Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U003947

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 24-07-2026

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Максимів Микола Романович
2. Mykola R. Maksymiv

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0002-9921-9282

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 123

Назва наукової спеціальності: Комп’ютерна інженерія

Галузь / галузі знань: інформаційні технології

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: 123 Комп'ютерна інженерія

Дата захисту: 04-08-2026

Спеціальність за освітою: 123 Комп'ютерна інженерія

Місце роботи здобувача: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 14666

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 20.55.02

Тема дисертації:

1. Методи та засоби покращення якості цифрових відеозображень

2. Methods and tools for improving the quality of digital video

Реферат/анотація:

1. Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-практичної задачі розроблення методів та засобів покращення якості цифрового відео, здатних відновлювати деталізацію зі зниженням перцептивної помилки та зменшувати спотворення в умовах складних пошкоджень та обмежених обчислювальних ресурсів. У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційних досліджень, яка зумовлена масовим поширенням відеоконтенту та критичною необхідністю забезпечення його високої якості в системах з обмеженою пропускною здатністю. У першому розділі проведено поглиблений аналіз проблеми забезпечення якості цифрового відео та досліджено типові деградації, зокрема розмиття, шум, артефакти стиснення та втрату роздільної здатності. Оскільки наявні рішення не здатні одночасно гарантувати структурну точність і сталість у часі, обґрунтовано необхідність створення гібридних комп'ютерних систем, що комплексно поєднують просторово-часове узгодження з перцептивною якістю генеративного синтезу для стабілізації динамічних сцен. У другому розділі сформовано теоретичну, методологічну та алгоритмічну базу розроблення методів та засобів покращення якості відео. Створено систему об'єктивних і перцептивних

метрик (PSNR, SSIM, LPIPS, VMAF) та стандартизовані протоколи підготовки даних на еталонних наборах (REDS, Vimeo-90K, Vid4) для уніфікованого навчання й верифікації нейромережевих моделей. Для збереження геометричної цілісності сцен математично формалізовано алгоритми просторово-часового узгодження. На їхній основі побудовано стратегії часової стабілізації шляхом рекурентної та двонаправленої агрегації для усунення явища міжкадрового мерехтіння. Запропоновано комплекс програмно-апаратної оптимізації через структурне проріджування, гібридне квантування та конвеєризацію. У третьому розділі розроблено комплекс нових архітектурних та алгоритмічних рішень, що формують структурну основу комп'ютерних систем покращення відео. Сформовано комбіновану функцію втрат, яка поєднує змагальну, перцептивну, часову та регуляризаційну складові для стабілізації процесу навчання та зниження ризику колапсу моделі. Вперше розроблено метод генеративного покращення цифрового відео, архітектурною базою якого є багатомасштабна нейромережева модель MST-GAN. Інтеграція механізму мультимасштабного вирівнювання ознак та темпорального дискримінатора розв'язує задачу повноцінного просторово-часового узгодження та синтезує природні мікротекстури без явища міжкадрового мерехтіння. Для задачі постдекодувального відновлення відеопотоку після агресивного стиснення вперше розроблено метод на основі двоступеневої моделі шляхом каскадного поєднання двонаправленої рекурентної структури для геометричної реконструкції та генеративно-змагального модуля для перцептивної деталізації. Удосконалено метод адаптивного вибору режиму покращення відео із застосуванням модуля безеталонного оцінювання пошкоджень та керуючого контуру для оптимального режиму відновлення відео. У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень та оцінювання розроблених методів і програмних засобів. Встановлено, що застосування комбінованої функції втрат для навчання генеративних моделей стабілізує процес, а інтеграція її часової компоненти підвищує показник часової узгодженості на 14.5%, сприяючи зниженню ризику колапсу моделі. Підтверджено, що практична реалізація методу на основі моделі MST-GAN перевершує наявні аналоги, підвищуючи індекс структурної подібності SSIM до 0.928 та знижуючи перцептивну помилку LPIPS до 0.264 при раціональному використанні до 4.4 ГБ відеопам'яті, що усуває явище міжкадрового мерехтіння та робить його оптимальним компонентом для архітектур офлайн-реставрації відеоархівів та телемедицини, де вимога до наднизької затримки не є критичною. Експериментальне оцінювання програмного засобу на основі двоступеневої моделі підтвердило його здатність усувати складні артефакти стиснення. Адаптивний метод із точністю 97% класифікує пошкодження, випереджаючи спеціалізовані моделі на 0.6 дБ за метрикою PSNR та покращуючи перцептивну якість на 12-16% в умовах комбінованих спотворень. Практична реалізація методу програмно-апаратної оптимізації у вигляді спрощеної архітектури для WebGPU дозволила успішно перенести обчислення на клієнтські пристрої. Застосування дистиляції знань та структурного проріджування дозволяє знизити завантаження центрального процесора на 12-22% та прискорити роботу моделі у 2.8-3.6 раза порівняно з WebGL-аналогами при стабільній продуктивності 35-97 кадрів за секунду. Отримані результати мають практичну цінність, оскільки розроблені та вдосконалені методи і засоби формують дієвий інструментарій для побудови інтелектуальних комп'ютерних систем покращення якості відео, телекомунікаційних платформ потокового мовлення відео за запитом, а також систем інтелектуального відеоспостереження та цифрової медіа-реставрації.

2. This dissertation addresses the pressing scientific and practical challenge of developing methods and techniques for improving the quality of digital video that can restore detail while reducing perceptual error and minimizing distortion under conditions of complex damage and limited computational resources. The introduction justifies the relevance of the dissertation’s research topic, which stems from the widespread distribution of video content and the critical need to ensure its high quality in systems with limited bandwidth. The first chapter provides an in-depth analysis of the problem of ensuring digital video quality and examines typical forms of degradation, including blurring, noise, compression artifacts, and loss of resolution. Since existing solutions are unable to simultaneously guarantee structural accuracy and temporal consistency, the paper justifies the need to develop hybrid computer systems that comprehensively combine spatiotemporal alignment with the perceptual quality of generative synthesis to stabilize dynamic scenes. The second chapter establishes the theoretical, methodological,

and algorithmic foundation for developing methods and techniques to improve video quality. A system of objective and perceptual metrics (PSNR, SSIM, LPIPS, VMAF) and standardized data preparation protocols for benchmark datasets (REDS, Vimeo-90K, Vid4) have been created to enable unified training and verification of neural network models. To preserve the geometric integrity of scenes, spatio-temporal alignment algorithms have been mathematically formalized. Based on these, temporal stabilization strategies have been developed using recursive and bidirectional aggregation to eliminate interframe flicker. A set of hardware and software optimization techniques has been proposed, including structural thinning, hybrid quantization, and pipelining. The third chapter presents a set of new architectural and algorithmic solutions that form the structural foundation of computer-based video enhancement systems. A combined loss function has been formulated that integrates competitive, perceptual, temporal, and regularization components to stabilize the learning process and reduce the risk of model collapse. For the first time, a method for generative digital video enhancement has been developed, based on the multiscale neural network model MST-GAN. The integration of a multiscale feature alignment mechanism and a temporal discriminator solves the problem of full spatiotemporal alignment and synthesizes natural microtextures without interframe flickering. For the task of post-decoding restoration of a video stream after aggressive compression, a method based on a two-stage model has been developed for the first time by cascading a bidirectional recurrent structure for geometric reconstruction and a generative-competitive module for perceptual detail enhancement. The method for adaptive selection of video enhancement modes has been improved using a reference-free damage assessment module and a control loop to determine the optimal video restoration mode. The fourth chapter presents the results of experimental studies and evaluations of the developed methods and software tools. It has been established that the use of a combined loss function for training generative models stabilizes the process, and the integration of its temporal component increases the temporal consistency metric by 14.5%, helping to reduce the risk of model collapse. It has been confirmed that the practical implementation of the method based on the MST-GAN model outperforms existing alternatives, increasing the Structural Similarity Index (SSIM) to 0.928 and reducing the Perceptual Error (LPIPS) to 0. 264 with efficient use of up to 4.4 GB of video memory, which eliminates interframe flickering and makes it an optimal component for architectures used in offline video archive restoration and telemedicine, where ultra-low latency is not a critical requirement. An adaptive method with 97% accuracy classifies damage, outperforming specialized models by 0.6 dB on the PSNR metric and improving perceptual quality by 12–16% under conditions of combined distortions. The practical implementation of the software-hardware optimization method has enabled the successful offloading of computations to client devices. The use of knowledge distillation and structural thinning reduces the CPU load by 12–22% and accelerates model performance by a factor of 2.8–3.6 compared to WebGL counterparts, while maintaining a stable frame rate of 35–97 frames per second. The obtained results have practical value, as the developed and refined methods and tools form an effective toolkit for building intelligent computer systems for video quality enhancement, telecommunications platforms for on-demand video streaming, as well as intelligent video surveillance and digital media restoration systems.

Державний реєстраційний номер ДіР: 0124U002340

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Інформаційні та комунікаційні технології

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Maksymiv M., Rak T. Restoring quality from bitrate collapse: a two-stage GAN for enhancing heavily compressed video // International Journal of Computing. 2025. Vol. 24, iss. 4. P. 755–762.
- Maksymiv M., Rak T. Multi-scale temporal GAN-based method for high-resolution and motion stable video enhancement // Радіоелектроніка, інформатика, управління = Radio Electronics, Computer Science,

Control. 2025. № 3 (74). С. 86–95.
- Maksymiv M., Rak T. Methods of video quality-improving // Штучний інтелект. 2023. № 3 (97). С. 47–62.
- Maksymiv M., Rak T. Pitfalls of training generative models for video: from mode collapse to unstable dynamics // Досягнення у кіберфізичних системах. 2025. Vol. 10, № 1. P. 89–94.
- Maksymiv M., Rak T. Adaptive video enhancement based on blind degradation estimation // Комп'ютерні системи та інформаційні технології. 2025. № 2. P. 181–189.
- Rak T., Maksymiv M. Methods to increase the contrast of the image with preserving the visual quality // Досягнення у кіберфізичних системах. 2021. Vol 6, № 2. С. 140–145.
- Максимів М. Р., Рак Т. Є. Створення та оптимізація легких генеративних змагальних нейромереж для покращення якості відео на клієнтських пристроях з використанням WebGPU // Комп’ютерні системи та мережі. 2025. Вип. 7, № 1. С. 186–194.
- Максимів М. Р., Рак Т. Є. Апаратна оптимізація методів покращення якості відео на основі глибинних нейронних мереж // Комп’ютерні системи та мережі. 2025. Вип. 7, № 2. С. 122–133.
- Тимченко О. В., Максимів М. Р. Дослідження методів збільшення роздільної здатності зображень // Наука і техніка сьогодні. 2024. № 12 (40). С. 1497–1508.
- Максимів М. Р. Генеративна модель MST-GAN для покращення відео: якість, стабільність, ефективність // Інформатика. Культура. Техніка. 2025. Т. 2 : XI Міжнародна науково-практична конференція «Інформатика. Культура. Техніка», Одеса, Україна, 16–17 жовтня 2025. С. 258–265.
- Maksymiv M. Temporal smoothing techniques for video quality enhancement // Physical and technological problems of transmission, processing, and storage of information in infocommunication systems : proceedings of Xth International scientific and practical conference, dedicated to the 150th anniversary of Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University and the 35th anniversary of the department of radio engineering and information security, 15–17 May 2025, Chernivtsi, Ukraine. 2025. P. 182–183.
- Максимів М. Р. Математичні методи покращення роздільної здатності відео // Theoretical methods of research of the latest problems : abstracts of XXI International scientific and practical conference, Prague, Czech Republic (May 27–29, 2024). 2024. P. 592–594.
- Максимів М. Р. Апаратна оптимізація генеративних змагальних мереж: аналіз продуктивності та енергоефективності // Інформаційні технології та комп’ютерне моделювання : матеріали міжнародної науково-практичної конференції (Івано-Франківськ, 20–23 травня 2025 р.). 2025. С. 128–131.
- Максимів М. Р., Рак Т. Є. Методи покращення блоків архітектури генеративних змагальних мереж (GAN) для задач підвищення якості відео // Актуальні проблеми комп’ютерних наук, АПКН-2024 : збірник наукових праць за матеріалами XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції, 15–16 листопада 2024, Хмельницький. 2024. С. 343–346.

Наукова (науково-технічна) продукція: технології

Соціально-економічна спрямованість: забезпечення промисловості чи населення новим видом інформаційно-комунікаційних послуг

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0124U002340

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Рак Тарас Євгенович

2. Taras Y. Rak

Кваліфікація: д.т.н., доцент, 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0744-2883

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Машталір Сергій Володимирович
2. Serhii V. Mashtalir

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0917-6622

Додаткова інформація: Web of Science Researcher ID: U-9921-2017; Scopus Author ID: 36183980100; scholar.google.com/citations?user=RBIWle0AAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет радіоелектроніки

Код за ЄДРПОУ: 02071197

Місцезнаходження: проспект Науки, Харків, Харківський р-н., 61166, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гнатушенко Володимир Володимирович
2. Volodymyr V. Hnatushenko

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.01.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3140-3788

Додаткова інформація: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6505609275

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02070743

Місцезнаходження: проспект Дмитра Яворницького, Дніпро, Дніпровський р-н., 49005, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Муляревич Олександр Володимирович
2. Oleksandr V. Muliarevych

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.13.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4644-7962

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Клим Галина Іванівна
2. Halyna I. Klym

Кваліфікація: д. т. н., професор, 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9927-0649

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Наконечний Адріан Йосипович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Наконечний Адріан Йосипович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Гонсьор Оксана Йосипівна
Реєстратор	Юрченко Тетяна Анатоліївна
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна