

УДК 681.518:004.93.1

I. O. Марченко¹
 С. O. Петров¹
 Н. В. Лисак²

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КОЛЬОРОВОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТА НА ОПЕРАТИВНІСТЬ РОБОТИ АЛГОРИТМУ ВІОЛІ–ДЖОНСА НА ПРИКЛАДІ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ОБЛИЧ

¹Сумський державний університет;

²Вінницький національний технічний університет

Досліджено вплив кольорової характеристики шкіри людини в задачі локалізації зображення обличчя з використанням алгоритму Віолі–Джонса. Запропоновано підхід підвищення оперативності його роботи та зменшення геометричних параметрів результатів локалізації за рахунок застосування додаткового параметра — коефіцієнта густини шкіри. На навчальній вибірці з 13225 зображень, застосовуючи ітераційну процедуру, визначено оптимальне значення цього коефіцієнта, та отримано усереднені оцінки ефективності зменшення геометричних параметрів вікна локалізованого зображення, що значною мірою впливають на проблему зберігання зображення та подальше розпізнавання.

Ключові слова: алгоритм Віолі–Джонса, локалізація зображення, коефіцієнт густини шкіри, оптимізація геометричних параметрів вікна розпізнавання.

Вступ

Локалізація об'єкта на зображенні є однією з ключових задач комп'ютерного зору. Природна складність цієї задачі підкреслюється необхідністю попереднього налаштування або навчання системи; апріорною невизначеністю вхідного математичного опису та вхідних даних; різноманітністю об'єктів локалізації, наявністю ресурсних обмежень, та неінваріантністю вхідних даних відносно зсуву, повороту та зміни масштабу. На рис. 1 показано перелік найвикористовуваніших алгоритмів локалізації об'єктів на зображенні, згрупованих за методом обробки вхідних даних.



Рис. 1. Алгоритми комп'ютерного зору

Алгоритми групи 2 характеризуються значними часовими затратами на обробку вхідних зображень, що обмежує коло практичних застосувань. Як суттєвий недолік алгоритмів 3-ї групи можна зазначити відсутність фактичного етапу навчання системи, що не дозволяє проводити її калібрування для локалізації специфічних об'єктів. Застосування алгоритмів з групи 4 не є доцільним через складність визначення апостеріорної достовірності результатів їх роботи. Недоліки алгоритмів 5-ї групи проявляються при геометричних та радіометричних відхиленнях зображень від еталонних. Значне зниження кореляції спостерігається при поворотах зображень. Значної перевагою алгоритмів 1 групи, у порівнянні з іншими, є можливість врахування як структурних особливостей зображення, так і його морфологічних характеристик.

Виходячи з проведеного аналізу та виявлених недоліків існуючих алгоритмів, перспективним підходом можна вважати метод Віоли–Джонса [1]. Цей алгоритм широко застосовується [2–4], при цьому вплив окремих параметрів, таких як чутливість до модифікації вхідного зображення, зміна яскравості, контрасту, ще недостатньо вивчений [5]. Тому, *метою роботи* є підвищення швидкості роботи алгоритму Віоли–Джонса шляхом визначення та оптимізації колірної характеристики об'єкта в межах вікна сканування.

Постановка задачі дослідження

Однією з характеристик об'єкта є його колір. Використовуючи колірну характеристику об'єкта можливо провести його локалізацію, незважаючи на деформації, викликані поворотом, масштабуванням, обертанням та частковим перекриттям. Якщо в якості об'єкта локалізації вибрати обличчя, то його можна локалізувати, ігноруючи поворот та нахил, а в якості його колірної характеристики використовується колір шкіри людини. Окрім цього, можна використовувати колірну характеристику як один із етапів алгоритму Віоли–Джонса для зменшення кількості операцій шляхом зменшення кількості можливих позицій обличчя.

Типовий метод для визначення належності пікселя до множини кольорів, що характеризують шкіру, є перевірка його належності до певного, заздалегідь визначеного діапазону кольорів. Більш досконалі методи побудовані на нейронних мережах [6], байєсовському класифікаторі [7], максимальній ентропії [8], *k-means* кластеризації [9]. Виконуючи класифікацію пікселів слід враховувати той факт, що досконаліші методи складніші у використанні. Серед запропонованих методів найменш ресурсоемним є тривіальна перевірка належності кольору до заданого діапазону.

При класифікації пікселів можна виділити такі проблеми (рис. 2):

- колір шкіри значною мірою залежить від освітленості об'єкта на зображенні;
- багато об'єктів в реальному світі можуть мати колір, подібний до кольору шкіри;
- кольори шкіри відрізняються між людськими расами, навіть між людьми одного етнічного походження [10].

Розглянемо алгоритм класифікації пікселів на основі їх належності до певних діапазонів. Цей алгоритм подамо у вигляді системи співвідношень [8]

$$\begin{cases} R > 95 \wedge G > 40 \wedge B > 20; \\ \text{MAX}(R, G, B) - \text{MIN}(R, G, B) > 15; \\ |R - G| > 15; \\ R > G \wedge R > B, \end{cases}$$

де R, G, B — відповідні компоненти кольору в моделі RGB , задані відповідно до COLORREF.

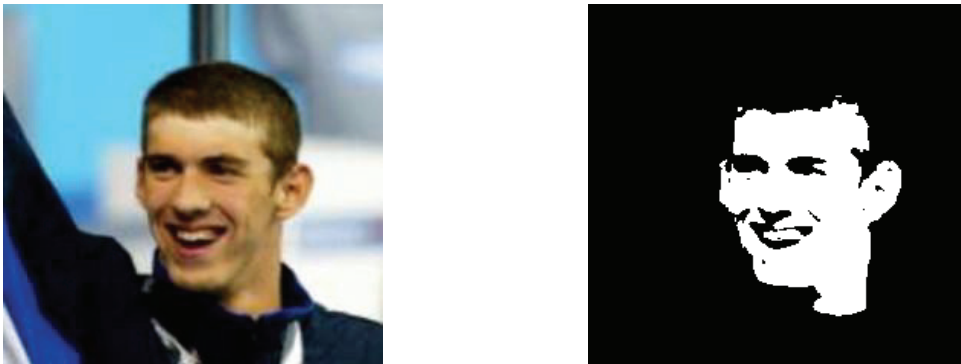


Рис. 2. Виділення фрагментів зображення, що містять пікселі шкіри

Для зменшення кількості операцій при обробці зображення за допомогою алгоритму Віоли–Джонса використовується колірна характеристика зображення. Відкидаючи позиції вікна, в яких гарантовано відсутній шуканий об’єкт, робиться висновок про наявність об’єкта в цій позиції ще до обробки її за допомогою каскадів Хаара. Таким чином зменшується кількість складних операцій, що позитивно позначиться на швидкості роботи алгоритму.

Модифікація базового алгоритму показана на рис. 3.

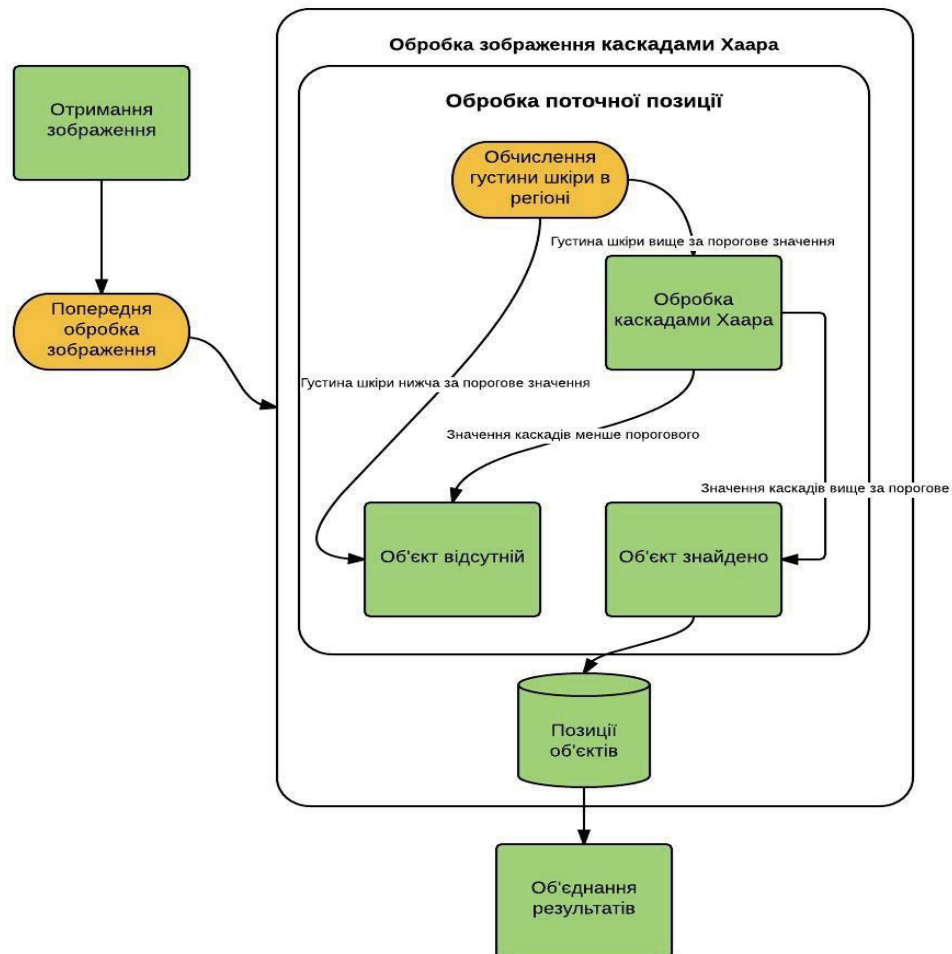


Рис. 3. Етапи модифікованого алгоритму Віоли–Джонса

Окрім цього, за допомогою колірної характеристики об’єкта можна виконати уточнення його границь. Основні алгоритми розпізнавання облич не використовують вуха та волосся в якості ознак для ідентифікації особи [12, 13], тому завдяки звуженню границі локалізованого фрагмента зображення зменшиться кількість інформації, яка не впливає на якість розпізнавання. При цьому обсяг даних, необхідних для розпізнавання зменшиться пропорційно площі.

Експериментальні дослідження

Для тестування сформована вибірка з 13225 випадкових зображень [14]. Визначимо коефіцієнтом густини шкіри $p = \frac{S'}{S}$, де S — загальна площа локалізованого зображення, S' — загальна площа пікселів шкіри в локалізованому зображенні.

Загальний аналіз вибірки показав, що в середньому пікселі, які класифікуються як шкіра, становлять 29,79 % від загальної площі зображення.

Одним з ключових аргументів у виборі алгоритму локалізації об’єкта на зображенні є його швидкодія. Слід зазначити, що навіть за однакової асимптотики алгоритму стає можливим проводити підвищення швидкодії за рахунок мінімізації констант. Враховуючи, що швидкість виконання операцій є відносною і різною для різних програмно-апаратних комплексів, розглянемо такий критерій швидкості. Позначимо через $T(n)$ — кількість операцій базового алгоритму Віоли–Джонса, де n — кількість позицій які вимагають обробки за допомогою каскадів Хаара. Тоді $T'(n)$ — кіль-

кість операцій модифікованого алгоритму. Таким чином, метою оптимізації є зменшення n , що приводить до загального прискорення алгоритму.

Для аналізу швидкості роботи алгоритму проведено тестування на тестовій виборці, на всіх можливих значеннях p з кроком 0,1. Під швидкістю роботи розуміється кількість операцій обчислення значення каскадів Хаара, що зображенні на рис. 4.

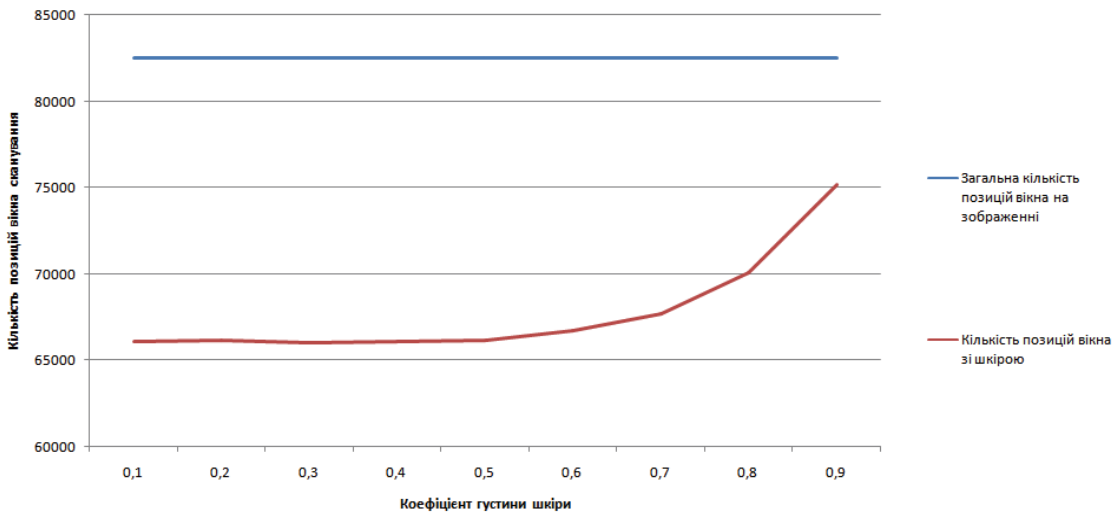


Рис. 4. Залежність кількості позицій вікна сканування від коефіцієнту густини шкіри

З аналізу графіка на рис. 4 можна зробити висновок про те, що при значенні коефіцієнта $p > 0,5$, отримаємо істотне зростання кількості операцій що негативно впливає на загальну швидкість роботи алгоритму. В той же час, значення $p \leq 0,5$ дають майже однаковий результат. Для подальшого вибору використаємо параметр кількості розпізнаних зображень. При високих значеннях коефіцієнта, через дефекти зображення можуть відкидатися ті позиції, що містять обличчя. (рис. 5).

Проаналізувавши графік, наведений на рис. 5, робимо висновок, що найбільша відносна кількість розпізнавання досягається при значенні коефіцієнта $p = 0,3$.

Результуючий прямокутник повинен максимально точно описувати знайдене обличчя — містити всі необхідні характеристики обличчя і якомога менше сторонніх об'єктів. Для цього необхідно провести уточнення границь шляхом звуження існуючих. Внаслідок такого перетворення в знайденому фрагменті зображення залишиться мінімум інформації про сторонні об'єкти (такі як фон) і максимум інформації про обличчя (рис. 6).

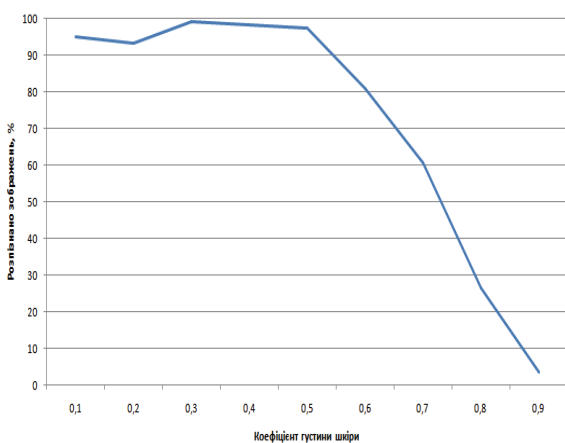


Рис. 5. Залежність кількості розпізнаних зображень від коефіцієнта p

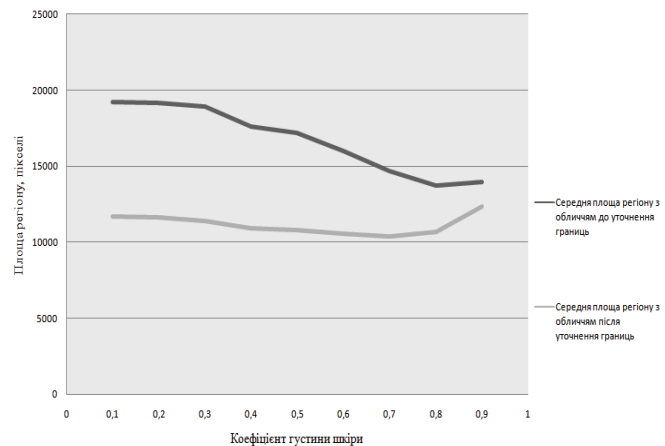


Рис. 6. Середня площа фрагмента зображення з обличчям до і після уточнення границь

Таким чином, з рис. 6 дійдемо висновку, що оптимальне значення коефіцієнта $p = 0,3$. При значеннях $0,1 < p < 0,3$ різниця в зміні площі фрагмента зображення, що містить обличчя, незначна; для значень $p < 0,3$ відбувається значне зменшення середньої площі фрагмента локалізації внаслідок уточнення границь, про що свідчить рис. 5. Водночас, при значеннях $p > 0,3$

відкидаються позиції, які містять обличчя, тому використання таких значень є недоцільним і лише знизить якість розпізнавання.

Результатом роботи базового алгоритму Віола–Джонса є квадратна область, яка містить шуканий об'єкт. Зауважимо, що такий об'єкт може мати довільну форму, а це означає, що результат базового алгоритму може включати зайву область. Це в подальшому буде створювати шум при розпізнаванні. Наявність в нашому випадку такого параметра як густина шкіри дає можливість провести оптимізацію геометричних параметрів результату роботи алгоритму Віола–Джонса (рис. 7), трансформуючи квадрат в прямокутник, і визначити оптимальне значення коефіцієнта p для локалізації зображень.

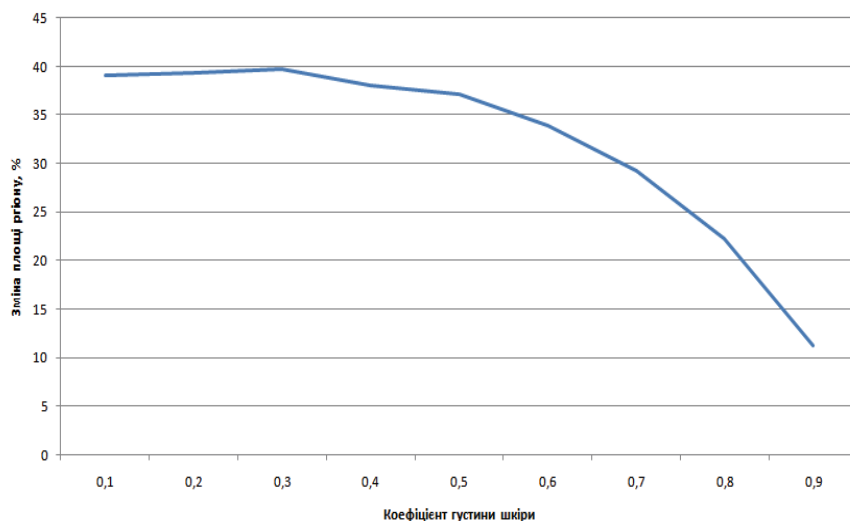


Рис. 7. Зміна площі фрагменту зображення, що локалізується внаслідок уточнення границь

Таким чином, на основі результатів проведених експериментів визначаємо, що оптимальним значенням густини пікселів шкіри є $p = 0,3$, що трактується як 30 % всіх пікселів у фрагменті зображення, що локалізуються (належать до діапазону кольорів, що описують шкіру людини).

Висновки

У результаті досліджень експериментально встановлено, що в середньому шкіра становить 29,8 % від всієї площі зображення обличчя людини з тестової вибірки.

При цьому, запропоновано підхід, що дозволив визначити параметри налаштування алгоритму Віоли–Джонса для підвищення оперативності його роботи. Так, використовуючи значення коефіцієнта $p = 0,3$ та мінімізацію кількості застосування каскадів Хаара n в залежності (1), дозволило зменшити загальну кількість операцій, необхідних для обробки одного зображення, з тестової вибірки в середньому на 17,86 %.

Об'єктом подальших досліджень є комбінація попередньої обробки зображення за допомогою фільтрів [5] та колірної характеристики об'єкта. Комбінуючи дані перетворення, можна зменшити кількість операцій для обробки зображення та підвищити якість локалізації об'єкта.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Jones M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features, Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. CVPR 2001. Proceeding of the 2001 // IEEE Computer Society Conference (Volume:1). — 2001. — P. 511—518.
2. Zhenchao Xu. Improving Detector of Viola and Jones through SVM / Zhenchao Xu, Li Song, Jia Wang, Yi Xu, // Computer Vision — ACCV 2010 Workshops, ACCV 2010 International Workshops — Queenstown, New Zealand — November 8—9, 2010. — P. 64—73.
3. Alpika Gupta. Face Detection Using Modified Viola Jones Algorithm / Alpika Gupta, Dr. Rajdev Tiwari // International Journal of Recent Research in Mathematics Computer Science and Information Technology — October 2014 — March 2015. — Vol. 1. — P. 59—66.
4. Shanshan Wang. Improved Viola-Jones Face Detector / Shanshan Wang, Amr Abdel-Dayem, // Proceedings of Taibah University International Conference on Computing and Information Technology — 2012 — P. 123—128.
5. Лисак Н. В. Підвищення якості розпізнавання методом Віоли–Джонса в задачах інформаційної безпеки підприємства шляхом попередньої обробки зображень / Н. В. Лисак, Ю. В. Міронова, І. О. Марченко, С. О. Петров // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології — 2015 — № 1. — С. 70—75.

6. Neural network approach for image chromatic adaptation for skin color detection / [N. Bourbakis, P. Kakumanu, S. Makrogiannis, R. Bryll, and S. Panchanathan] // Int J Neural Syst. — Feb. 2007. — Vol. 17. — P. 1—12.
7. D. Chai, A bayesian skinnon-skin color classifier usign on parametric density estimation / D. Chai, S. L. Phung, and A. Bouzerdoum. // IEEE Int. Symposium on Circuits and Systems 2003. — Bangkok, Thailand. — 2003. — P. 464—467.
8. Maximum entropy models for skin detection. / [B. Jedynek, H. Zheng, M. Daoudi, and D. Barret] // Universite des Sciences et Technologie de Lille, France, Technicalreport. — 2002. — P. 276—281.
9. K. S. Ravichandran. Color skin segmentation using k-meanscluster / K. S. Ravichandran, B. Ananthi // International Journal of Computational and Applied Mathematics. — 2009. — vol. 4 — P. 153—157.
10. The effect of age on skin color and color heterogeneityin fourethnic groups / DeRigal J, Des Mazis I, Diridollou S, Querleux B, Yang G, Leroy F, Barbosa VH. // L'Oréal Recherche, Chevilly, France. Skin Research and Technology — 05. 2010 — P. 168—178.
11. Vezhnevets V. A Surveyon Pixel-Based Skin Color Detection Techniques / Vladimir Vezhnevets, Vassili Sazonov, Alla Andreeva. // IN PROC. GRAPHICON. — 2003. — P. 85—92.
12. Face Recognition by Elastic Bunch Graph Matching», In Intelligent Biometric Techniquesin Fingerprint and Face Recognition / [Laurenz Wiskott, Jean-Marc Fellous, Norbert Kuger, Christoph vonder Malsburg]. — 1999 — P. 355—396.
13. Edwards G. J. Face Recognition Using Active Appearance Models / G. J. Edwards, T. F. Cootes, and C. J. Taylor // Computer Vision — ECCV'98, of the series Lecture Notesin Computer Science. — P. 581—595.
14. Labeled Facesin the Wild Home [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://vis-www.cs.umass.edu/lfw/>.

Рекомендована кафедрою електроніки ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 25.09.2015

Марченко Ігор Олександрович — аспірант кафедри комп'ютерних наук, e-mail: strelok1918@gmail.com;
Петров Сергій Олександрович — канд. техн. наук, старший викладач кафедри комп'ютерних наук.

Сумський державний університет, Суми;

Лисак Наталія Володимирівна — канд. техн. наук, доцент кафедри менеджменту та безпеки інформаційних систем.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

I. O. Marchenko¹
S. O. Petrov¹
N. V. Lysak²

Determination of Efficiency of Color Characteristics in Frame of Viola–Jones Algorithm Based on Persons Location

¹Sumy State University;

²Vinnitsia National Technical University

The paper showed color characteristics of human skin effecting localization problems solved by Viola-Jones algorithm in scope of face image detecting.

There has been offered the approach to optimizing the geometrical parameters of the results of localization using an additional parameter – the skin density coefficient. Based on the training set (13225 input images) using iterative procedure there has been determined the optimum value of this coefficient and considered the average effectiveness of the process to reduce geometric parameters for a localized image. Which is significantly affects the size of the stored results and the results of further recognition.

Keywords: Viola–Jones algorithm, localization of image, skin density ratio, optimization of the geometric parameter cognition window.

Marchenko Ihor O. — Post-Graduate Student of the Chair of Computer Sciences, e-mail: strelok1918@gmail.com;

Petrov Sergii O. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Chair of Computer Sciences, e-mail: sergpet@gmail.com;

Lysak Natalia V. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Chair of Management and Security of Information Systems

И. А. Марченко¹
С. А. Петров¹
Н. В. Лысак²

Определение влияния цветовой характеристики объекта на оперативность работы алгоритма Виола–Джонса на примере локализации лиц

¹Сумской государственной университет;

²Винницкий национальный технический университет

Изучено влияние цветовой характеристики кожи человека в задаче локализации изображения лица с применением алгоритма Виола–Джонса. Предложен подход повышения оперативности его работы и оптимизации геометрических параметров результатов локализации за счет применения дополнительного параметра — коэффициента плотности кожи. На обучающей выборке из 13225 входных изображений, применяя итерационную процедуру, определено оптимальное значение этого коэффициента и получены усредненные оценки эффективности процесса уменьшения геометрических параметров окна локализованного изображения. Которые в свою очередь существенно влияют на размер сохраняемых результатов и на результаты дальнейшего распознавания.

Ключевые слова: алгоритм Виола–Джонса, локализация изображения, коэффициент плотности кожи, оптимизация геометрических параметров окна распознавания.

Марченко Игорь Александрович — аспирант кафедры компьютерных наук, e-mail: strelok1918@gmail.com;

Петров Сергей Александрович — канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры компьютерных наук, e-mail: sergpet@gmail.com;

Лысак Наталья Владимировна — канд. техн. наук, доцент кафедры менеджмента и безопасности информационных систем