

УДК 004

В.Лисогор, магістр гр. КІ-22М-1

Центральноукраїнський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ТА КОНВЕРТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи інтелектуальної системи обробки та конвертації зображень. Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи інтелектуальної системи обробки та конвертації зображень. Об'єктом дослідження є процес інтелектуальної системи обробки та конвертації зображень. Предметом дослідження є методи інтелектуальної системи обробки та конвертації зображень. Методи дослідження базуються на методах комп'ютерної графіки, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи інтелектуальної системи обробки та конвертації зображень. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Постановка проблеми. Конвертер зображень – це простий інструмент, який забезпечує швидкий спосіб виконання основних завдань перетворення зображень:

Він може конвертувати будь-який формат зображення, який розуміє конвертер зображень, у формати BMP, GIF, PNG і JPG.

Він може обертати зображення з кроком 90 градусів, а також автоматично обертати, щоб компенсувати орієнтацію EXIF.

Він може змінювати розмір або збільшувати зображення у відсотках або до абсолютного розміру, за бажанням зберігаючи оригінальне співвідношення сторін.

Щоб отримати доступ до конвертера зображень, виберіть зображення або зображення, які потрібно конвертувати, і, як правило, виберіть команду «Перетворити» в меню «Інструменти / Перетворити зображення». Група типів файлів «Зображення» також додає команду до контекстного меню поширених форматів зображень, тому ви також можете отримати доступ до конвертера, клацнувши правою кнопкою миші файл зображення та вибравши команду «Перетворити зображення».

Конвертер зображень відображає мініатюру наступного зображення, яке буде оброблено. Ви можете ввімкнути деякі або всі наведені нижче параметри одночасно; наприклад, ви можете обертати та змінювати розмір за один крок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-10] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи обробки та конвертації зображень.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи інтелектуальної системи обробки та конвертації зображень.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

- Огляд існуючих систем інтелектуальної системи обробки та конвертації зображень.
- Дослідження системи інтелектуальної системи обробки та конвертації зображень.
- Програмна реалізація системи інтелектуальної системи обробки та конвертації зображень.

Об'єктом дослідження є процес інтелектуальної системи обробки та конвертації зображень.

Предметом дослідження є методи інтелектуальної системи обробки та конвертації зображень.

Методи дослідження базуються на методах комп'ютерної графіки, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. Обробка зображень – зміна оригіналу зображення класичними або цифровими методами. Також може позначатися терміном ретушування, ретуш. Метою обробки є корекція дефектів, підготовка до публікації, рішення творчих завдань.

В епоху інформації рівень комп'ютерних технологій значно підвищився, а технологія комп'ютерної інтелектуальної обробки зображень, що підтримується цією технологією, також була розроблена та широко застосована в різних сферах. Основний принцип технології полягає в тому, щоб оцифрувати зображення, потім обчислити дані зображення за допомогою комп'ютерного алгоритму і, нарешті, ввести дані зображення. Застосування технології комп'ютерної інтелектуальної обробки зображень має глибокий вплив на суспільний розвиток. Однак на даний момент у технології комп'ютерної інтелектуальної обробки зображень у Китаї все ще є деякі дефекти, які в основному викликані алгоритмом обробки зображень. Тому аналіз алгоритму технології комп'ютерної інтелектуальної обробки зображень та його практичне застосування має велике значення для просування технології інтелектуальної обробки зображень.

З постійним удосконаленням комп'ютерних технологій, технологія комп'ютерної обробки зображень опинилася в центрі уваги людей в останні роки.

У [1] автор зосереджується на застосуванні технології обробки зображень в інтелектуальному трафіку. Автор спочатку обговорює значення інтелектуального дорожнього руху, а потім пояснює його конкретне застосування в інтелектуальному дорожньому русі з точки зору розпізнавання номерних знаків, виявлення транспортних засобів та електронної поліції.

У [2], в контексті розробки комп'ютерів, автор спочатку всебічно представляє технологію комп'ютерної обробки зображень, потім обговорює переваги технології та, нарешті, систематично представляє її практичне застосування.

У роботі [3] проаналізовано технічні моменти технології комп'ютерної обробки зображень та обговорено її застосування у сфері фарбування поверхні. На результат обробки зображення безпосередньо впливає алгоритм обробки зображення.

У [4] автор представляє різні алгоритми, такі як уточнення та розширення, і намагається ввести кожен алгоритм в обробку зображень, а також порівнює та аналізує результати обробки зображень різними алгоритмами.

У [5] на основі алгоритму глибокого навчання автор створює модель MaskR і розробляє комп'ютерну інтелектуальну систему обробки зображень, придатну для багатьох галузей.

У [6] на основі доказових міркувань d-s автор запропонував інтелектуальний алгоритм, поєднав цей алгоритм з інформаційними технологіями та зробив поглиблений аналіз технології комп'ютерної інтелектуальної обробки зображень.

Щоб досягти швидкого оновлення технології комп'ютерних інтелектуальних зображень, щоб сприяти її подальшому застосуванню в інших галузях, ця стаття спочатку до технології інтелектуальної обробки зображень продовжила короткий виклад відповідних, а потім поєднала з наявними дослідницькими матеріалами та характеристиками була запропонована технологія інтелектуальної обробки зображень, алгоритм обробки зображень математичної морфології, а ефективність запропонованого алгоритму проведена перевірка, остання технологія, що застосовується в галузі промисловості, сільського господарства та транспорту для відповідної специфікації [7- 8]. Дослідження в цій статті не тільки сприяють

швидкому вдосконаленню технології комп'ютерної інтелектуальної обробки зображень, але й закладають теоретичну основу для відповідних досліджень у майбутньому.

Технологія інтелектуальної обробки зображень

На відміну від традиційної технології обробки зображень, технологія інтелектуальної обробки зображень використовує комп'ютер як апаратну підтримку, вводить дані зображення в комп'ютер, а потім виконує спеціальний аналіз даних зображення за допомогою аналізу даних. програмне забезпечення, а потім формує необхідне зображення за допомогою редукації даних [9].

Перетворення даних зображення є ядром інтелектуальної обробки зображень. Обробка алгоритму є ключем до реалізації перетворення даних зображення. Загалом, дослідження технології інтелектуальної обробки зображень полягає в реалізації диверсифікованого перетворення зображень. Технологію інтелектуальної обробки зображень можна розділити на цифрову та аналогову інтелектуальну технологію обробки зображень [10-11].

Перший може реалізувати високу точність обробки зображень, етапи обробки відносно зручні. Загалом, технологія цифрової інтелектуальної обробки зображень може в основному задовольнити ряд вимог поточної обробки зображень; Технологія моделювання інтелектуальної обробки зображень набагато менш точна та гнучка, ніж перша, але цей тип технології демонструє великі переваги у виведенні зображень. Основні технічні моменти технології інтелектуальної обробки зображень включають чотири аспекти: цифрова візуалізація, розвиток функції відновлення, розпізнавання образів і кодування зображень.

Цифрова візуалізація - це вибірка та оцифровка зразків зображень, що допомагає реалізувати цифрове перетворення змінених зображень і зображень; Функція відновлення в основному спрямована на обробку пошкоджених зображень, яка може не тільки відновити пошкоджені зображення, але й посилити ефект джерела. Розпізнавання образів може розпізнавати та обробляти ключову інформацію вхідного зображення, таким чином забезпечуючи точність зображення.

Кодування зображень є останнім кроком інтелектуальної обробки зображень, за допомогою якого інформація про зображення може бути стиснута та передана [12-13].

Алгоритм обробки зображень у математичній формі

Поєднуючи відповідні дослідницькі дані та характеристики технології інтелектуальної обробки зображень, ця стаття пропонує алгоритм обробки зображень у математичній формі для комп'ютерної технології інтелектуальної обробки зображень. На відміну від традиційного алгоритму обробки зображень, алгоритм обробки зображень у математичній формі базується на взаємній роботі та взаємодії між об'єктами та структурними елементами, які можуть реалізувати відновлення основної форми зображення об'єкта, а також остаточний ефект обробки зображення. відповідає очікуваному ефекту.

Для забезпечення нормальної роботи алгоритму математичного опрацювання зображень у технології комп'ютерної інтелектуальної обробки зображень необхідно забезпечити ефективність алгоритму математичного опрацювання зображень.

Конкретне середовище цього експерименту таке: платформа комп'ютерної системи експерименту – програмна система matlab2.0, комп'ютерне програмне забезпечення – система Windows10, а основна частота апаратного процесора комп'ютера – 2,5 ГГц.

По-перше, збір експериментальних даних. У цьому документі експериментальна камера збирає фігуру як експериментальні дані, зображення дорожнього руху як об'єкт експерименту, щоб гарантувати точність результатів, ця стаття буде експериментом, коли камеру розташують на висоті 2 метри на землі, отримання зображення дорожнього руху протягом 7 днів у різних часових і погодних умовах за допомогою алгоритму обробки зображень математичної морфології для обробки вибіркового зображення дорожнього руху.

По-друге, обробка отримання зображення. Зібрані дані зображення обробляються комп'ютером, отримується ряд значень, і значення обробки зображення точно записуються. Нарешті, чисельний розрахунок обробки зображення. Значення обробки зображення,

отримане на вищезазначених етапах, підставляється в алгоритм обробки зображення форми даних, обчислюється відповідне значення, і остаточний ефект обробки зображення оцінюється шляхом порівняння числових результатів.

Застосування технології інтелектуальної обробки зображень у промисловій сфері

Зі швидким удосконаленням науки й техніки промислове виробництво поступово розвивалося в напрямку автоматизації, що стало незворотною тенденцією розвитку. Важливим технічним забезпеченням автоматизації промислового виробництва є обчислювальна техніка. Застосування технології інтелектуальної обробки зображень у промисловій сфері сприяє швидкому підвищенню ефективності промислового виробництва. Вимоги до автоматизації промислового виробництва можуть інтелектуально ідентифікувати частини та весь виробничий процес, а також ідентифікувати інформацію в інтелектуальній роботі машини, операційна машина отримує вхідну інформацію у виробниче замовлення, таким чином для автоматичного виробництва виробничий процес є за підтримки технології інтелектуальної обробки зображень. Крім того, інтелектуальна обробка зображень також може реалізувати автоматичний вибір пошкоджених частин, що покращує якість виробництва та заощаджує витрати на виявлення.

Застосування технології інтелектуальної обробки зображень у сфері сільського господарства

Застосування технології інтелектуальної обробки зображень у сфері сільського господарства можна використовувати для ідентифікації зображень урожаю для виконання роботи сільськогосподарської техніки та збору сільськогосподарської продукції. Наприклад, під час збору фруктів у комп'ютерній системі можна налаштувати систему розпізнавання зображень фруктів для ефективної ідентифікації стану росту фруктів. Це не тільки звільняє аграріїв від великої кількості роботи, але й зменшує шкоду посівам від збирання врожаю. Оскільки на розвиток сільського господарства України глибоко вплинули традиційні методи землеробства, автоматизація сільського господарства почалася набагато пізніше, ніж у розвинених країнах, тому застосування технології інтелектуальної обробки зображень у галузі сільського господарства недостатньо глибоке. Зі швидким розвитком великомасштабного сільськогосподарського виробництва та модернізації технологій в Україні технологія інтелектуальної обробки зображень буде широко використовуватися в сільськогосподарському виробництві в Україні в майбутньому.

Застосування технології інтелектуальної обробки зображень у сфері транспорту

За допомогою технології інтелектуальної обробки зображень умови руху на кожному перехресті можна відстежувати в реальному часі, особливо в районах з великим потоком транспорту. Ця технологія може точно записувати та відстежувати характеристики транспортних засобів, такі як моделі транспортних засобів і номерні знаки, таким чином підвищуючи ефективність нагляду за дорожнім рухом і значно зменшуючи порушення транспортних засобів. Крім того, технологія інтелектуальної обробки зображень може реалізувати точну ідентифікацію транспортних засобів і зменшити ймовірність дорожньо-транспортних пригод. Наприклад, камера на перехрестях може стежити за поведінкою водіїв транспортних засобів, щоб співробітники правоохоронних органів могли відповідним чином покарати порушників і сприяти обізнаності водіїв про безпеку, таким чином ефективно знижуючи ймовірність дорожньо-транспортних пригод.

Швидкий розвиток інформаційних технологій сприяє появі технології інтелектуальної обробки зображень. З моменту своєї появи ця технологія поступово популяризується в різних сферах, таких як сільське господарство, промисловість і транспорт, що відіграє важливу роль у сприянні загальному соціальному розвитку. Для того, щоб сприяти подальшому розвитку цієї технології, необхідно сприяти прогресу алгоритму обробки зображень, щоб алгоритм обробки зображень реформувався та розвивався технологія. Запропонований у роботі алгоритм обробки зображень математичної форми має очевидні переваги перед традиційним алгоритмом і забезпечує точність результатів обробки зображень.

Обробка зображень

Крім статичних двовірних зображень, обробляти потрібно також послідовності зображень.

Джерела зображень:

– Зображення із цифрового фотоапарата може бути скопійоване прямо в комп'ютер для обробки. Переваги – швидкість і оперативність. Недоліки – цифровий шум, висока вартість професійних рішень.

– Негативні фотоплівки й слайди після оцифровки за допомогою сканера можна обробляти на комп'ютері. Перевагою такого зображення є широкий динамічний діапазон, відсутність цифрового шуму. Недолік – зернистість плівки, звичайно низька якість сканування (одержати зображення із плівки, порівнянне по якості із зображенням із професійної цифрової камери, можна тільки на дорогому професійному сканері). Із широкоформатних негативів і слайдів можна одержати зображення дуже великого розміру й високої якості.

– Друковані оригінали, поліграфічні відбитки, надруковані фотографії після перекладу в цифровий вид за допомогою сканера, можна обробляти на комп'ютері. Недоліки – малий динамічний діапазон, у поліграфічних відбитків – растр, що може провокувати утворення муару.

– Фотобанки – більші сховища цифрових і аналогових зображень.

– Сервери файлообміну й пошукові системи. На цих ресурсах нерідко можна зустріти зображення без обмежень на використання.

Зміна колірних просторів (кольороподіл)

Для різних цілей (наприклад, відображення на екрані комп'ютера й друк на папері) використовуються різні способи відтворення зображень і різних математичних моделей, що описують колір (колірні простори) залежно від способу відтворення. Програми обробки зображень здатні конвертувати зображення з одного колірного простору в інше.

Основне завдання підготовки до публікації – привести зображення до вимог технічного процесу, максимально зберігши при цьому саме зображення. Наприклад, при підготовці до офсетного друку необхідно провести колірне конвертації в колірний простір друку (найчастіше – СМҮК), забезпечити відсутність перевищення сумарної щільності фарби й «білих плям», тобто ділянкою, де мінімальний зміст фарби менше мінімально відображуваного даним друкованим процесом, скорегувати зображення для того, щоб нейтральні кольори були передані певними для даного друкованого процесу сполученням фарб, попередити зниження різкості в процесі зміни растра під новий техпроцес (наприклад, с використання нерізкого маскування).

У широкому змісті, обробка зображень – це будь-яка форма обробки інформації, для якої входом є зображення, наприклад, фотографії або відеокадри. Тому термін «Обробка зображень» є окремою подією терміна «обробка зображень». Обробка зображень – зміна деталей оригінального зображення (у цей час, в основному, цифровими методами).

Обробка фотографічних зображень широко застосовується в космічній фоторозвідці для розпізнавання військових об'єктів і зброї ймовірного супротивника. При розпізнаванні військових об'єктів і зброї ймовірного супротивника обробка зображень украй небажана.

Більшість методів обробки зображень представляють зображення як двовимірні сигнали, застосовуючи до них стандартні методи обробки сигналів.

Розробка структурної схеми

Структурна схема системи складається з наступних блоків.

1. Блок алгоритмів перетворень різних форматів:

- Формат JPEG.
- Формат JPEG 2000.
- Формат BMP.
- Формат PCX.
- Формат GIF.

- Формат ICO.
- Формат PNG.
- Формат TIFF.
- Формат ECW.
- Формат ILBM.
- Формат MrSID.
- Формат PSD.
- Формат SVG.
- Формат PDF.

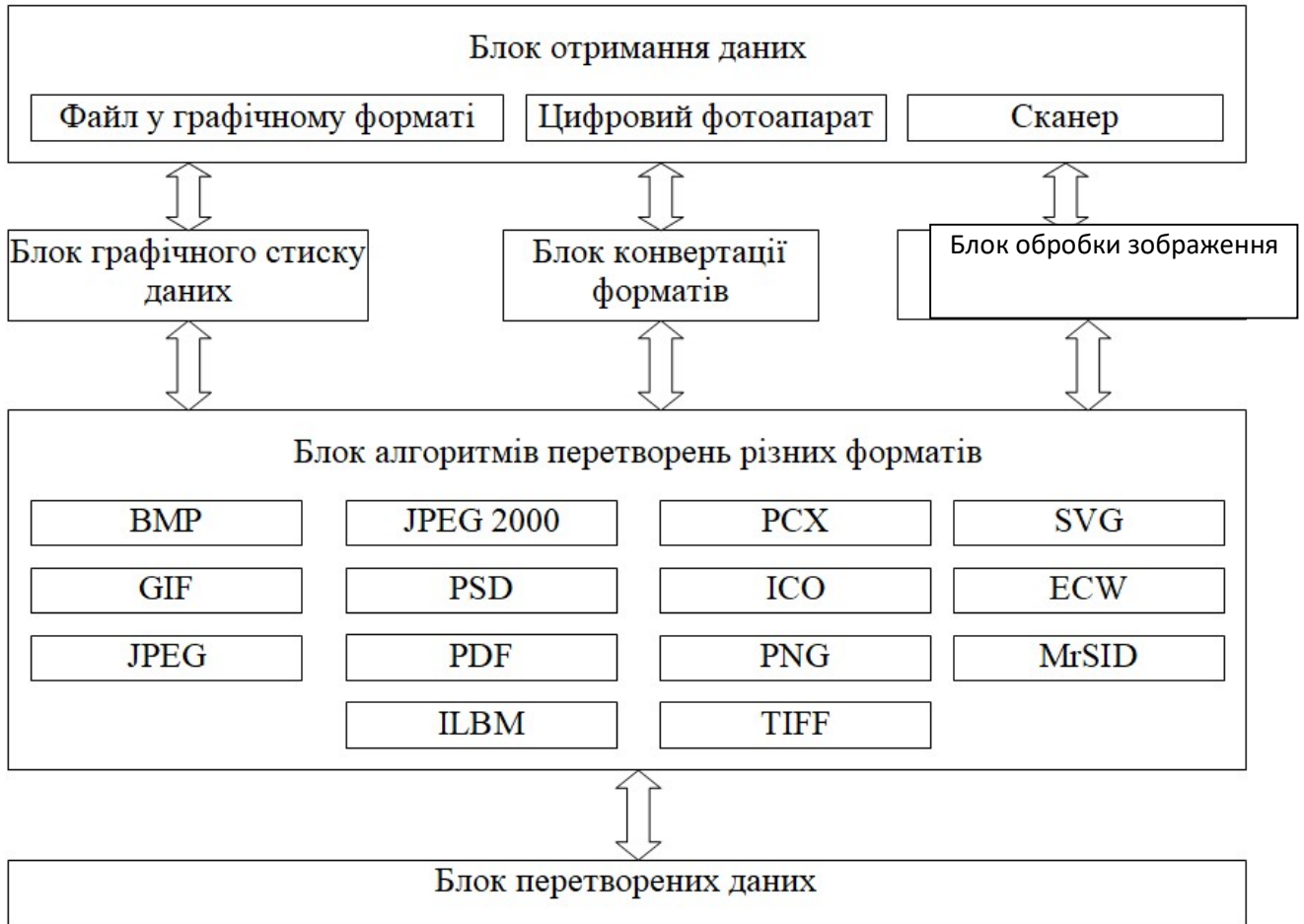


Рисунок 1 – Структурна схема системи

2. Блок отримання даних:

- Отримання даних з файлу у графічному форматі.
- Отримання даних зі сканера або цифрового фотоапарату.

3. Блок обробки зображення – призначений для обробки зображення, тобто являє собою невеликий графічний редактор.

4. Блок конвертації форматів – призначений для конвертації графічних файлів з одного формату у інший.

5. Блок графічного стиску даних – призначений для стиснення даних, отриманих зі сканера, у графічний файл.

6. Блок перетворених даних – призначений для реалізації іншого алгоритму стиску даних, ніж той, що був, до конвертації.

Висновки. У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів інтелектуальної системи обробки та конвертації зображень. Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач: Був проведений огляд існуючих

систем інтелектуальної системи обробки та конвертації зображень; Досліджена система інтелектуальної системи обробки та конвертації зображень; На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи інтелектуальної системи обробки та конвертації зображень. Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання інтелектуальної системи обробки та конвертації зображень. Проведено аналіз предметної галузі в ході якого були виявлені об'єкти, взаємодія яких носить істотний характер для функціональної діяльності предметної галузі, і їхні основні характеристики; побудована алгоритм і вибраний середовище розробки.

Список літератури

1. Smirnov A.A., Kuznetsov A.A., Danilenko D.A., Berezovsky A., «The statistical analysis of a network traffic for the intrusion detection and prevention systems», Telecommunications and Radio Engineering. – Volume 74, Issue 1. – Begel House Inc. – 2015. – P. 61-78.
2. Smirnov O., Kuznetsov A., Kovalchuk D., Kuznetsova T. «New Technique for Hiding Data in Cover Images Using Adaptively Generated Pseudorandom Sequences». CEUR Workshop Proceedings Volume 2732, 2020, Pages 214-227.
3. Батрак О., Смірнова Т., Гнатюк В., Одарченко Р., Смірнов О. «Дослідження показників ефективності функціонування та перспектив розвитку систем IP-телефонії». Підводні технології, 2024, № 13, с. 28-35.
4. Аль-Мудхафар Акіл Абдулхуссейн М., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Смірнов О.А. «Метод оцінки та підвищення користувальницького досвіду абонентів в програмно-конфігурованих мережах на основі використання машинного навчання». Сучасні інформаційні системи, 2023, том 7, № 2, С. 49-56.
5. Т.В. Смірнова, О.М. Дреєв, О.А. Смірнов «Хмарна інформаційна система оцінювання шорсткості з використанням дискретного частотного аналізу макروفотografій». IV міжнародна науково-практична конференція «Інформаційна безпека та комп'ютерні технології», м. Кропивницький. 15-16 квітня 2021р. – Кропивницький: ЦНТУ. – 2021. – С. 30.
6. О.А. Смірнов, П.С. Усік, «дослідження перспектив використання технологічних рішень в мережах 5g» у Кібербезпека та інформаційні технології: монографія. – Х. : ТОВ «ДІСА ПЛЮС», 2020.С. 122-135.
7. О.А.Смірнов, Т.В.Смірнова, Л.І. Поліщук, К.О. Буравченко, А.О.Макевнін, «Дослідження хмарних технологій як сервісів», Кібербезпека: освіта, наука, техніка. № 3(7). С. 43-62. 2020.
8. Смірнов О.А., Дреєва Г.М., Дреєв О.М., Смірнова Т.В. «Фрактальний аналіз генератора самоподібного трафіку на основі ланцюга Маркова». Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки. № 2(33). с. 161-172, 2019.
9. О. Смірнов, Є. Деменко, О. Онікійчук, А. Арищенко, Л. Горбачова, «Формування псевдовипадкових послідовностей для приховування даних в зображеннях» Комп'ютерні науки та кібербезпека. № 4. С. 30-37. 2019.
10. Смірнов О.А., Коноплицька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В. Поліщук Л.І. Проектування комп'ютерних систем та мереж. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2019. – 264 с.
11. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kuznetsova., K. Synthesis of Discrete Signals with Improved Correlation Properties. Монографія: In.: ISCI'2019: Information Security in Critical Infrastructures. Collective monograph. Edited by Ivan D. Gorbenko and Alexandr A. Kuznetsov, ASC Academic Publishing, USA, 2019, pp. 281-299. – ISBN: 978-0-9989826-8-7 (Hardback), ISBN: 978-0-9989826-9-4 (Ebook).
12. Смірнов О.А., Дреєва Г.М. Метод генерування фрактального трафіку за допомогою моделі генератора на графі. Монографія: Інформаційна безпека та інформаційні технології: монографія / за заг. ред. В. С. Пономаренка. – Х.: Вид. Рожко С.Г. 2019. С. 123-139
13. Дреєва Г.М., Смірнов О.А., Дреєв О.М. Метод генерування фрактальноподібної числової послідовності на основі скінченного автомату для моделювання трафіку у мережі. Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки. № 1(32). с. 173-183, 2019.
14. Смірнов О.А., Кавун С.В., Коваленко О.В., Дреєв О.М. Мережні інформаційні технології. Навчальний посібник – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2016. – 159 с.
15. Смірнов О.А., Смірнов С.А. Дідик А.К., Дреєв О.М. Моделі системи нейромережових експертів безпечної маршрутизації у хмарних антивірусних системах. Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". - Випуск 3 (140). - Х.: ХУПС - 2016. - С. 36-39.
16. Смірнов О.А., Кавун С.В., Коваленко О.В., Доренський О.П., Дреєв О.М., Вялкова В.І. Комп'ютерні мережі. Навчальний посібник – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2016. – 233 с.
17. Смірнов О.А., Дреєв О.М. Порівняння бітових щільностей при використанні різних методів кодування інформації. Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". - Випуск 2 (118). т.2. - Х.: ХУПС - 2014. - С. 64-67

18. Смірнов О.А., Дреєв О.М. Порівняння бітових щільностей при використанні різних методів кодування інформації. Збірник тез VI міжнародної науково-практичної конференції “Проблеми та перспективи розвитку ІТ-індустрії”. м. Харків. 17-18 квітня 2014р. – Харків: ХНЄУ. - 2014. - С. 240.
19. Смірнов О.А., Коваленко О.В., Кожанова А.С., Лєвошко О.Л., Константинова Л.В. Основи системного програмування. Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ 2013. – 257с.
20. Смірнов О.А., Дреєв О.М., Дорєнський О.П. «Дослідження впливу ступеня стиснення зображень на оперативність їх доставки у телекомунікаційній системі. Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". – Випуск 8(115). – Х.: ХУПС – 2013. – С. 234-239.
21. Смірнов О.А., Дорєнський О.П., Дреєв О.М. Аналіз процесів стиснення та відновлення зображень на основі цифрових методів. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Випуск 3(12). – Х.: ХУПС. – 2013. – С.122-127.
22. Смірнов О.А., Мєлєшко Є.В., Семєнов С.Г. Методи та засоби обробки сигналів і даних в інформаційних системах. Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ 2012. – 250 с.