

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І.І.МЕЧНИКОВА

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет математики, фізики та інформаційних технологій

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра комп'ютерної алгебри та дискретної математики

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## Дипломна робота

на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Нейронна сітка для перетворення фото-відео інформації із градації сірого в задану кольорову схему»

«Neural network converting the media data from grayscalling to color sheme»

Виконав: студент денної форми навчання

напряму підготовки 6.050102 – Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Давидяк Олександр Миколайович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Керівник

доц. Варбанець С.П.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали, підпис)

Рецензент

доц. Сімонова І.Г.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Рекомендовано до захисту:

Захищено на засіданні ЕК № \_\_\_\_

Протокол засідання кафедри

протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_ 2019 р.

№ \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_ 2019 р.

Оцінка \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Завідувач кафедри

Голова ЕК

\_\_\_\_\_

(підпис)

П.Д. Варбанець

(прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_

(підпис)

О.О. Арсірій

(прізвище, ініціали)

Одеса - 2019

## АННОТАЦІЯ

Темою даної дипломної роботи є розробка нейронної мережі для колоризації чорно-білого зображення.

Колоризація зображень у градаціях сірого стала більш дослідженою в останні роки завдяки появі глибоких згорткових нейронних мереж. Ми намагаємося застосувати цю концепцію до розфарбовування цифрових зображень. Наш запропонований метод є автоматизованим процесом.

Програмна реалізація виконана в середовищі розробки PyCharm на мові програмування Python 3.6

## АННОТАЦИЯ

Темой данной дипломной работы является разработка нейронной сети для колоризации черно-белого изображения.

Колоризация изображений в градациях серого стала более исследованной в последние годы благодаря появлению глубоких сверточных нейронных сетей. Мы стараемся применить эту концепцию к раскрашиванию цифровых изображений. Наш предложенный метод является автоматизированным процессом.

Программная реализация выполнена в среде разработки PyCharm на языке программирования Python 3.6

## ANNOTATION

The theme of this thesis is the development of a neural network for the colorization of black and white images.

The colorization of images in grayscale has become more explored in recent years due to the emergence of deep convolutional neural networks. We try to apply this concept to coloring digital images. Our proposed method is an automated process.

Software implementation is performed in the PyCharm development environment in the Python 3.6 programming language

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .....	4
ВСТУП .....	5
1 ГЛИБОКІ ЗГОРТКОВІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ.....	7
1.1 Історія виникнення згорткових нейронних мереж .....	7
1.2 Основні поняття згорткових нейронних мереж.....	8
Висновки до розділу 1.....	25
2 МЕТОД КОЛОРИЗАЦІЇ.....	26
2.1 Загальний підхід .....	26
2.2 Колірний простір .....	26
2.3 Оцінка колірних каналів .....	28
2.4 Функція втрат .....	31
Висновки до розділу 2.....	33
3 ДЕТАЛІ НАВЧАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ.....	34
3.1 Архітектура.....	34
3.2 Ініціалізації .....	37
3.3 Оптимізатор .....	37
3.4 Навчання .....	38
Висновки до розділу 3.....	39
4 АНАЛІЗ ОТРИМАННИХ РЕЗУЛЬТАТІВ .....	40
4.1 Тестування подібності з оригіналом .....	40
4.2 Тестування та робота алгоритму колоризації .....	42
Висновки до розділу 4.....	45
ВИСНОВКИ .....	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47
ДОДАТОК А.....	50
ДОДАТОК Б.....	51

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

CNN (convolutional neural network, згорткова нейронна мережа) - спеціальна архітектура штучних нейронних мереж, запропонована Яном Лекуном в 1988 році і націлена на ефективне розпізнавання образів, входить до складу технологій глибокого навчання

VGG16 - мережа Visual Geometry Group з університету Оксфорда для розпізнавання об'єктів на зображеннях, складається з 16 шарів.

ImageNet - набір даних, що складається з більш ніж 15 мільйонів розмічених високоякісних зображень, розділених на 22000 категорій.

## ВСТУП

Цифрова обробка зображень завжди була однією з найскладніших областей в комп'ютерних науках. Почавши зароджуватися як частина області обробки сигналів, обробка зображень поступово стала самостійним напрямом, званим комп'ютерним зором. У 1966 році дослідники вважали, що одного літнього проекту для групи студентів буде досить, щоб закрити багато питань комп'ютерного зору, але в підсумку роботи в цьому напрямку ведуться і до цього дня.

Однією з інтригуючих завдань комп'ютерного зору є задача відновлення кольору зображенням. Довгий час багато підходи до цього завдання вимагали дуже ретельного аналізу зображень і придумування способів вилучення корисних ознак. З появою великих обчислювальних потужностей і бурхливим розвитком штучних нейронних мереж стало можливим використання нейромережевих підходів до багатьох завдань комп'ютерного зору [16], включаючи завдання колоризації зображень. Зокрема стало можливим отримання фотореалістичних зображень без будь-якої пост-обробки одержуваних алгоритмами зображень.

**Актуальність роботи.** В даний час в світі ведеться велика робота по відновленню кольоровості старих кінофільмів і фотографічних матеріалів. Більшість робіт по розфарбовуванні виконується вручну, що робить процес відновлення кольоровості дорогим і досить тривалим за часом.

Методи відновлення кольору цифрових чорно-білих зображень можуть застосовуватися в таких областях, як реставрація архівних фотографічних і текстових документів

Можна стверджувати, що в майбутньому значну допомогу операторам, які виконують розмальовку чорно-білих статичних або відеозображень, чинитимуть програми, засновані на технологіях штучного інтелекту. У даній

роботі описаний підхід до розфарбовування чорно-білих зображень на основі навчених нейронних мереж.

**Постановка задачі.** Завдання формулюється так: для кожної точки чорно-білого зображення необхідно якомога точніше оцінити значення червоного, зеленого і синього складових. Далі цей процес буде називатися колоризацією або розфарбовуванням.

В рамках дипломного проекту розробляється алгоритм, метою якого ставиться перетворення чорно-білих монотонних зображень в кольорові.

Розробляема автоматизована система повинна володіти такими властивостями:

- 1) компактність;
- 2) швидкодія;
- 3) простота.

**Об'єкт дослідження:** алгоритми автоматизованої колоризації зображень.

**Цілі даної роботи:** вивчення, аналіз, порівняння та розробка алгоритму автоматизованої колоризації зображень.

**Методи дослідження:** вивчення розробок по відповідній темі; реалізація методів; аналіз результатів.

В ході роботи досліджено підходи до колоризації, повністю автоматизовані і найбільш гнучкі.

**Область застосування** - автоматизована колоризація чорно-білих зображень.

## ВИСНОВКИ

Ми представили метод повністю автоматичного забарвлення зображень в градаціях сірого, що поєднує в собі найсучасніші методи CNN.

Використовуючи правильну функцію втрат і колірне представлення, ми показали, що цей метод здатний забезпечити правдоподібне і більш-менш яскраве забарвлення певних частин окремих зображень навіть при застосуванні до набору даних середнього розміру. Але не працює, коли застосовується до відеопослідовності.

Зрозуміло, що використовуючим моделям важко навчитися розмальовувати великі однорідні області, такі як фонове небо або стіни, але краще, коли присутні більш дрібні об'єкти. Ми також запропонували метод поліпшення згенерованих результатів, який значно збільшує візуальну схожість згенерованого забарвлення з зображеннями істинності.

Один з нових вкладів полягає в використанні і порівнянні моделі, заснованої на залишкових CNN, для завдання забарвлення, і показує, що, незважаючи на меншу ERF і меншу кількість параметрів, вона може генерувати результати, які можна порівняти або вони навіть перевершують звичайні згорткові нейронні мережі.

Щоб бути придатним до відео, метод в даний час вимагає подальшої доробки. Якщо навчити на більшому наборі даних, передбачувана сила моделі зросте і, ймовірно, призведе до більш послідовного забарвленням. Для майбутньої роботи було б цікаво порівняти колоризацію, створювану моделями ResNet, зі значно більшою глибиною (яка вимагає більше обчислювальних ресурсів для навчання) і моделями, заснованими на умовних породжуючих змагальних мережах, з результатами, які вони змогли зібрати воедино.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дэвид А. Форсайт, Джин Понс Компьютерное зрение. Современный подход. – М.: Вильямс, 2004. – 928 с.
2. Жерон О. Прикладное машинное обучение с библиотеками Scikit-Learn и TensorFlow. – М.: Диалектика, 2019. – 688 с.
3. Рамсундар Б., Заде Р. TensorFlow для глубокого обучения. – СПб.: БХВ-Петербург, 2019. – 256 с.
4. Рашид Т. Создаем нейронную сеть. – М.: Диалектика-Вильямс, 2016. – 272 с.
5. A. Deshpande, J. Rock, and D. Forsyth, “Learning large-scale automatic image colorization”, in Conference: Conference: 2015 IEEE International Conference on Computer Vision, Dec. 2015, pp. 567–575.
6. A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, “Imagenet classification with deep convolutional neural networks”, in Proceedings of the 25th International Conference on Neural Information Processing Systems - Volume 1, ser. NIPS’12, Lake Tahoe, Nevada: Curran Associates Inc., 2012, pp. 1097–1105.
7. C. Szegedy, W. Liu, Y. Jia, P. Sermanet, S. E. Reed, D. Anguelov, D. Erhan, V. Vanhoucke, and A. Rabinovich, “Going deeper with convolutions”, CoRR, vol. abs/1409.4842, 2014.
8. D. E. Rumelhart, G. E. Hinton, and R. J. Williams, “Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition, vol. 1”, in Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition, Vol. 1, D. E. Rumelhart, J. L. McClelland, and C. PDP Research Group, Eds., Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1986, ch. Learning Internal Representations by Error Propagation, pp. 318– 362, isbn: 0-262-68053-X.
9. D. P. Kingma and J. Ba, “Adam: A method for stochastic optimization”, CoRR, vol. abs/1412.6980, 2014.
10. D. Ruderman, T. W. Cronin, and C.-C. Chiao, “Statistics of cone responses to natural images: Implications for visual coding”, vol. 15, pp. 2036–2045, Aug. 1998.



- 11.F. Yu and V. Koltun, “Multi-scale context aggregation by dilated convolutions”, CoRR, vol. abs/1511.07122, 2015
- 12.G. Larsson, M. Maire, and G. Shakhnarovich, “Learning representations for automatic colorization”, CoRR, vol. abs/1603.06668, 2016.
- 13.J. Gehring, M. Auli, D. Grangier, D. Yarats, and Y. N. Dauphin, “Convolutional sequence to sequence learning”, CoRR, vol. abs/1705.03122, 2017.
- 14.K. Chellapilla, S. Puri, and P. Simard, “High Performance Convolutional Neural Networks for Document Processing”, in Tenth International Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition, G. Lorette, Ed., Universit´e de Rennes 1, La Baule (France): Suvisoft, Oct. 2006.
- 15.K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, “Deep residual learning for image recognition”, CoRR, vol. abs/1512.03385, 2015.
- 16.M. Li, T. Zhang, Y. Chen, and A. J. Smola, “Efficient mini-batch training for stochastic optimization”, in Proceedings of the 20th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, ser. KDD ’14, New York, New York, USA: ACM, 2014, pp. 661–670, isbn: 978-1-4503-2956-9
- 17.N. Srivastava, G. Hinton, A. Krizhevsky, I. Sutskever, and R. Salakhutdinov, “Dropout: A simple way to prevent neural networks from overfitting”, Journal of Machine Learning Research, vol. 15, pp. 1929–1958, 2014.
- 18.P. Krahenbuhl, C. Doersch, J. Donahue, and T. Darrell, “Data-dependent initializations of convolutional neural networks”, CoRR, vol. abs/1511.06856, 2015.
- 19.R. S. Sutton, “Two problems with backpropagation and other steepest-descent learning procedures for networks”, in Proceedings of the Eighth Annual Conference of the Cognitive Science Society, Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1986.
- 20.R. Zhang, P. Isola, and A. A. Efros, “Colorful image colorization”, CoRR, vol. abs/1603.08511, 2016
- 21.S. Iizuka, E. Simo-Serra, and H. Ishikawa, “Let there be color!: Joint end-to-end learning of global and local image priors for automatic image colorization with

- simultaneous classification”, *ACM Trans. Graph.*, vol. 35, no. 4, 110:1–110:11, Jul. 2016, issn: 0730-0301.
- 22.S. Ioffe and C. Szegedy, “Batch normalization: Accelerating deep network training by reducing internal covariate shift”, *CoRR*, vol. abs/1502.03167, 2015.
- 23.W. Luo, Y. Li, R. Urtasun, and R. S. Zemel, “Understanding the effective receptive field in deep convolutional neural networks”, *CoRR*, vol. abs/1701.04128, 2017.
- 24.X. Glorot and Y. Bengio, “Understanding the difficulty of training deep feedforward neural networks”, in *Proceedings of the Thirteenth International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*, Y. W. Teh and M. Titterton, Eds., ser. *Proceedings of Machine Learning Research*, vol. 9, Chia Laguna Resort, Sardinia, Italy: PMLR, 13–15 May 2010, pp. 249–256.
- 25.Y. LeCun, L. Bottou, Y. Bengio, and P. Haffner, “Gradient-based learning applied to document recognition”, *Proceedings of the IEEE*, vol. 86, no. 11, pp. 2278–2324, Nov. 1998.
- 26.Y. Lecun, Y. Bengio, and G. Hinton, “Deep learning”, *Nature*, vol. 521, no. 7553, pp. 436–444, May 2015, issn: 0028-0836.