

УДК 004.93'1

О. І. Захожай, канд. техн. наук

СЕЛЕКЦІЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СУКУПНОСТІ ІНФОРМАТИВНИХ ОБРАЗІВ В КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМАХ РОЗПІЗНАВАННЯ

Розглянуто селекцію раціональної сукупності інформативних образів з урахуванням умов спостереження за об'єктом. Селекція здійснюється у напрямку усунення інформаційних образів об'єкта розпізнавання, що малоінформативні у поточних умовах спостереження. Запропоновано критерії селекції інформативних образів направлені на зниження кількості інформації, що надається для розпізнавання. Використання цих критеріїв дає змогу знизити часову складність процесу класифікації.

Ключові слова: комбінована система розпізнавання образів, критерії селекції образів, зниження часової складності класифікації образів, зміна умов спостереження об'єкта розпізнавання, мінімізація евклідової відстані

О. І. Zakhogay, PhD

THE RATIONAL AGGREGATE SELECTION OF INFORMATIVE PATTERNS IN THE COMBINED RECOGNITION SYSTEMS

Considered the question of rational aggregate selection of informative patterns for different conditions of object observing. A selection comes true in the direction of informative patterns exception for object of recognition. These patterns have a small informing in the current terms of supervision. The offered criteria of informing characters selection has direction to the decline information content, which given for recognition. The application of the selection criterions allows you to reduce the time complexity of the classification process.

Keywords: the combined system of patterns recognition, criterion of patterns selection, reduction of time complexity of the patterns classification, terms of supervision changing for recognition objects, euclid distance minimization

О. И. Захожай, канд. техн. наук

СЕЛЕКЦІЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СОВОКУПНОСТІ ІНФОРМАТИВНИХ ОБРАЗІВ В КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМАХ РОЗПІЗНАВАННЯ

Рассмотрена селекция рациональной совокупности информативных образов с учетом условий наблюдения за объектом. Селекция осуществляется в направлении исключения информационных образов объекта распознавания, которые малоэффективны при текущих условиях наблюдения. Предложенные критерии селекции информативных образов направлены на снижение количества информации, которая подается для распознавания. Применение предложенных критериев селекции позволяет снизить временную сложность процесса классификации.

Ключевые слова: комбинированная система распознавания образов, критерий селекции образов, снижение временной сложности классификации образов, изменение условий наблюдения объекта распознавания, минимизация евклидоваго расстояния

Вступ

На сьогодні, широке використання систем розпізнавання образів пов'язане з ростом складності, багатокритеріальності і стохастизму об'єктів інформатизації. Використання традиційної концепції обробки інформації, що включає побудову математичної моделі, розробку алгоритму і проведення розрахунків, ускладнюється внаслідок збільшення часової складності процесу аналізу, або значного ускладнення математичної моделі [1–3].

У деяких випадках створення повної моделі, що відповідає поставленій задачі, стає зовсім неможливим. В таких умовах використання апарату розпізнавання образів, що базується на неповному описі об'єктів, стає

доцільним і дає змогу здійснити класифікацію при одночасному зниженні часової складності цього процесу [2–4].

Точність і часова складність, як основні складові, що визначають ефективність функціонування систем розпізнавання, знаходяться в істотній залежності від сукупності інформативних ознак, за якими здійснюється класифікація. В загальному плані, підвищення точності розпізнавання залежить від розміру прецедентної вибірки і кількості обраних класифікуючих ознак [5]. Проте при зміні умов спостереження об'єкта (що часто має місце у системах розпізнавання) отримання точної класифікації ускладнюється [6]. Так якщо розпізнаванню підлягає, наприклад,

© Захожай О.І., 2013

тип транспортного засобу, то в умовах гарної відимості для класифікації може бути використаний візуальний образ, але у випадку поганої відимості, розпізнавання за візуальними характеристиками ускладнюється.

Відомо, що для підвищення ефективності розпізнавання широко використовують спеціальні алгоритми бустінгу [6], комбінації алгоритмів [6,7]. Проте, ускладнення алгоритмічного забезпечення призводить до зростання часової складності процесу розпізнавання, але не завжди дає змогу значно підвищити ефективність класифікації в різних умовах спостереження за об'єктом.

В роботах [8–10] для підвищення ефективності розпізнавання, у тому числі при зміні умов спостереження об'єкта, пропонується використання комбінованих систем розпізнавання образів (КСРО). В таких системах для розпізнавання використовуються декілька інформаційних потоків, які дозволяють оперувати з сукупністю образів одного об'єкта, проте ознаки цих образів повинні мати різну природу виникнення і, як наслідок, мати малий взаємний вплив. При цьому бажано, щоб інформативні ознаки образів були інваріантні до зовнішніх впливів і перешкод, що дасть змогу отримати точну класифікацію за умови наявності фону завад і викривлень.

В КСРО один образ (або сукупність образів) дають кращий результат класифікації за одних умов, а інші – за других. Крім цього, додаткові образи можуть бути використані для остаточного уточнення результату класифікації.

Крім вказаних переваг КСРО існує і один з основних недоліків – значне збільшення кількості ознак об'єкта розпізнавання. В цьому випадку стає актуальним питання селекції раціональної сукупності образів з метою забезпечення точної класифікації і одночасного зниження часової складності процесу розпізнавання. Для побудови алгоритмів селекції необхідно визначити критерій, або систему критеріїв, що дозволило би визначити сукупність образів для

розпізнавання об'єкта у поточних умовах спостереження.

Аналіз питання і постановка задачі

Використання КСРО, насамперед, пов'язане зі збільшенням інформаційного простору аналізу, оскільки задіяні декілька образів для розпізнавання одного об'єкта. Все це може позитивно вплинути на точність класифікації, але ж однозначно буде збільшена часова складність процесу аналізу інформативних ознак. При цьому деякі образи, за різних умов спостереження можуть бути малоефективні або зовсім не ефективні для отримання точної класифікації. Тому критерії селекції образів мають дати змогу для поточних умов спостереження за об'єктом виключити незначущі або малозначущі образи, що зменшить інформаційне поле аналізу і позитивно вплине на часову складність процесу класифікації.

Відомі різноманітні підходи до аналізу інформативності ознак образів. Серед них можна виділити п'ять основних груп на основі:

- дискретних методів пошуку в навчальній виборці інформативної зони [11];
- методів кластеризації [12];
- припущення про нормальність розподілу об'єктів у кластерах [13];
- теоретико-інформаційного поняття ентропії [14];
- непараметричних оцінок щільностей [15].

Проте наведені вище методи направлені на визначення інформативності сукупності інформаційних ознак образів, але в КСРО, з погляду на те, що кожен об'єкт представляється сукупністю образів, стає необхідним визначення критеріїв селекції інформативних образів. Це дозволить виключати одразу групи найменш інформативних ознак, що відповідають усуненому від класифікації образу. Все це позитивно вплине не тільки на точність класифікації, але і на часову складність аналізу. Таким чином, можна відзначити, що розроблення нових критеріїв селекції інформативних образів в комбінованих системах розпізнавання є актуальною науково-технічною задачею.

Рішення задачі

Відповідно до вищесказаного, в КСРО для класифікації об'єкта за кожним з наперед визначених класів може використовуватись або уся сукупність образів, або визначена сукупність, яка у поточних умовах спостереження дозволяє отримати кращий результат. Інші образи, що не входять до класифікаційної вибірки можуть бути або використані, за умови необхідності уточнення результату класифікації, або усунені від аналізу.

Припустимо, що у деякому просторі Ω існує сукупність образів P_1-P_n , що описують об'єкт розпізнавання. Ці образи мають різну природу походження і, відповідно, малу коваріацію між їхніми ознаками. На рис. 1 наведено абстрактну структуру цієї сукупності образів об'єкту розпізнавання. Априорі відомо, що виходячи з основної концепції комбінованих систем розпізнавання, усі образи характеризують один об'єкт, який підлягає класифікації. Проте з урахуванням поточних умов спостереження за об'єктами кожен з образів дозволяє віднести об'єкт розпізнавання до наперед визначеного класу з різною вірогідністю. До того ж у різних умовах отримання інформаційних ознак, вірогідність одержання точної класифікації за кожним з образів буде відрізнятися. Так, у розглянутому вище прикладі розпізнавання типу транспорту вірогідність точної класифікації за візуальним образом буде більшою за умови якісного відображення об'єкта, і меншою за наявності значного рівня перешкод і викривлень. Відповідно до цього, можна зробити висновок, що один і той же образ за одних умов спостереження може бути використаний для аналізу, а з інших – виключений.

Для визначення раціональної сукупності образів для розпізнавання необхідно обрати деяку критеріальну характеристику, яка дозволила б здійснити розподіл. На рис. 1 така характеристика схематично представлена контуром G .

Характеристика G дає змогу здійснити розподіл наявної сукупності образів за такими принципами. У випадку строгого розподілу визначається дві сукупності:

1) $C_{inf}=\{P_5, P_4, P_7, P_8\}$ – образи що перебувають у визначеній області G і відповідають визначеному критерію;

2) $C_{ninf}=\{P_1, P_2, P_3, P_6, P_9, P_{10-P_n}\}$ – образи, що не відповідають визначеному критерію.

Для здійснення класифікації використовується перша сукупність, яка повністю відповідає критерію. Друга сукупність є неінформативною (або малоінформативною) і може не застосовуватись для аналізу.

У випадку нестроого розподілу може бути визначено три групи образів:

1) $C_{inf}=\{P_5, P_4, P_7, P_8\}$ – вищезазначена сукупність образів, що повністю відповідають обраному критерію G ;

2) $C_{yinf}=\{P_1, P_2, P_3, P_6, P_9\}$ – образи, які лежать на межі критеріальної характеристики G ;

3) $C_{ninf}'=\{P_{10-P_n}\}$ – образи, що розташовані за межами обраної критеріальної характеристики G .

Серед визначених трьох груп, перша є найбільш інформативною і використовується для класифікації. Друга група, хоч і менш інформативна, але може бути використана для додаткового уточнення результатів класифікації. Це дозволяє ввести додаткову логічну семантику в процес розпізнавання. Третя група найменш інформативна і для розпізнавання не застосовується.

Виходячи з того, що в КСРО n образів характеризують деякий об'єкт, очевидно, що кожен з цих образів дає змогу здійснити класифікацію за одним і тим же класом. Таким чином, ефективність використання певного образу для класифікації може бути визначена через введення спеціальної метрики, яка буде відображенням шуканого критерію селекції. Як таку метрику пропонується використати принцип мінімуму відстані. Тоді, доцільність включення кожного образу до однієї з селекційних груп буде визначатися за значенням метрики.

Припустимо, що мається сукупність n інформаційних образів P_1-P_n , при чому $\{P\} \in \Omega$ (де Ω – деякий евклідовий простір). Крім цього, заданий клас характеризується репрезентативним образом P^R (рис. 2).

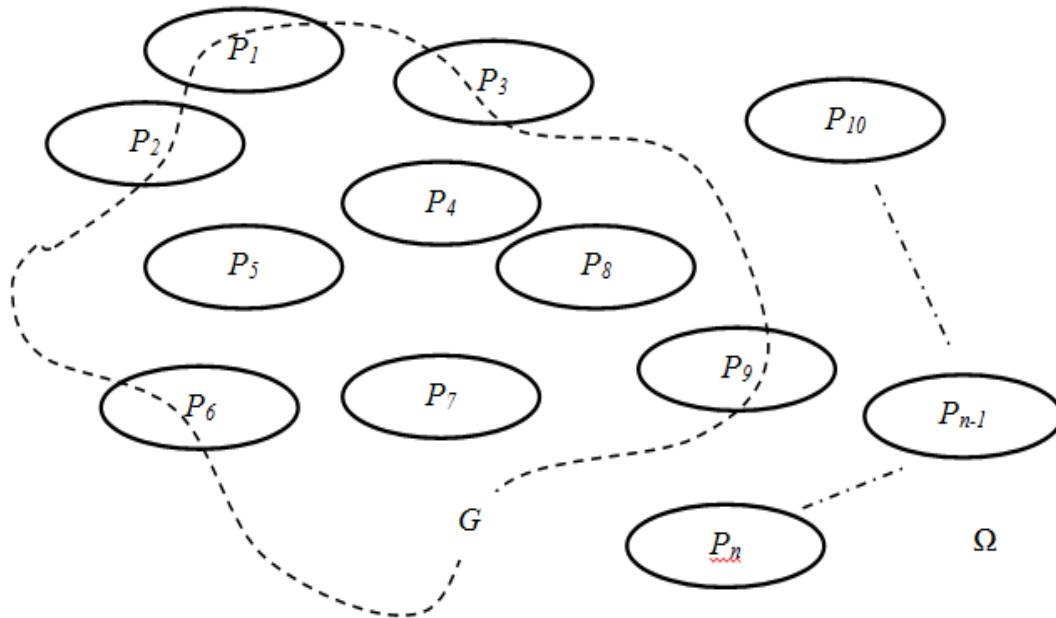


Рис. 1. Розподіл сукупності образів критеріальною характеристикою G

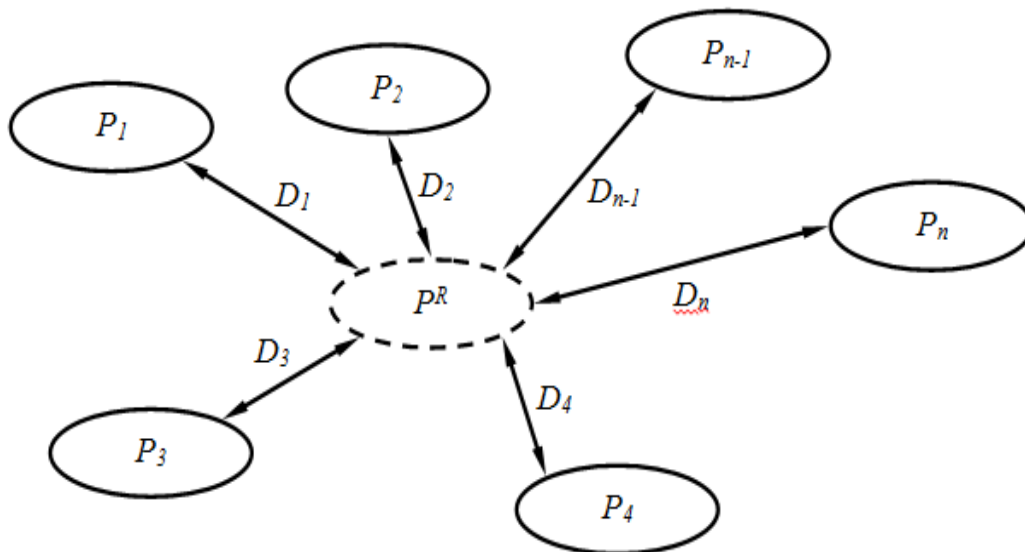


Рис. 2. Визначення метрики для наперед визначених образів

Відносно репрезентативного образу для кожного з n наперед визначених образів можна визначити метрику D_n , як проілюстровано на рис.1.

Характеристика відстані для кожного з n образів може бути розрахована наступним чином:

$$D_n = \|P_n - P^R\| = \sqrt{(P_n - P^R)'(P_n - P^R)}, \quad (1)$$

де D_n – характеристика відстані для n -го образу об'єкта.

Залежність (1) для зручності можна записати так:

$$\begin{aligned} D_n^2 &= (P_n - P^R)'(P_n - P^R) = \\ &= P_n' P_n - 2P_n' P^R + P_n' P^R = \\ &= P_n' P_n - 2\left(P_n' P^R - \frac{1}{2} P^R' P^R\right). \end{aligned} \quad (2)$$

Відповідно до отриманої залежності (2), вибрати раціональну сукупність образів для класифікації можна за мінімальним значенням відстані D_n . При чому, слід зазначити, що мінімальне значення метрики буде визначатися максимальним від'ємником залежності (2)

$$D_n \sim P_n' P^R - \frac{1}{2} P^R' P^R. \quad (3)$$

Ті образи що не відповідають заданій нормі відстані, можуть бути не задіяні для розпізнавання.

Тоді визначення критерію G зводиться до визначення D_R – максимально припустимої відстані образів від репрезентативного образу P^R . В цьому випадку віднесення образу до раціональної сукупності буде здійснюватися за умови

$$D_n \leq D_R. \quad (4)$$

На основі вищевикладеного, критерій строгої селекції образів між двома розподілами $C_{інф}$ і $C_{нінф}$ буде визначатися наступним чином:

$$\forall P_n \in C_{інф} \Leftrightarrow D_n \leq D_R, \quad (5)$$

$$\forall P_n \in C_{нінф} \Leftrightarrow D_n > D_R. \quad (6)$$

Для здійснення нестрогої селекції між розподілами $C_{інф}$, $C_{уінф}$, $C_{нінф}$ необхідно додатково визначити норму допуску ΔD_R для умовно інформативної сукупності образів $C_{уінф}$. Тоді критерій нестрогої селекції образів між розподілами $C_{інф}$, $C_{уінф}$ і $C_{нінф}$ буде мати вигляд

$$\forall P_n \in C_{інф} \Leftrightarrow D_n < (D_R - \Delta D_R), \quad (7)$$

$$\begin{aligned} &\forall P_n \in C_{уінф} \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow (D_R - \Delta D_R) \leq D_n \leq (D_R + \Delta D_R), \quad (8) \end{aligned}$$

$$\forall P_n \in C_{нінф} \Leftrightarrow D_n > (D_R + \Delta D_R). \quad (9)$$

Запропоновані технічні рішення було використано для аналізу температурного режиму коксових печей [16]. Використання КСРО дозволило отримати інформацію про просторовий розподіл температури коксового пірога, визначити зони його локального перегріву і недогріву, а також додатково здійснювати контроль стану коксової печі і визначення динаміки розвитку дефектів.

В якості критерію оцінки достовірності розпізнавання було використано статистичну достовірність, яка істотним образом залежить від складності розпізнавання і репрезентативності образів.

$$D = F(S, N), \quad (10)$$

де S – складність розпізнавання; N – обсяг вибірки.

Для визначення статистичної достовірності було проведено серію експериментів, що дозволило визначити кількісні показники достовірності як:

$$D = \frac{N_{cor}}{N_{com}}, \quad (11)$$

де N_{cor} і N_{com} – кількість коректно розпізнаних образів і загальна кількість, відповідно.

Таким чином, використання КСРО дозволило отримати статистичну достовірність 0,96 (на 0,14 більшу ніж базовий метод розпізнавання на основі термограм). При цьому, використання селекції образів дозволило на 12% знизити часову складність процесу розпізнавання.

Висновки

Таким чином, відповідно до вищевикладеного, можна зробити такі висновки.

1. Для зниження часової складності класифікації у різних умовах спостереження за об'єктом, в КСРО необхідна селекція раціональної сукупності образів. З цією метою запропоновані критерії, що дають змогу зробити розподіл образів і визначити їхню раціональну сукупність.

2. Використання запропонованих критеріїв селекції раціональної сукупності образів у КСРО дозволяє зменшити кількість даних, що аналізуються для класифікації. Це позитивно впливає на часову складність процесу розпізнавання.

2. Використання запропонованих критеріїв дозволяє усунути менш значущі інформаційні ознаки, що негативно не впливає на точність класифікації.

3. Недоліком запропонованого критерію є необхідність визначення репрезентативного образу, що на практиці часто пов'язано з істотними складнощами. Для усунення зазначеного недоліку можуть бути використані критерії, що ґрунтуються на кластеризації. Таким чином, у випадку великої кількості наявних образів більш доцільна кластеризація, а при невеликій кількості – критерій мінімальної відстані.

Список використаної літератури

1. Журавлев, Ю. И. Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические применения / Ю. И. Журавлев, В. В. Рязанов, О. В. Сенько. – М. : Фазис, – 2005. – 159 с.

2. Симанков, В. С. Адаптивное управление сложными системами на основе теории распознавания образов: Монография / В. С. Симанков, Е. В. Луценко. – Краснодар : Технологический университет Кубанского государственного технологического университета, 1999. – 318 с.

3. Feldman, J. Perceptual grouping by selection of a logically minimal model / J. Feldman, // Int. J. Computer Vision. – 2003. – Vol. 55. – No. 1. – P. 5 – 25.

4. Anil K. Jain Statistical Pattern Recognition / K. Anil Jain, P. W. Rodert Duin, Mao Ji-anhang // IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence. – 2007. – Vol. 22. – No. 1. – P. 4 – 37.

6. Kohavi, E. An Empirical Comparison of Voting Classification Algorithms: Bagging / E. Kohavi, R. Kohavi // Boosting and Variants, Machine Learning. – 2009. – Vol. 36. – P. 495 – 498.

7. Yin, X. C. Feature combination using boosting / X. C. Yin, C. P. Liu // PRL. 2005. – No. 14. – P. 2195 – 2205.

8. Baykut, A. Towards Automated Classifier Combination for Pattern Recognition / Alper Baykut, Aytul Ercil // IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2008. – Vol. 23. – No. 3. – P. 214 – 224.

9. Zakhzhay, O. Combined Systems of Patterns Recognition / O. Zakhzhay, Yu. Paerand // Measurement and control in complex systems. – 2012. – P. 241 – 242.

10. Рябенький, В. М. Комбіновані системи розпізнавання образів / В. М. Рябенький, О. І. Захожай // Проблеми інформаційних технологій. – 2011. – № 01(009). – С. 156–160.

11. Захожай, О. І. Основні аспекти структурної організації комбінованих систем розпізнавання образів / О. І. Захожай, Ю. Е. Паеранд // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2012. – №1(44). – С.221 – 225.

12. Журавлев, Ю. И. Распознавание образов и анализ изображений / Ю. И. Журавлев, И. Б. Гуревич // Искусственный интеллект: Модели и методы. – М. : Радио и связь. – 1990. – 190 с.

13. Воронцов, К. В. Обзор современных исследований по проблеме качества обучения алгоритмов / К. В. Воронцов // Таврический вестник информатики и математики. – 2004. – № 1. – С. 5 – 24.

14. Шурыгин, А. М. Статистический кластер-алгоритм / А. М. Шурыгин // Математические методы распознавания образов. – 2007. – С. 241 – 242.

15. Перегудов, Ф. И. Введение в системный анализ / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко – М. : Высшая школа. – 2001. – 396 с.

16. Янковская, А. Е. О применении множеств к задаче вычисления весовых коэффициентов признаков в интеллектуальных распознающих системах / А. Е. Янковская, С. И. Колесникова // Искусственный интеллект. – 2004. – № 2. – С. 216 – 220.

17. Захожай, О. І. Інформаційна технологія розпізнавання образів при аналізі температурного режиму коксових печей // Труды 10-й международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии – 2009». – 2009. – С.77.

Отримано 20.02.2013

References

1. Juravlev, Yu.I. Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические применения / Yu.I. Juravlev, V.V. Ryazanov, O.V. Senko – Moscow : Phazis, – 2005. – 159 p. [in Russian].

2. Simankov, V. S. Адаптивное управление сложными системами на основе теории распознавания образов: Monograph / V. S., Simankov, E.V. Lucenko – Krasnodar : Technological University of Kuban State Technological University, 1999. – 318 p [in Russian].

3. Feldman, J. Perceptual grouping by selection of a logically minimal model / J. Feldman // Int. J. Computer Vision. – 2003. – Vol. 55. – No. 1. – P. 5 – 25 [in English].

4. Ward, A. Statistical shape modeling using MDL incorporating shape, appearance, and expert knowledge / A. Ward, Gh. Hamarneh // Lecture Notes in Computer Science, Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI). – 2007. – P. 278 – 285 [in English].

5. Anil, K. Jain Statistical Pattern Recognition / K. Jain Anil, P.W. Rodert Duin, Mao Ji-anchang // IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence. 2007. – Vol. 22. – No. 1. – P. 4 – 37 [in English].

6. Kohavi, E. An Empirical Comparison of Voting Classification Algorithms: Bagging / E. Kohavi, R. Kohavi // Boosting and Variants, Machine Learning. – 2009. – Vol. 36. – P. 495 – 498 [in English].

7. Yin, X.C. Feature combination using boosting. PRL. / X.C Yin, X.C. Yin, C.P. Liu. – 2005. – No.14. – P. 2195 – 2205 [in English].

8. Alper Baykut. Towards Automated Classifier Combination for Pattern Recognition / Alper Baykut, Aytul Ercil // IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2008. – Vol. 23. – No. 3. – P. 214 – 224 [in English].

9. Zakhzhay, O. Combined Systems of Patterns Recognition / O. Zakhzhay, Yu. Paerand // Measurement and control in complex systems. – 2012. – P. 241 – 242 [in English].

10. Ryabenkiy, V. M. Комбіновані системи розпізнавання образів / V. M. Ryabenkiy O. I. Zakhzhay // Problems of information technologies. – 2011. – № 01(009). – P.156–160 [in Ukrainian].

11. Zakhzhay, O. I. Основні аспекти структурної організації комбінованих систем розпізнавання образів / O. I. Zakhzhay, Yu. E Paerand // Vestnik of Kherson National Technical University. – 2012. – №1(44). – P.221 – 225 [in Ukrainian].

12. Juravlev, Yu.I. Распознавание образов и анализ изображений. Artificial intelligence: Models and methods / Yu.I., Juravlev, I.B. Gurevich – Moscow : Radio and communication. – 1990. – 190 p [in Russian].

13. Vorontsov, S.V. Обзор современных исследований по проблеме качества обучения алгоритмов / S.V Vorontsov // Tavria Vestnik of informatics and mathematic. – 2004. – № 1. – С. 5 – 24 [in Russian].

14. Shurigin, A. M. Статистический кластер-алгоритм / A. M. Shurigin // Mathematic methods of patterns recognition. – 2007. – P. 241 – 242 [in Russian].

15. Peregudov, F. I. Введение в системный анализ / F. I. Peregudov, F. P. Teresenko – Moscow : High school. – 2001. – 396 p. [in Russian].

16. Yankovskaya, A. E. О применении мультимножеств к задаче вычисления весовых коэффициентов признаков в интеллектуальных распознающих системах. Artificial intelligence / A. E Yankovskaya, S. I Kolesnikova – 2004. – № 2. – P. 216 – 220 [in Russian].

17. Zakhzhay, O. I. Інформаційна технологія розпізнавання образів при аналізі температурного режиму коксових печей / O. I. Zakhzhay // Proceeding of Xth international scientific-practical conference “Modern information and electronic technologies – 2009”. – 2009. – 77 p. [in Ukrainian].



Захожай Олег Ігорович,
к.т.н., доц., Донбаського
державного технічн. ун-та,
проспект Леніна, 16, Ал-
чевськ, Україна, 94204,
тел. +380 6442 20202.
e-mail: zoi@bk.ru