

**Очеретний Анатолій Богданович,**  
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти кафедри  
“Комп’ютерних наук”  
**Арсенюк Ігор Ростиславович,**  
кандидат технічних наук, доцент кафедри “Комп’ютерних наук”

## АНАЛІЗ ТА ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ПОКРАЩЕННЯ КОНТРАСТНОСТІ ЗОБРАЖЕННЯ ШАХОВИХ ФІГУР

*У цій статті здійснено огляд літературних джерел, автори яких пропонують два варіанти отримання оригінального зображення для подальшого виявлення прихованого вмісту зображення для подальшого виявлення типу шахової фігури з використанням згорткових нейронних мереж різних типів, гамма-корекції та фільтра високих частот, вирішивши поширену проблему покращення візуальної якості зображення, зменшення шуму, виділення об’єкта на фоні для підвищення достовірності подальшої обробки зображення; проведено аналіз ефективності кожного з методів та сфери застосування цих методів. За допомогою розробленого на мові програмування Swift програмного забезпечення здійснено аналіз довільного зображення з власної бібліотеки зображень, побудовано гістограми для кожного зі складових кольорів зображення; проведено обробку кольорового зображення з використанням високочастотного фільтра; проведено обробку зображення згортковими штучними нейронними мережами двох типів.*

**Ключові слова:** згорткові нейронні мережі, глибоке навчання, піксель, зображення, контраст.

Постановка проблеми. Початком карантину спричиненого пандемією Covid-19 в світі почали набирати більшої популярності та актуальності діяльності, що не вимагають обов’язкової прямої взаємодії з людьми, можливість займатися справою в мережі інтернет. Це одна з немаловажливих причин збільшення популярності гри в шахи. Все більше бажаючих приймають участь в онлайн змаганнях в шахах, збільшується кількість трансляцій онлайн міжнародних турнірів, що сприяє зростанню рівня зацікавленості в грі та збільшенню кількості нових гравців. У зв’язку з цим з’явилася необхідність у наданні ресурсів та можливостей самостійного навчання в грі. Один зі способів, який існує і набуває популярності - аналіз шахової партії, шляхом обробки фотографії позиції. Але, на правдивість результатів обробки зображення шахової позиції впливає багато чинників - освітлення, кут, шуми, контрастність. Також неможливо вимагати у користувача мати якісну фотокамеру, для уникнення дефектів зображення. У зв’язку з цим з’явилася необхідність розробки якісного програмного забезпечення, яке дозволить покращувати візуальну якість зображення, отриманого за допомогою цифрової камери телефону чи будь-якої іншої. Таке покращення називають контрастним. Тому важливо розробити ефективний алгоритм виявлення контра-

стного покращення для оцінки автентичності та цілісності зображення для покращення обробки його в подальшому.

Аналіз основних досліджень та публікацій. Зусиллями досліджень минулого десятиліття було запропоновано ряд схем [1–9] для виявлення зображень зі збільшеним контрастом за рахунок використання атрибутів контрастного підсилення. Стамм та інші [1, 2, 3] виявили, що контрастне посилення вводить піки і прогалини в гістограму зображення, що призводить до появи в гістограмі зображень специфічних значень. Виходячи з цього явища, автори використали технологію перетворення Фур’є для виявлення контрастних зображень. Лін та інші [6] виявили, що контрастне посилення порушило міжканальну кореляцію і виміряли таку кореляцію, щоб відрізнити оригінальні та зображення зі збільшеною контрастністю. Дотримуючись вищенаведених схем, Лін та співавтори [7] запропонували два відповідно вдосконалених методи. Зокрема, була використана квадратична вагова функція для заміни алгоритму Стамма, і лінійно-порогова стратегія була застосована до методу Ліна [6]. Крім того, для відновлення зображення розробляються алгоритми [10–13] оцінювання параметрів зображень зі зміненою контрастністю, які ґрунтуються на припущенні, що контрастне посилення відоме. Деякі дослідники пропонують алгоритми

[14–15], які є сильнішими, ніж існуючі криміналістичні детектори, але вимагають складних схем. Као та інші [15] стерли піки і пробіли гістограми, що виникли в результаті підсилення контрасту, шляхом додавання гаусового шуму. Барні та співавтори [14] запропонували метод на основі гістограм. Спочатку вони побудували базу даних гістограм оригінальних зображень, а потім шукали співставлені гістограми контрастного зображення з вихідної бази даних. Гістограма модифікованого зображення була співставлена з вихідною гістограмою, яка отримана із зображення хорошої візуальної якості. JPEG стиснення, як широко використовувана попередня процесія, має великий вплив на ефективність виявлення збільшеної контрастності. Останнім часом пропонуються алгоритми, які можуть визначити підвищену контрастність [9] і стиснення JPEG [4] та відновити оригінальне зображення. На жаль, вищезазначені алгоритми все ще не досягають задовільних показників. Крім того, вони не можуть одночасно визначити збільшення контрастності та стиснення JPEG і відновити таке зображення. Янг та співавтори [14] пропонують надійні алгоритми виявлення контрастності, засновані на згорткових нейронних мережах, щоб протистояти як збільшеній контрастності, так і JPEG стисненню. Автори [13] теоретично проаналізували надійність і стабільність ознак для зображень та їх гістограм. На основі цього для різних областей автори [15] досліджували два типи архітектур згорткових нейронних мереж для зображень з підвищеною контрастністю: піксельно-інтервальні згорткові нейронні мережі (pixel-domain convolutional neural networks, P-CNN) і згорткові нейронні мережі з інтервальною гістограмою (histogram-domain convolutional neural networks, HCNN). Зокрема, для P-CNN мереж фільтр високих частот застосували для зменшення впливу вмісту зображення і збереження балансу розподілу даних у взаємодії з нормалізацією групи [15]. Крім того, кількість шарів штучної нейронної мережі експериментально розроблена для вивчення кращого представлення ознак у зображеннях з контрастним посиленням. Гістограма подається у згортковій нейронній мережі для побудови HCNN. На рис. 1 показано приклад таких гістограм кольорового зображення при різних значеннях гамма-корекції та гістограми оригінального зображення. На рис. 2. представлено самі зображення.

Експериментальні результати показали, що запропоновані ними методи перевершують сучасні схеми у випадку стиснення JPEG та зображень із підвищеною контрастністю.

Метою статті є аналіз та порівняння методів покращення контрастності зображення шахових фігур та на основі отриманих результатів зробити висновки щодо вибору метода покращення контрастності зображень шахових фігур та подальшого отримання ориганіального зображення після змін під час використання.

Основні результати. Існуючі алгоритми не є стійкими до стиснення JPEG. На підставі вищезазначеного аналізу дослідниками [15] запропоновано глибокі алгоритми навчання для класифікації розширених зображень. Спеціально розроблено два види згорткових нейронних мереж: піксельно-інтервальні згорткові нейронні мережі (pixel-domain convolutional neural networks, P-CNN) і згорткові нейронні мережі з інтервальною гістограмою (histogramdomain convolutional neural networks, H-CNN). Піксельно-інтервальні згорткові нейронні мережі Різниця в області пікселів досить велика, що надихнуло авторів [13] на розробку відповідних піксельно-інтервальних згорткових нейронних мереж. Враховуючи вплив вмісту зображення, фільтр високих частот додається для усунення перешкод (шумів) у зображенні. Крім того, гістограма високочастотних фільтрованих зображень приблизно впливає з узагальненого гаусівського розподілу [11]. Таким чином, фільтрація високих частот була б кращою для прискорення навчання шляхом нормалізації. Зокрема, експериментально встановлено, що фільтр першого порядку має кращу продуктивність. Далі фільтр високих частот супроводжується чотирма шарами. Для кожного шару існують чотири типи операцій: згортка, нормалізація пакетів, ReLU та сумування середніх значень. Карти характеристик для кожного шару складають 64, 16, 32, 128 відповідно. Розмір ядра для операції згортки та об'єднання є 3x3 з кроком 1, 5x5 з кроком 2. Дослідники [12] експериментально виявили, що чисельність карти характеристик для першого згорткового шару важлива для виявлення збільшеної контрастності, і вона має кращу продуктивність, коли карти характеристик становлять 64. Для об'єднання просторової піраміди обрано три шкали, які призводять до виходу з 2688 вимірами. Зрештою, шар з логістичною функ-

цією, що має багато змінних і супроводжується втратою. У авторській [12] експериментальній установці застосовується міні-паketне стохастичне зменшення кроку, а розмір партії встановлюється на 120. Точність навчання ініціалізується до 0,001, і планується зменшити на 10% на кожні 10000 ітерацій. Максимальна кількість ітерацій – 100000. Імпульс і спад ваги фіксуються відповідно до 0,9 і 0,0005. Б. Гістограмно-інтервальна згорткова нейронна мережа Незважаючи на те, що характеристика піків/розривів нестабільна для перед/післяопераційної обробки та різних параметрів, характеристика проміжків в інтервалі гістограми може бути більш ефективнішою, ніж в інтервалі пікселів. Замість того, щоб розробляти нову функцію, пропонується згорткова нейромережа з автоматичним гістограмно-інтервальним самонавчанням. Крім того, як вхід із низьким і фіксованим розміром, гістограма підходить для згорткових нейронних мереж. Входом є гістограма зображення, вектор з розмірами 1x256. Потім за вхідним шаром слідує два згорткових і три повністю з'єднані шари. Особливістю карти є 64, 64, 512, 1024, 2 відповідно. Нарешті, додано шар softmax для класифікації двох типів зображень: оригінального та розширеного

зображення (чисте контрастне стиснення/JPEG). Параметри згорткових шарів такі ж, як і піксельно-інтервальних згорткових нейронних мереж.

Висновки. Зараз набуває величезної популярності отримання оригінального зображення з існуючого незалежно від того, як саме був змінений оригінал. Багато вчених досягли у цьому чудових результатів і на даний час оригінальне зображення можна відновити незалежно від того, як воно було змінено. Всі ці методи мають високий коефіцієнт відновлення оригінального зображення, але мають недоліки. Насамперед, методи передбачають, що відомо, яким чином було змінено зображення [10] і відповідно до цього вибирається алгоритм відновлення оригіналу. Також мережу потрібно спочатку навчити [13] і лише потім вона зможе відновити зображення, покращивши його якість. Це недоліки, оскільки, по-перше, не існує єдиного методу відновлення оригінального зображення, по-друге, потрібно вчити мережу перш, ніж вона зможе відновити зображення. Наразі відбувається розробка єдиного алгоритму, який має відновлювати зображення незалежно від того, як воно було змінено з використанням.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. M.C. Stamm and K.J.R. Liu, Blind forensics of contrast enhancement in digital images, in Proc. IEEE Int. Conf. on Image Processing, October 2008
2. M. Stamm and K. Liu, Forensic detection of image manipulation using statistical intrinsic fingerprints, Information Forensics and Security, IEEE Transactions on, vol. 5, no. 3, pp. 492–506, Sept 2010.
3. M.C. Stamm and K.J.R. Liu, Forensic estimation and reconstruction of contrast enhancement mapping, in Proc. IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing, March 2010, pp. 1698–1701.
4. G. Cao, Y. Zhao, R. Ni, and X. Li, Contrast enhancement based forensics in digital images, IEEE Transactions on Information Forensic and Security, vol. 9, pp. 515–525, March 2014.
5. Li H, Luo W, Qiu X, et al. Identification of various image operations using residual-based features[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2016.
6. Lin X, Li C T, Hu Y. Exposing image forgery through the detection of contrast enhancement[C]//Image Processing (ICIP), 2013 20th IEEE International Conference on. IEEE, 2013: 4467–4471.
7. Lin X, Wei X, Li C T. Two improved forensic methods of detecting contrast enhancement in digital images[C]// Media Watermarking, Security, and Forensics 2014. International Society for Optics and Photonics, 2014.
8. Wen L, Qi H, Lyu S. Contrast Enhancement Estimation for Digital Image Forensics[J]. arXiv preprint arXiv:1706.03875, 2017.
9. A. De Rosa, M. Fontani, M. Massai, A. Piva, and M. Barni, Second-order statistics analysis to cope with contrast enhancement counter-forensics, IEEE Signal Processing Letters, vol. 22, pp. 1132–1136, August 2015.

10. H. Farid, Blind Inverse Gamma Correction, IEEE Transactions on Image Processing, vol. 10, no. 10, pp. 1428–1433, Oct 2001.
11. A. C. Popescu and H. Farid, Statistical Tools for Digital Forensics, 6th Intl. Work. on Info. Hiding & LNCS, vol. 3200, pp. 128–147, May 2004.
12. G. Cao, Y. Zhao, and R. Ni, Forensic estimation of gamma correction in digital images, in Proc. IEEE Int. Conf. on Image Processing, Sept 2010, pp. 2097–2100.
13. Wang P, Liu F, Yang C, et al. Parameter estimation of image gamma transformation based on zero-value histogram bin locations[J]. Signal Processing: Image Communication, 2018.
14. M. Barni, M. Fontani, and B. Tondi, A universal technique to hide traces of histogram-based image manipulations, in Proc. of the ACM Workshop on Multimedia and Security, 2012, pp. 97–104.
15. G. Cao, Y. Zhao, R. Ni, and H. Tian, Anti-forensics of contrast enhancement in digital images, in Proc. of the ACM Workshop on Multimedia and Security, 2010, pp. 25–34.

**Ocheretny A.B., Arsenyuk I.R.**

**ANALYSIS AND COMPARISON OF METHODS OF IMPROVING THE CONTRAST OF THE IMAGE OF CHESS FIGURES**

*This article reviews the literature, the authors of which offer two options for obtaining the original image to further detect the hidden content of the image to further detect the type of chess piece using convolutional neural networks of different types, gamma correction and high-pass filter, solving the common problem of improving visual quality image, noise reduction, selection of the object in the background to increase the reliability of further image processing; an analysis of the effectiveness of each of the methods and the scope of these methods. With the help of software developed in the Swift programming language, the analysis of an arbitrary image from its own image library is performed, histograms are constructed for each of the constituent colors of the image; color image processing was performed using a high-pass filter; image processing was performed by convolutional artificial neural networks of two types.*

**Keywords:** convolutional neural networks, deep learning, pixel, image, contrast.

**Очеретний А.Б., Арсенюк И.Р.**

**АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ УЛУЧШЕНИЯ КОНТРАСТНОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ШАХМАННЫХ ФИГУР**

*В этой статье проведен обзор литературных источников, авторы которых предлагают два варианта получения оригинального изображения для дальнейшего обнаружения скрытого содержимого изображения для дальнейшего обнаружения типа шахматной фигуры с использованием сверточных нейронных сетей разных типов, гамма-коррекции и фильтра высоких частот, решив распространенную проблему улучшения визуального качества изображения, уменьшение шума, выделение объекта на фоне для повышения достоверности дальнейшей обработки изображения; проведен анализ эффективности каждого из методов и сферы применения этих методов. С помощью разработанного на языке программирования Swift программного обеспечения анализ произвольного изображения из собственной библиотеки изображений, построены гистограммы для каждого из составляющих цветов изображения; проведена обработка цветного изображения с использованием высокочастотного фильтра; проведена обработка изображения сверточными искусственными нейронными сетями двух типов.*

**Ключевые слова:** сверточные нейронные сети, глубокое обучение, пиксель, изображение, контраст.