в статті, полягають в наступному.

1. Розроблений новий метод прийняття рішень в багатопараметричних комбінованих системах розпізнавання, який оснований на пошуку груп ідентичних класифікацій та дозволяє визначати найбільш достовірний результат класифікації у випадку слабкої роз'єднувальності класів, а також виникнення неоднозначного результату віднесення образів об'єкту розпізнавання до різних класів.

2. Запропонований метод був використаний для побудови інформаційної технології обробки даних ультразвукового вимірювання лінійної відстані для засобів автоматики, що дозволило забезпечити достатній рівень статистичної достовірності розпізнавання при одночасному зниженні часової складності аналізу даних та прийняття рішення.

3. В контексті подальшого напрямку досліджень, доцільним є розробка методу селекції інформативних образів на основі визначених груп образів з ідентичною класифікацією.

Література

1. Симанков В. С. Адаптивное управление сложными системами на основе теории распознавания образов: Монография (научное издание) / В.С. Симанков, Е.В. Луценко. – Краснодар: Техн. ун-т Кубан. гос. техн. ун-та, 1999. – 318 с.
2. Захожай О.І. Інформаційна технологія розпізнавання образів в задачах автоматизованої обробки інформації й управління складними системами / О.І. Захожай // Журнал «Проблеми інформаційних технологій», 2013. – № 01 (013). – С. 61-68.
3. Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний / Н.Г. Загоруйко. – Новосибирск: Изд-во Ин-та математики, 1999. – 270 с.
4. Рябенкий В.М. Комбіновані системи розпізнавання образів / В.М. Рябенкий, О.І. Захожай // Журнал «Проблеми інформаційних технологій», 2011. – С. 156-160.
5. Захожай О.І. Спільний аналіз інформаційних ознак у багатопараметричних комбінованих системах розпізнавання образів / О.І. Захожай // Електротехнічні та комп'ютерні системи, 2019. – № 27(103). – С. 78-86.
6. Цыпкин Я.З. Основы информационной теории идентификации. / Я.З. Цыпкин. – М.: Наука, 1984. – 520 с.
7. Горелик А.Л. Методы распознавания. Изд. 2. / А.Л. Горелик, В.А. Скрипкин. – М.: Высшая школа, 1984. – 219 с.
8. Дуда Р. Распознавание образов и анализ сцен: Пер. с англ. / Р. Дуда, П. Харт. – М.: Мир, 1978. – 510 с.
9. Захожай О.І. Селекція раціональної сукупності образів в комбінованих системах розпізнавання / О.І. Захожай // Електротехнічні та комп'ютерні системи, 2013. – № 09(85). – С. 186-192.
10. Кочетков Д.В. Распознающие алгоритмы, инвариантные относительно преобразований пространства признаков / Д.В. Кочетков // Распознавание, классификация, прогноз: Мат. методы и их применение. – М.: Наука, 1989. – Вып. 11. – С. 178-206.
11. Фу К. Структурные методы в распознавании образов: Пер. с англ. / К. Фу. – М.: Мир, 1977. – 320 с.
12. Васильев В.И. Распознающие системы: Справочник / В.И. Васильев. – К.: Наукова думка, 1983. – 230 с.
13. Ту Дж. Принципы распознавания образов: Пер. с англ. / Дж. Ту, Р. Гонсалес. – М.: Мир, 1978. – 410 с.
14. Захожай О.І. Спосіб розпізнавання образів / О.І. Захожай, О.С. Меньяйленко, П.І. Бідюк // Патент на корисну модель № 100078 МПК (2015.01) G06K 9/00; опубл. 10.07.2015, бюл. №13.
15. Захожай О.І. Критерії визначення інформативності та ранжування образів при прийнятті рішень в багатопараметричних комбінованих системах розпізнавання / О.І. Захожай // Електротехнічні та комп'ютерні системи, 2018. – № 27(103). – С. 196-204.
16. Журавлев Ю.И. Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические применения. / Ю.И. Журавлев, В.В. Рязанов, О.В. Сенько. – М.: Фазис, 2005. – 159 с.
17. Барабаш Ю.Л. Коллективные статистические решения при распознавании / Ю.Л. Барабаш. – М.: Радио и связь, 1983. – 224 с.
18. Захожай О.І. Концепція подальшого вдосконалення теоретико-методологічних основ синтезу інформаційних технологій автоматизованої обробки інформації і управління складними системами / О.І. Захожай // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2018. – №6(246). – С. 49-55.

19. Захожай О.І. Пристрій вимірювання відстані за допомогою ультразвуку / О.І. Захожай, О.С. Меньяйленко // Патент на корисну модель № 93963 МПК (2006.01) G01S 7/52, G01S 15/14; опубл. 27.10.2014, бюл. №20.
20. Меньяйленко О.С. Інформаційна технологія автоматизованої обробки даних в багатоканальних системах ультразвукового вимірювання / О.С. Меньяйленко, О.І. Захожай // Наукові вісті Національного університету України «Київський політехнічний інститут», 2014. – № 6(98). – С. 62-67.

References

1. Simankov V. S. Adoptive controlling of complex systems on theory of patterns recognition: Monography (scientific publication) / V. S. Simankov, E. V. Lutsenko. – Krasnodar: Techn. Univ. Kuban State Technol. Univ, 1999. – 318 p.
2. Zakhzhay O. I. Information technology of patterns recognition in tasks of automated information processing and complex systems controlling / O. I. Zakhzhay // Journal «Problems of information technologies», 2013. – № 01 (013). – P. 61-68.
3. Zagoruyko N. G. Applied methods of data and knowledge analysis / N. G. Zagoruyko. – Novosibirsk: Publ. Inst. of mathematics, 1999. – 270 p.
4. Ryabenskiy V. M. Combined systems of patterns recognition / V. M. Ryabenskiy, O. I. Zakhzhay // Journal «Problems of information technologies», 2011. – P. 156-160.
5. Zakhzhay O. I. Joint analysis of informational signs in multi-parametric combined patterns recognition systems / O. I. Zakhzhay // Electrotechnical and computer systems, 2019. – № 27(103). – P. 78-86.
6. Tsyppin Ya. Z. Base of information technology of identification. / Ya. Z. Tsyppin. – M.: Nauka, 1984. – 520 p.
7. Gorelik A. L. Recognition methods. Ed. 2. / A. L. Gorelik, V. A. Skripkin. – M.: Vyshaya shkola, 1984. – 219 p.
8. Duda R. Patterns recognition and scene analysis: Trans. from eng. / R. Duda, P. Hart. – M.: Mir, 1978. – 510 p.
9. Zakhzhay O. I. The rational aggregate selection of informative patterns in the combined recognition systems / O. I. Zakhzhay // Electrotechnical and computer systems, 2013. – 09(85). – P. 186-192.
10. Kochetkov D. V. Recognition algorithms that invariantly relatively signs space transformation / D. V. Kochetkov // Recognition, classification, forecast: Math. methods and their using. – M.: Nauka, 1989. – Ed. 11. – P. 178-206.
11. Fu K. Structure methods in patterns recognition: Trans. from eng. / K. Fu. – M.: Mir, 1977. – 320 p.
12. Vasilev V. I. Recognition systems: Directory / V. I. Vasilev. – K.: Naukova dumka, 1983. – 230 p.
13. Tu J. Principle of patterns recognition: Trans. from eng. / J. Tu, R. Gonzalez. – M.: Mir, 1978. – 410 p.
14. Zakhzhay O. I. Method of patterns recognition / O. I. Zakhzhay, O. S. Menyaylenko, P. S. Bidyuk // Patent of Ukraine 100078 IPC (2015.01) G06K 9/00; publ. 10.07.2015, bull. 13.
15. Zakhzhay O. I. Criteria for the determination of informativity and patterns ranking for making decisions in multiparametric combined recognition systems / O. I. Zakhzhay // Electrotechnical and computer systems, 2018. – 27(103). – P. 196-204.
16. Zhuravlyov Yu. I. Recognition. Mathematical methods. Program system. Practical using. / Yu. I. Zhuravlyov, V. V. Ryzanov, O. V. Senko. – M: Phasis, 2005. – 159 p.
17. Barabash Yu. L. Collective statistic solving in time recognition / Yu. L. Barabash. – M.: Radio i svyaz, 1983. – 224 p.
18. Zakhzhay O. I. The concept of improving the theoretical and methodological foundations of synthesis information technologies for automated information processing and complex systems controlling / O. I. Zakhzhay // Bulletin of Volodymyr Dahl East Ukrainian University, 2018. – № 6(246). – P. 49-55.
19. Zakhzhay O. I. Ultrasonic device for linear distance measurement / O. I. Zakhzhay, O. S. Menyaylenko // Patent of Ukraine 93963 IPC (2006.01) G01S 7/52, G01S 15/14; publ. 27.10.2014, bull. №20.
20. Menyaylenko O. S. The information technology of automated data processing in the multi-channel ultrasonic measurement systems / O. S. Menyaylenko, O. I. Zakhzhay // Research Bulletin of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", 2014. – № 6(98). – P. 62-67.

Захожай О.И., Лыфарь В.А., Батурин А.И. Принятие решений на основе поиска групп идентичных классификаций в многопараметрических комбинированных системах распознавания образов.

Многопараметрические комбинированные системы распознавания образов позволяют получать решения на основе анализа совокупности образов различной природы возникновения, что обеспечивает достоверный результат при условии широкого диапазона изменений входных данных, а также различного проявления помех и искажений. Однако, наличие совокупности образов, может приводить к получению неоднозначного результата, когда по разным образам получается различный результат классификации. Основные причины этого - недостаточно четкое разделение классов, наличие искажений отображения признаков объектов распознавания, неполное описание объектов, когда решение принимается на основе частичной неопределенности. Таким образом, главной целью работы является разработка метода принятия решений в многопараметрических комбинированных системах распознавания образов, который позволяет в любой момент времени принимать наиболее достоверное решение. Разработанный метод основан на том, что в многопараметрических комбинированных системах распознавания каждый образ характеризует один и тот же объект распознавания. В соответствии с методом, определяются группы образов, указывающие на идентичную классификацию, а в дальнейшем осуществляется ранжирование этих групп по показателям количества образов, входящих в каждую из них. В результате ранжирования определяется самый достоверный результат обработки данных.

Ключевые слова: системы распознавания образов, методы принятия решений, ранжирование данных, достоверность распознавания, алгоритмы обработки данных, инженерия программного обеспечения, информационные технологии.

Zakhzhay O., Lyfar V., Baturin O. The decision making by the finding of groups with identical classification in multiparametric combined patterns recognition systems.

Multiparameter combined pattern recognition systems make it possible to obtain solutions based on the analysis of a patterns set of different nature of occurrence. This provides reliable results under the condition of a wide range of changes in input data, and the different manifestations of interference and distortion. However, the presence of a set of patterns can lead to an ambiguous result, when a different classification

result is obtained for different patterns. The main reasons for this are the insufficiently clear separation of classes, the presence of distortions in the display of the recognition objects signs, the incomplete description of objects when the decision is made on the basis of partial uncertainty. Thus, the main purpose of the work is to develop a decision-making method in multiparameter combined pattern recognition systems, which allows to make the most reliable decision at any time. The developed method is based on the fact that in multiparameter combined recognition systems any pattern characterizes the same recognition object. In accordance with the method, groups of patterns that indicate an identical classification are determined, and then these groups are ranked according to the number of patterns included in each of them. As a result of ranking, the most reliable result of data processing is determined.

Keywords: systems of patterns recognition, decision making methods, data ranking, recognition reliability, data processing algorithms, software engineering, information technologies.

Захожай О.І. – к.т.н., доцент, доцент кафедри програмування та математики Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, e-mail: zakhozhay.oleg@gmail.com

Лифар В.О. – д.т.н., доцент, завідувач кафедри програмування та математики Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, e-mail: lyfarva61@ukr.net

Батурін О.І. – старший викладач кафедри програмування та математики Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, e-mail: aibaturin1973@gmail.com

Рецензент: д.т.н., проф. **Соколов В.І.**

Стаття подана 22.03.2019