

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

ГРИЦИК ВОЛОДИМИР ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 004.681:159.953;004.032;004.931

**МОДЕЛІ І ЗАСОБИ АДАПТИВНОГО ОПРАЦЮВАННЯ
ВІДЕОПОТОКІВ У СИСТЕМАХ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ**

05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Харків – 2013

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми обумовлюється постійно зростаючими вимогами до якості та кількості відеопотоків, які потрібно опрацьовувати за одиницю часу при здійсненні відеоспостереження, моніторингу, біологічних, медичних і космічних досліджень, виробничих процесів, телебачення, коли в реальному часі необхідно передавати і опрацьовувати великі об'єми відеоданих. На світовому ринку інтелектуальних інформаційних технологій представлено велику кількість програмно-апаратних засобів, призначених для цифрової обробки і аналізу зображень, а саме: адаптивні системи локалізації та моніторингу, системи класифікації, розпізнавання жестів, детектування наявності руху та аналізу області руху на предмет класифікації рухомого об'єкту. Технології, що приймають, передають, аналізують відеопотоки та приймають рішення на основі аналізу відеозображень, вже не є новинкою. Сьогодні актуальною є проблема наступного покоління: розпізнавання та аналізу роботами відеопотоків (у повному діапазоні RGB) у реальному часі. Прикладом областей застосування технологій можуть слугувати відеоспостереження, персональне телебачення, опрацювання образів біологічного походження, зокрема клітин, конгломератів (об'єктів, що накладаються), в оборонній промисловості та космічних дослідженнях, медицині, Інтернет тощо, коли в реальному часі потрібно опрацьовувати великі об'єми відеопотоків і надавати результат 100% або близький до нього. У цьому напрямі комп'ютерний зір забезпечує альтернативу візуального сприйняття людиною інформації. Оскільки близько 80% інформації надходить людині візуальним шляхом, то вирішення проблеми комп'ютерного зору дозволить в принципі автоматизувати відповідну кількість роботи. Окрім прийому, розпізнавання та інтерпретації відеопотоків для прийняття рішень в управлінні складними процесами та технічними системами в реальному часі, це також і стиск відеоданих для ефективного збереження, опрацювання і передавання каналами зв'язку та забезпечення паралельного опрацювання інформації.

Аналіз перспективних потреб світового ринку в високонадійних і високоточних системах комп'ютерного зору свідчить про актуальність дисертаційного дослідження, спрямованого на розширення можливостей розпізнавання образів, що поступають зі складного поля уваги та збільшення об'ємів опрацьовуваної інформації за одиницю часу; впровадження нових критеріїв оцінювання якості та ефективності опрацювання і передавання зображень у складних умовах дії завад, розробку принципово нових підходів до забезпечення опрацювання та передавання даних у каналах зв'язку (відбір–передавання – прийом – управління – зворотний зв'язок у реальному часі для заданих умов).

Вагомий внесок у розвиток інтелектуальних комп'ютерних систем зробили вчені: М. М. Амосов, В. М. Глушков, О. Г. Івахненко, М. Мінські, Ф. Розенблат, Н. Віннер; у розвиток фундаментальних, прикладних основ комп'ютерного зору, розпізнавання, прийняття рішень для управління та реалізації образного комп'ютера – Т. К. Вінцюк, В. І. Гриценко, М. І. Шлезінгер; у розвиток моделей, методів і створення високопродуктивних систем опрацювання інформації в цілях аналізу та управління – С. О. Лебедев, В. М. Малиновський, З. Л. Рабінович, О. В. Палагін, В. П. Боюн, В. І. Скуріхін. Вагомий вплив на розвиток моделей, методів і засобів для

інтелектуальних систем відбору, опрацювання, подання й передавання інформації мали дослідження М. Ф. Бондаренка, В. І. Васильєва, В. О. Василенка, Ю. І. Журавльова, В. П. Кожем'яка, Ю. М. Коростіля, М. В. Лобура, В. П. Машталіра, В. В. Пасічника, Д. А. Поспелова, Е. П. Путятіна, І. Б. Сіроджи, Л. І. Тимченка, Ю. П. Шабанова-Кушнарєнка, А. І. Шевченка, Девіза Форсайта, Жана Понса, Джорджа Ф. Люгера, Саймона Хайкіна, В. Файна, С. Куна, К. Фу, Л. Шاپіто, Дж. Стокмана.

Отже, актуальною науково-прикладною проблемою є вирішення протиріччя між необхідністю підвищення точності розпізнавання біологічних образів на складному (нерівномірному та неоднорідному за параметром яскравості) полі уваги та зменшенням часу прийняття рішень за рахунок розробки нових моделей комп'ютерного сприйняття, методів та архітектур опрацювання відеоданих, високопродуктивної інформаційно-аналітичної системи опрацювання відеопотоків у реальному часі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась в рамках планових науково-дослідних робіт з пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки згідно з програмами Державного комітету України з питань науки і технологій; «Перспективні інформаційні технології, прилади комплексної автоматизації, системи зв'язку», зокрема:

- 05.02.02 / 007-95 «Розробка нових принципів, методів, алгоритмів, експертних систем, програмних засобів відбору і обробки інформації з метою структурного аналізу розпізнавання і класифікації образів, фізичних процесів, ситуацій, сцен, забезпечення високої живучості та керування ресурсами;

- 06.02.02 / 033-92 «Інформаційні технології і програмно-орієнтована система для обробки зображення та реалізації обчислювальних процесів у системах реального часу»;

а також:

- «Фундаментальні основи синтезу багатовимірних нейромереж на основі універсальних нейронних елементів та нейроподібних систем», Міністерство освіти і науки України, № Ф 7/383-2001 р. [здобувач розробив методи, алгоритми, програмні засоби високопродуктивного опрацювання даних];

- Дослідно-конструкторська робота «Розробка високоефективної системи аналізу, розпізнавання та сприйняття аудіо- відеоінформації з високою роздільною здатністю та чутливістю для образного комп'ютера», ДНДІІ, держреєстраційний №0103И006336 (розробка високороздільних методів аналізу зображень та побудови тестових зображень), 2003 р. [здобувач розробив методи, алгоритми опрацювання зображень];

- «Теоретичні дослідження та створення високопродуктивних систем обробки даних в реальному часі для різних предметних областей знань реалізації інформаційно-аналітичних систем», ДНДІІ, 2007-2009 рр. [здобувач розробив методи, алгоритми інформаційно-аналітичних систем комп'ютерного зору в реальному часі]»

- «Концепція створення та розвитку національної системи інформаційних ресурсів», Національне агентство з питань інформатизації при Президенті України, Національна академія наук України, ДНДІІ, 1998 р. [здобувач розробив підхід до реалізації інформаційно-аналітичної системи];

– «Розробка теоретичних основ інформаційно-комп'ютерного бачення зору та сприйняття обробки і передавання даних для різних предметних областей знань інформаційної інфраструктури (проект «Комп'ютерний зір»)), Міністерство освіти і науки України Ф 25.1/112, 2007 р. [здобувач був головним виконавцем та автором концепції аналітичної складової комп'ютерного зору в реальному часі)];

– «Розробка інформаційних технологій для відбору, обробки та представлення інформації економічного, соціально-політичного та еколого-природничого призначення з метою моделювання, прогнозування і прийняття рішень» (г/д №1-7/3-97 з Національним агентством з питань інформатизації при Президенті України). [здобувач розробив алгоритми відбору даних для інформаційно-аналітичної системи)];

– «Створення інформаційної системи комплексного розвитку Західного регіону України як одного з варіантів типової системи територіально-адміністративного управління» (контракт №202-18 і /4-00 від 07.08.2000 з Державним комітетом зв'язку та інформатизації України) [здобувач розробив інформаційно-аналітичну систему (паралельний підхід)];

– «Розробка концепції використання інформаційних ресурсів як основи для формування та коригування комплексної програми створення єдиної національної системи зв'язку України», Державний комітет зв'язку та інформатизації України, Національна академія наук України, ДНДІП, 2001 р. [здобувач розробив методи узагальненої оцінки якості, достовірності, опрацювання, передавання даних для інформаційно-аналітичної системи];

– «Розробка інформаційних технологій функціонування, програмування і налаштування нейронних систем паралельної обробки сигналів», міжнародний проект УНТЦ, №412, 1997 – 1999 рр. [здобувач розробив метод синтезу високопродуктивних систем опрацювання даних на основі однорідних обчислювальних середовищ];

– «Розробка комп'ютерної технологічної установки для нанесення зображень на металеві поверхні», міжнародний проект УНТЦ, №1151, 2001 р. [здобувач дослідив концепцію та методики опрацювання та нанесення зображення];

– «Інформаційний відеоскоп надвисокої роздільної здатності для дослідження запрограмованої смерті (апоптозу) клітин пухлин людини», міжнародний проект УНТЦ, №1702, 2004-2006 рр. [здобувач (головний виконавець) розробив методи, алгоритми високопродуктивного опрацювання даних для розпізнавання, класифікації слабоформалізованих об'єктів на складному полі уваги та алгоритм пошуку розмитих об'єктів; застосування оперативної зміни об'ємів відеопотоків];

– «Розробка елементів системи інформаційно-аналітичного забезпечення місцевих державних адміністрацій та органів самоврядування», ДНДІП, 2001 р. [здобувач розробив інформаційно-аналітичну систему, зокрема паралельне опрацювання даних];

– «Аналіз існуючої елементної бази для апаратної реалізації систем з паралельною організацією обчислювального процесу комп'ютерного зору в інформаційно-керуючих системах реального часу», Міністерство промполітики України, Львівський науково-дослідний радіотехнічний інститут, ДНДІП, № 90-05, 2005 р. [здобувач запропонував новий метод опрацювання відеопотоків на основі

комп'ютерного зору в інформаційно-керуючих системах (розпізнавання, прийняття рішень, управління)];

– «Створення дослідних комплексів пристроїв багатоканальної системи відлагодження та контролю параметрів телевізійних передавачів», концерн РРТ Міністерства транспорту та зв'язку України, ДНДІП, № 25, 2006-2008рр. [здобувач розробив підхід комп'ютерного зору для опрацювання зображень з відеопотоку].

Проблема, що розв'язується в дисертаційній роботі: підвищення точності розпізнавання біологічних образів на складному (нерівномірному та неоднорідному за параметром яскравості) полі уваги та зменшення часу прийняття рішень за рахунок розробки нових моделей комп'ютерного сприйняття, методів та архітектур опрацювання відеоданих та ефективної інформаційно-аналітичної системи опрацювання відеопотоків у реальному часі.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення точності розпізнавання об'єктів на складному полі уваги в реальному часі шляхом розробки моделей комп'ютерного сприйняття, методів і архітектур адаптивного опрацювання відеопотоків у системах комп'ютерного зору, спрямованих на інтелектуальну обробку даних та її розпаралелювання.

Завдання, вирішені в дисертаційній роботі, пов'язані з розробкою:

– математичної моделі розпізнавання об'єктів на складному полі уваги, орієнтованої на розв'язання задач комп'ютерного зору, що дозволяє підвищити продуктивність та ефективність реалізації процедур обробки відеоданих в умовах реального часу;

– методів, алгоритмів та засобів розпаралелювання даних для обробки складних зображень в умовах дії завад та оцінки якості обробки зображень;

– методу виділення класів алгоритмів, що за рахунок термального представлення даних дозволяє розпаралелювати відеопотоки на мінімально можливі складові;

– методів обробки даних в системах комп'ютерного сприйняття зображень в реальному часі, що дозволяють забезпечити задану достовірність та ефективність;

– методу опрацювання складних зображень в умовах дії завад та використання операцій афінних перетворень шляхом застосування однорідних обчислювальних структур типу «систолічні системи», що дозволяє підвищити ефективність розпаралелювання відео потоків;

– методу розпізнавання образів видимого спектру для системи з оперативною зміною роздільної здатності на неінтегральній системі введення зображень, що теоретично дає можливість долучати до процесу розпізнавання найменші інформаційні одиниці – фотони;

– реалізацією запропонованих моделей та методів комп'ютерного сприйняття зображень об'єктів у вигляді програмних засобів моніторингу та розпізнавання образів без оперативного коригування роздільної здатності та об'єму відеопотоку, програмно-апаратних засобів введення відеопотоків з оперативною зміною роздільної здатності на неінтегральній системі введення зображень;

– проведенням експериментальних досліджень інформаційно-аналітичної системи розпізнавання зображень та підтримки прийняття рішень для систем відео-моніторингу у приміщеннях та систем автоматичного розпізнавання й аналітичної

звітності у люмінесцентній мікроскопії.

Об'єкт дослідження – процеси адаптивного опрацювання відеопотоків у системах комп'ютерного зору.

Предмет дослідження – моделі і засоби адаптивного опрацювання відеопотоків у системах комп'ютерного зору.

Методи дослідження – теорія систем (для визначення приналежності елемента), теорія штучного інтелекту, теорія розпізнавання (для вирішення задач розпізнавання складних об'єктів), теорії комп'ютерного зору, теорії високопродуктивних та паралельних обчислень, опрацювання образів, нейронних мереж, ігор і хаосу у динамічних системах в умовах невизначеності, цифрового опрацювання сигналів (для встановлення динамічної межі належності елементів).

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше запропоновано метод підвищення рівня розпізнавання об'єктів, який характеризується розділенням конгломератів (кількох злитих об'єктів) на складному полі уваги в реальному часі та за рахунок декомпозиції та синтезу об'єкту дозволяє розпізнавати частково перекриті об'єкти;

- вперше запропоновано метод розпізнавання слабоформалізовуваних образів в умовах дії перешкод та завад, який за рахунок адаптивного виділення зон неоднорідності на складному зображенні забезпечує виділення образів в відеопотоках у реальному часі для їх класифікації та аналізу;

- вперше запропоновано метод виділення класів алгоритмів для задач комп'ютерного зору, які допускають паралельне, рекурсивне та паралельно-рекурсивне опрацювання даних; використання цих класів забезпечує оптимізацію вибору архітектури для реалізації конкретних завдань;

- вперше запропоновано апаратно орієнтований метод розпаралелювання відеопотоків, який за рахунок термального представлення алгоритмів забезпечує розпаралелювання опрацювання потоків даних до бітового рівня;

- вперше запропоновано метод синтезу та архітектури систем комп'ютерного зору, які ґрунтуються на просторово-часовому відображенні алгоритмів, використанні універсальних і спеціальних засобів розпаралелювання, що дозволяє обробляти відеопотоки у реальному часі з мінімальними апаратними витратами;

отримали подальший розвиток:

- теорія побудови систем комп'ютерного зору, зокрема механізм розпізнавання, який шляхом використання динамічної зміни роздільної здатності та чутливості (технології програмно-керованих растрів), методів адаптивного розпізнавання складних образів в умовах дії перешкод та завад, розпаралелювання опрацювання відеопотоків у реальному часі, що забезпечило створення високопродуктивних систем комп'ютерного зору реального часу з мінімальними апаратними витратами;

- метод програмно-керованих растрів, який ґрунтується на детальному скануванні мішені приймаючої електронно-променевої трубки, шляхом використання програмного формування розгортки та періоду зчитування на базі дисектора, що забезпечує підвищення роздільної здатності системи вводу зображень у 2-3 рази та створення бази для аналізу зображень на неінтегральному рівні;

– методологія оцінювання якості, ефективності та достовірності передачі даних у системах комп'ютерного зору шляхом використання вибору показника функції питомої змістовності повідомлення, що забезпечує можливість оцінювання достовірності повідомлення у складних умовах дії завад.

Практичне значення одержаних результатів визначається тим, що:

1) моделі й методи адаптивного опрацювання відеопотоків у системах комп'ютерного зору, запропоновані у дисертації, доведено до практичної реалізації у вигляді програмно-апаратних засобів, що дозволяє зменшити час і вартість розробки систем комп'ютерного зору за рахунок розпаралелювання відеопотоків забезпечення режиму реального часу, створення ефективної за критерієм ціна – роздільна здатність інтелектуальної системи введення зображень, розпізнавання складних об'єктів на неоднорідному полі уваги, підвищення якості передавання інформації;

2) розроблено лабораторний стенд-тренажер для прийняття рішень в екстремальних ситуаціях;

3) використано можливості комп'ютерного зору у галузі охорони здоров'я людини при дослідженнях, пов'язаних з розпізнаванням ракових клітин.

Отримані в процесі досліджень наукові висновки та положення дисертації є обґрунтованими і достовірними. Розвинуті теоретичні положення є математично коректними, розроблені моделі та методи утворюють теоретичну базу моделювання інтелектуальної діяльності як системи адаптивного опрацювання відеопотоків комп'ютерного зору. Наукові положення і висновки, отримані в дисертаційній роботі, підтверджено експериментальними дослідженнями, моделюванням інтелектуальної діяльності, що свідчить про підвищення ефективності, достовірності оцінки рівня розпізнавання складних зображень за рахунок розділення конгломератів на складному полі уваги, декомпозиції образів у відеопотоках, об'єктивної ідентифікації показників опрацювання даних зображень комп'ютерного зору.

Результати дисертації у складі моделей, методів і архітектур впроваджено в організаціях: 1) Державний науково-дослідний інститут інформаційної інфраструктури (акт про впровадження від 05.12.2008р. та 05.11.2009 р.); 2) Державне підприємство Львівський науково-дослідний радіотехнічний інститут (акт про впровадження від 29.03.2012 р.); 3) Інститут біології клітини НАН України (акт впровадження №228 від 29.10.2010 р.); 4) Херсонський національний технічний університет (акт впровадження від 05.12.2012 р.); 5) ВАТ «Проектно-конструкторський інститут конвеєробудування» (акт впровадження №131-10 від 27.05.2010 р.)

Особистий внесок здобувача. Всі основні результати отримано здобувачем особисто. У роботах, опублікованих зі співавторами, здобувачеві належать: [30] – метод розділення конгломератів; [26] – методи покращення класифікації; [31] – постановка задачі розпізнавання образів; [9] – методи розпізнавання зон неоднорідності; [32] – методи виділення об'єктів із зон неоднорідності; [22] кількісно-якісні оцінки в задачах комп'ютерного зору; [23] – оцінка достовірності методу обробки даних; [24] – кількісно-якісні оцінки передачі даних каналами зв'язку; [2] – метод розпізнавання слабоформалізовуваних образів на фоні завад; [27] – алгоритм опрацювання зображень із завадами; [28] – метод вирішення проблеми перекриття пікселями фону значень пікселів об'єкту; [36] – метод

опрацювання та розпізнавання зображень на основі відеоскопу; [38] – реалізація методу введення зображень високої роздільної здатності для клітинної мікробіології на базі неінтегрального підходу.

У зв'язку зі збігом прізвища, імені та по батькові здобувача і Грицика В.В. (батька) слід зазначити, що Грицику В.В. (батьку) у роботах [2, 22, 23, 24, 31], опублікованих разом із здобувачем Грициком В.В., належать постановка задач та проблем. У списку опублікованих праць за темою дисертації автор дисертаційної роботи ідентифікується як Грицик В.В. або Грицик В.В. (мол.), або V. Hrytsyk (jun).

Апробація роботи. Наукові результати досліджень, концепції та положення доповідались і обговорювались на: П'ятій, Шостій, Сьомій та Восьмій міжнародних конференціях з автоматичного управління «Автоматика» м. Київ, 1998 р., м. Львів, 2000 р., м. Харків, 1999 р., м. Одеса, 2001 р., м. Львів, 2002 р.; Міжнародній конференції з індуктивного моделювання MKIM – 2002 (м. Львів, 2002 р.); Другому міжнародному конгресі «Інформатизація рекреаційної та туристичної діяльності» (м. Трускавець, 2003 р.); П'ятій міжнародній конференції «Розпізнавання образів та обробка інформації» PRIP'99 (м. Мінськ, Білорусь, 1999 р.); Міжнародному конгресі «Проблеми інформатизації рекреаційної та туристичної діяльності в Україні: Перспективи культурного та економічного розвитку» (м. Трускавець, 2000 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Регіональна науково-технічна політика: інноваційний ринок і інформаційний простір» (м. Львів, 2000 р.); Третій міжнародній конференції «Інформаційні технології друкарства: алгоритми, системи, сигнали» – «Друкотех – 2000» (м. Львів, 2000 р.); Міжнародній конференції «Гори і люди» (м. Рахів, 2002 р.), Міністерство екології та природних ресурсів України; Міжнародній науковій конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій (фундаментальні дослідження)». – ISDMIT'2006, ISDMCI'2007, ISDMCI'2008, ISDMCI'2009, ISDMCI'2010, ISDMCI'2012 – м. Євпа-торія; Міжнародному семінарі Summer School in Complexity Science Imperial College, London, 8-17 July, 2007; Міжнародних конференціях з моделювання. – IV, V, VI Symposiums. “Modeling and simulation in technique”. Lodz (Poland). 2005, 2006, 2007 pp.; Workshop'2009, Workshop'2010. – Methods and Applicationsn of Artificial Inte-lligence. – September 2009, 2010. – College of Information and Management. – Bielsko-Biala. – Poland; Міжнародна конференція Methods and Instruments of Artificial Intelli-gence. – ITHEA. – Rzeszow. – September 2010.

В цілому дисертація розглядалася на наукових семінарах Державного науково-дослідного інституту інформаційної інфраструктури, м. Львів 2000-2008 pp.; Науковому семінарі Львівського науково-дослідного радіотехнічного інституту, 2010 р.

Публікації результатів досліджень. Основний зміст дисертаційної роботи відображений у 38 друкованих наукових працях, з них три монографії, 28 статей у фахових наукових виданнях України, 8 робіт у збірниках матеріалів і праць конференцій, 1 препринт.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, шести розділів, висновків та списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 356 сторінок, у тому числі основного тексту 293 сторінок, 94

ілюстрації, 5 таблиць, список використаних джерел із 402 назв та 23 сторінки додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, визначено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, зазначено особистий внесок здобувача. Показано, що суттєвими обмеженнями для практичного вирішення є наявність апіорної невизначеності.

У *першому розділі* дано аналіз особливостей підходу до вирішення завдань інтелектуальних технологій комп'ютерного зору, як програмної галузі знань у рамках проблеми штучного інтелекту. Наведено основні проблеми, завдання і принципи опрацювання даних, огляд методів і засобів комп'ютерного зору у реальному часі. Розроблено перспективні наукові напрями для задач комп'ютерного зору реального часу. Наведено аналіз сучасних моделей, алгоритмів, обґрунтовано вибір напрямку досліджень, теоретичної бази розв'язку задач, стратегій і перспектив реалізації результатів дослідження у різних предметних галузях знань (рис.1).



Рис.1. Основні напрями розвитку та застосування систем і техніки опрацювання зображень (комп'ютерний зір)

На рис. 2 наведено запропоновану схему відбору-опрацювання-розпізнавання-класифікації-управління цифрових зображень відеопотоків у системах комп'ютерного зору.

Структурна схема модуля перетворень оптичної інформації в електричний сигнал представлена на рис. 3, де ЕПТ – електронно–променева трубка; К – комутатор, ФКІ – формувач кадрових імпульсів; ФРІ – формувач рядкових імпульсів; ФКСІ – формує сигнали комутації; ЦАП – цифрово-аналоговий перетворювач, АЦП – аналогово-цифровий перетворювач.

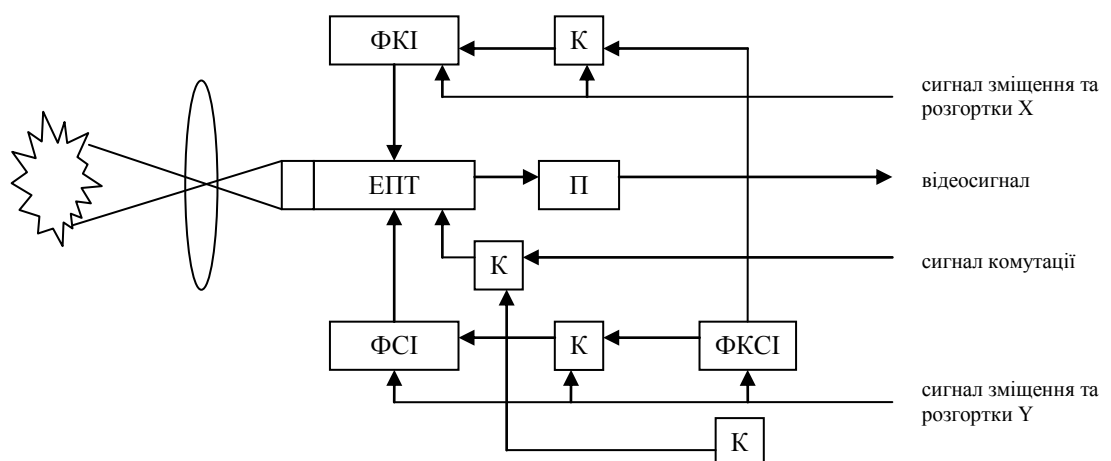


Рис. 3. Структурна схема модуля перетворення оптичної інформації в електричний сигнал

Взаємодія модулів у режимах апаратного введення зображень показана на рис.4.

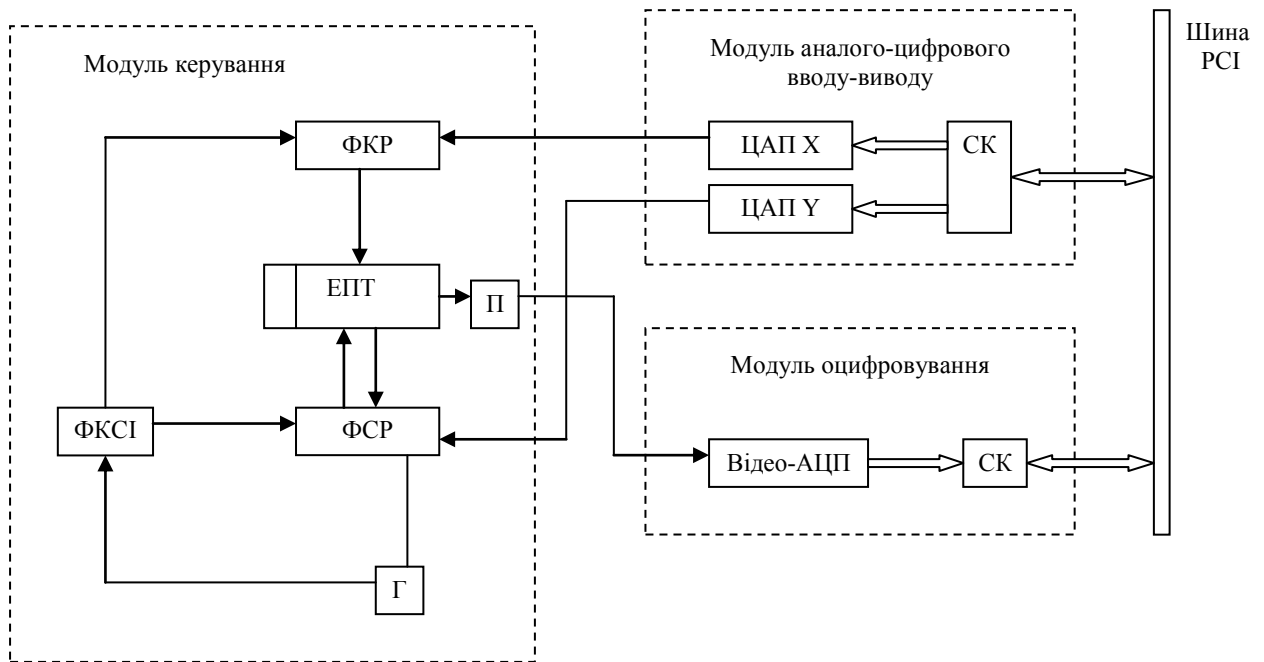


Рис. 4. Взаємодія модулів у режимах апаратного вводу зображень

На рис.5 наведено експериментальний пристрій відбору зображень з дісектора, де ФЕП – фотоелектронний перетворювач.

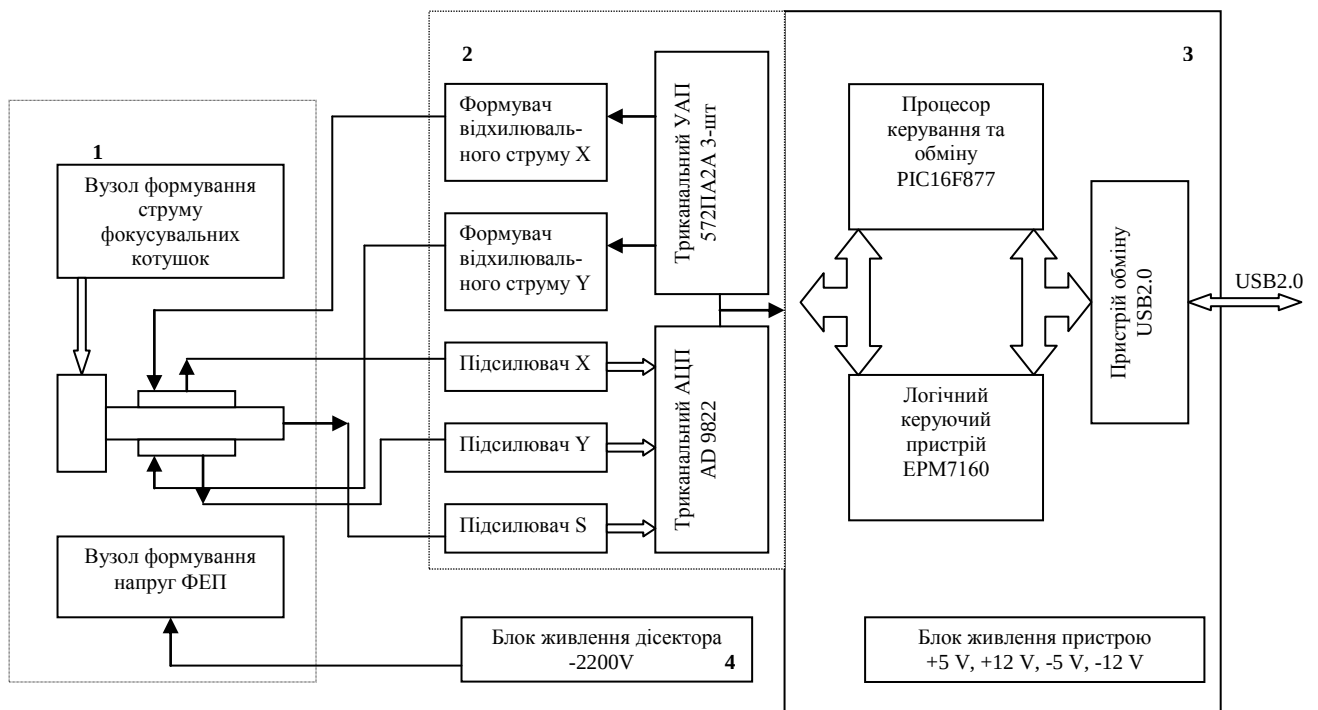


Рис. 5. Схема експериментального пристрою відбору зображень з дісектора

Описано основні проблеми, задачі та принципи опрацювання даних комп'ютерного зору у реальному часі: 1) забезпечення реального часу, ефективності, достовірності отримання правильного результату в умовах

інтенсивної дії завад та неможливості чіткого формулювання границь об'єкта при розпізнаванні; 2) забезпечення гнучкості алгоритму розпізнавання; 3) покращення якості опрацювання та передачі зображень у системах комп'ютерного зору; 4) ефективний відбір інформаційних ознак та опис складних зображень; 5) визначення класів алгоритмів, що допускають розпаралелювання, конвеєрне, магістральне опрацювання даних; 6) синтез та аналіз високопродуктивних спецпроцесорів і проблемно-орієнтованих систем обробки інформації; 7) проектування і синтез нової елементної бази.

Означено, досліджено і розроблено концептуальні засади методів і систем задач комп'ютерного зору у різних предметних галузях знань і застосувань, зокрема на основі методів і засобів комп'ютерного зору реалізації персональних систем, а також у рамках проблемно-орієнтованих апаратів.

У другому розділі отримали подальший розвиток метод програмно-керованих растрів, теорія побудови систем комп'ютерного зору та методологія оцінювання якості, ефективності та достовірності передачі даних у системах комп'ютерного зору.

Технологія програмно-керованих растрів полягає в організації растрових розгортки безпосередньо з комп'ютера вздовж площини досліджуваної поверхні і вимірюванні інтенсивності відповідної фізичної величини в кожній точці цієї поверхні (рис. 6). Для її реалізації необхідна система, яка структурно складається з персонального комп'ютера, фотоелектронний перетворювач, двох цифро-аналогових перетворювачів (ЦАП), одного аналого-цифрового перетворювача (АЦП), таймера та попереднього підсилювача. При закритому модуляторі трубки виконується прицілювання електронної гармати в потрібне місце на мішені сприймальної трубки. Прицілювання відбувається подачею відповідних напруг двома ЦАП за командами з комп'ютера на відхильну систему трубки. Після прицілювання за допомогою програмованого таймера відкривається на деякий час модулятор трубки. Порція електронного променя потрапляє у відповідне місце на мішені трубки, таким чином роблячи імпульсну комутацію. Мішень формує відеоімпульс, який через попередній підсилювач потрапляє на вхід пікового АЦП. Він виконує оцифровування амплітуди відеоімпульсу, його цифрове значення потрапляє в пам'ять комп'ютера і висвічується на екрані монітора у вигляді окремого пікселя. Для отримання наступного пікселя процедура повторюється з новими значеннями координат. Пройшовши необхідну кількість точок, формується повний кадр зображення. Описаний підхід до введення зображення в комп'ютер дозволяє позбавитися часових вимог після оцифровування амплітуди відеосигналу, які є у звичайних телевізійних системах. Стартостопна комутація надає можливість варіювати розрядність АЦП та його швидкодію. В цьому варіанті можна вибирати АЦП якої завгодно розрядності. Цим підвищується роздільна здатність за амплітудою відеосигналу. Застосування імпульсної комутації мішені та цифрової системи розгортки з дрібним кроком напруг дозволяє також значно підвищити роздільну здатність оцифровування по координаті пікселя за рахунок перекриття зон комутації як в межах одного рядка, так і між рядками. Такий підхід дозволяє зчитувати інформацію з мішені трубки площиною значно меншою за площину електронного променя, який зчитує інформацію.

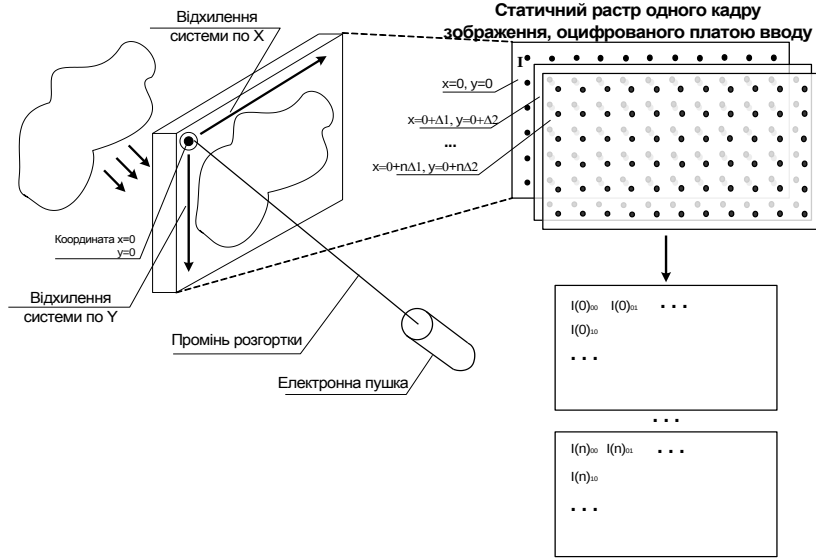


Рис. 6. Технологія програмно-керованих растрів

Запропоновано методологію оцінювання якості, ефективності та достовірності передачі даних у системах комп'ютерного зору, яка отримала подальший розвиток. Наведено метод вірогідності оцінювання якості та ефективності опрацювання зображень цифрового перетворення і передачі даних зображення, де здійснена втрата інформації за умови, коли інтенсивність зображення $f(x, y)$ представлена на рецепторному полі $m \times n$ у вигляді пікселів, а $f_0(x, y)$ представляє цифрове зображення цього образу у вигляді перетворення та передачі образу в умовах каналу передавання даних у завадах та спотворення повідомлень

Нехай задані дві скінченні множини слів довжини n : множину $V(n)$ слів $v_i = (a_{i1} a_{i2} \dots a_{in})$ на вході і множину $\tilde{V}(n)$ слів $\tilde{v}_j = (\tilde{a}_{j1} \tilde{a}_{j2} \dots \tilde{a}_{jn})$ на виході. Буква a_{is} , $1 \leq s \leq n$, належить скінченному алфавіту $A = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_a\}$ – алфавіт букв на вході; а буква $\tilde{a}_{js}$ належить скінченному алфавіту $\tilde{A} = \{\tilde{e}_1, \tilde{e}_2, \tilde{e}_3, \dots, \tilde{e}_{\tilde{a}}\}$ – алфавіт букв на виході. Довільна підмножина $K_N(n)$ потужності N елементів множини $V(n)$ назовемо кодом. Метод декодування $D_N(n)$ визначимо як набір функцій

$$r_1(\tilde{v}), r_2(\tilde{v}), \dots, r_N(\tilde{v}), \text{ де } \tilde{v} \in \tilde{V}(n) \quad (1)$$

таких, що $0 \leq r_i(\tilde{v}) \leq 1$, $1 \leq i \leq N$, $\sum_{i=1}^N r_i(\tilde{v}) = 1$.

Функцію (1) можна трактувати як ймовірність, з якою приймається рішення, що передано i -те повідомлення. Метод передачі N повідомлень задається довільною парою $[K_N(n), D_N(n)]$. Канал передавання інформації характеризується тим, що для всіх n , i , j , задані системами умовних ймовірностей P_{ij} так, що слово $v_i = (a_{i1} a_{i2} \dots a_{in})$ перейшло у слово $\tilde{v}_j = (\tilde{a}_{j1} \tilde{a}_{j2} \dots \tilde{a}_{jn})$. Дія завад у каналі описується матрицею умовних ймовірностей $\|P_{ij}\|$. Тоді

$$P_{ij} = \prod_S P_{a_{is}} \tilde{a}_{js}, \quad (2)$$

У роботі досліджено стаціонарний канал без пам'яті, ймовірність рівноймовірного розподілу повідомлень $P_i = \frac{1}{N}$ та ймовірність помилки для повідомлення

$$P[K_N(n), D_N(n)] = \frac{1}{N} \sum_{v_i \in K_N(n)} \sum_{\tilde{v}_j \in \tilde{V}(n)} P_{ij} [1 - r_i(\tilde{v}_j)]. \quad (3)$$

Оптимальна ймовірність помилки методу передавання (нижня границя) визначається виразом:

$$P_n(N) = \inf_{\{K_N(n), D_N(n)\}} P[K_N(n), D_N(n)]. \quad (4)$$

Для

$$r_i(\tilde{v}_j) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \max_{1 \leq i \leq N} P_{ij} = P_{ij} \\ 0 & \text{в інших випадках} \end{cases}. \quad (5)$$

Оптимальна ймовірність помилки для коду $K_N(n)$:

$$P[K_N(n)] = \inf_{D_N(n)} P[K_N(n), D_N(n)]. \quad (6)$$

Усереднена ймовірність помилки як математичне очікування визначається за формулою:

$$P_n[K_N(n)] = M\{P[K_N(n)]\}. \quad (7)$$

Для заданого коду $K_N(n)$ оптимальним методом декодування $D_N(n) = \{r_i(\tilde{v}_j)\}$ буде такий, що $r_i(\tilde{v}_j) = 0$, якщо $\max_{1 \leq l \leq N} P_{lj} \neq P_{ij}$; у цьому випадку для довільного методу декодування $D'_N(n)$ справедлива нерівність $P[K_N(n), D'_N(n)] \leq P[K_N(n), D_N(n)]$. Справді, $r_i(\tilde{v}_j)$ задовольняє цій вимозі, а $r'_i(\tilde{v}_j)$ задає $D'_N(n)$. Використовуючи рівність $\sum_{\tilde{v}_j \in \tilde{V}(n)} P_{ij} = 1$, маємо:

$$P[K_N(n), D_N(n)] = 1 - \frac{1}{N} \sum_{v_i \in K_N(n)} \sum_{\tilde{v}_j \in \tilde{V}(n)} P_{ij} r_i(\tilde{v}_j) \quad (8)$$

і для довільного $\tilde{v}_j$ справедливим є:

$$\sum_{v_i \in K_N(n)} P_{ij} r_i(\tilde{v}_j) \leq \max_{1 \leq i \leq N} P_{ij} \sum_{v_i \in K_N(n)} r'_i(\tilde{v}_j) = \max_{1 \leq i \leq N} P_{ij} = \sum_{v_i \in K_N(n)} P_{ij} r_i(\tilde{v}_j).$$

Середня ймовірність правильного декодування слова $v_i \in K_N(n)$ визначається так, як показано нижче:

$$P_{\text{пр}}[K_N(n), D_N(n)] = \frac{1}{N} \sum_{v_i \in K_N(n)} \sum_{\tilde{v}_j \in \tilde{\Omega}_{\text{ш}}} P_{ij}. \quad (9)$$

Величина $P_{\text{пр}}[K_N(n), D_N(n)]$ означає достовірність методу передачі (опрацювання) $[K_N(n), D_N(n)]$ інформації і відіграє важливу роль для інформаційного оцінювання ефективності методів передачі (обробки) інформації у системах комп'ютерного зору. Власне, виходячи з заданої достовірності передачі (опрацювання) інформації (9) можна визначити метод передачі (опрацювання) інформації з найкращою інформаційною ефективністю в сенсі максимального значення функції інформаційної питомої змістовності.

У роботі запропоновано інформаційні оцінки кількості прийнятої інформації та достовірності різних методів передавання та опрацювання інформації у задачах комп'ютерного зору.

Розглянуто стаціонарний симетричний канал передачі інформації без пам'яті, що описується матрицею трансформації кодових слів P_{ij} (2), і $A = \tilde{A} = \{0, 1\}$ – алфавіти букв на вході і виході двійкові та одиничні, тоді

$$P_{ij} = \prod_S P_{a_{is}} \tilde{a}_{js} = p^{k_i^j} (1-p)^{n-k_i^j}, \quad 0 < p < 0,5, \quad (10)$$

де p – імовірність трансформації (спотворення) кодової букви; k_i^j – хемінгова віддаль між кодовими словами v_i і $\tilde{v}_j$. Нехай повідомлення рівноймовірні $P_i = \frac{1}{N}$, тоді середня кількість прийнятої інформації на об'єм кодового слова, визначається за Шеноном і в загальному випадку є складною функцією достовірності передавання інформації (9) $P_{\text{пр}}[K_N(n), D_N(n)]$, методу кодування $K_N(n)$, методу декодування $D_N(n)$, алфавітів кодових букв на вході і виході A і $\tilde{A}$ та функції-переносника $z(t)$.

Для розглядання цього випадку кількість прийнятої інформації:

$$\begin{aligned} I\{P_{\text{пр}}[K_N(n), D_N(n)], A, \tilde{z}(t)\} &= H(X) - H_{\tilde{Y}}(X) = H(\tilde{Y}) - H_X(\tilde{Y}) = \\ &= \frac{1}{N} \left\{ \sum_j^{N'} \sum_i^N P_{ij} \times \log \frac{1}{N} \sum_i^N P_{ij} - \sum_j^{N'} \sum_i^N P_{ij} \log P_{ij} \right\}, \end{aligned} \quad (11)$$

де N' – потужність вхідної кодової множини.

Отримано оцінки достовірності:

$$\begin{aligned} I^B &= H^B(X) - H_{\tilde{Y}}^B(X) = H^B(\tilde{Y}) - H_X^B(\tilde{Y}), \\ I^{K_t} &= H^{K_t}(X) - H_{\tilde{Y}}^{K_t}(X) = H^{K_t}(\tilde{Y}) - H_X^{K_t}(\tilde{Y}), \\ I^{K_{t,t+1}} &= H^{K_{t,t+1}}(X) - H_{\tilde{Y}}^{K_{t,t+1}}(X) = H^{K_{t,t+1}}(\tilde{Y}) - H_X^{K_{t,t+1}}(\tilde{Y}). \end{aligned} \quad (12)$$

де I^B – середня кількість прийнятої інформації на кодове слово, у випадку коли код $K_N(n)$ використовується у режимі виявлення помилок без корекції; I^{K_t} – середня кількість прийнятої інформації на кодове слово, у випадку коли код $K_N(n)$ використовується в режимі корекції всіх помилок включно до кратності t ; $I^{K_{t,t+1}}$ – середня кількість прийнятої інформації на кодове слово, у випадку коли код

використовується в режимі корекції всіх помилок включно до кратності t та $\alpha_r < C_n^r$, де $r = t + 1, t + 2, t + 3, \dots, t + l \leq n$, помилок кратності $t + 1, t + 2, t + 3, \dots, t + l$.

Досліджено, що у випадку, якщо код $K_N(n)$ використовується лише для виявлення помилок із виразу (9) отримуємо, що достовірність методу передачі дорівнює:

$$\begin{aligned} P_{\text{пр}}^B [K_N(n), D_N^B(n)] &= \frac{1}{N} \sum_{v_i \in K_N(n)} \sum_{\tilde{v}_j \in \tilde{V}(n)} P_{ij} r_i(\tilde{v}_j) = \frac{1}{N} \sum_{v_i \in K_N(n)} \sum_{\tilde{v}_j \in \tilde{\Omega}_i^B} P_{ij} = \\ &= \frac{1}{N} \sum_{v_i \in K_N(n)} P_{ij} = (1-p)^n, \end{aligned} \quad (13)$$

У випадку корекції всіх включно до t -кратних помилок отримуємо достовірність:

$$P_{\text{пр}}^{K_t} [K_N(n), D_N^{K_t}(n)] = \frac{1}{N} \sum_{v_i \in K_N(n)} \sum_{\tilde{v}_j \in \tilde{V}(n)} P_{ij} r_i(\tilde{v}_j) = \frac{1}{N} \sum_{v_i \in K_N(n)} \sum_{\tilde{v}_j \in \tilde{\Omega}_i^{K_t}} P_{ij}. \quad (14)$$

Враховуючи, що код використовується лише в режимі корекції всіх t -кратних помилок із (14) маємо

$$P_{\text{пр}}^{K_t} [K_N(n), D_N^{K_t}(n)] = \frac{1}{N} \sum_{v_i \in K_N(n)} \sum_{\tilde{v}_j \in \tilde{\Omega}_i^{K_t}} P_{ij} = \sum_{S=0}^S C_n^S p^S (1-p)^{n-S}, \quad (15)$$

де C_n^S – кількість комбінацій із n елементів по s .

У третьому розділі наведено метод розпізнавання слабоформалізованих образів в умовах дії перешкод та завад.

Приналежність точки до об'єкту запропоновано визначати як $x_{ij}(I_n, Co)$, де I_n – роздільна здатність за яскравістю, Co – роздільна здатність за кольором (RGB):

$$x_{ij}(I_n, Co) \in O_k : x_{ij} \{x_{ij} \in I\} \exists \varepsilon : |x_{i \pm \varepsilon, j \pm \varepsilon}^{\text{in}} - x_{ij}^{\text{in}}| \leq \text{Const}$$

де O_k – k -та область неоднорідності; I – зображення; Const – константа, що визначається відповідно до умов середовища.

Основною метою запропонованого методу є перетворення вхідних повноколірних зображень у бінарні зображення, на яких фон відображено білими, а об'єкти класифікації чорними пікселями. Після цього виникає проблема виділення об'єктів класифікації. Для вирішення цієї проблеми було введено поняття зон однорідності, а саме ділянок зображення, які утворюються сусідніми пікселями з однорідною яскравістю. Описано метод виділення таких зон, що дозволяє розділити зображення на частини. Для убезпечення системи від обробки незначних плям і перешкод зображення, метод використовує фільтрацію за габаритами об'єкта відносно розмірів зображення.

Для класифікації розпізнаних об'єктів запропоновано топологію штучної нейронної мережі з можливістю поповнення знань про класи (рис. 7) та метод класифікації з усуненням природних і техногенних перешкод, викликаних освітленням, афінними та 3D зміщеннями.

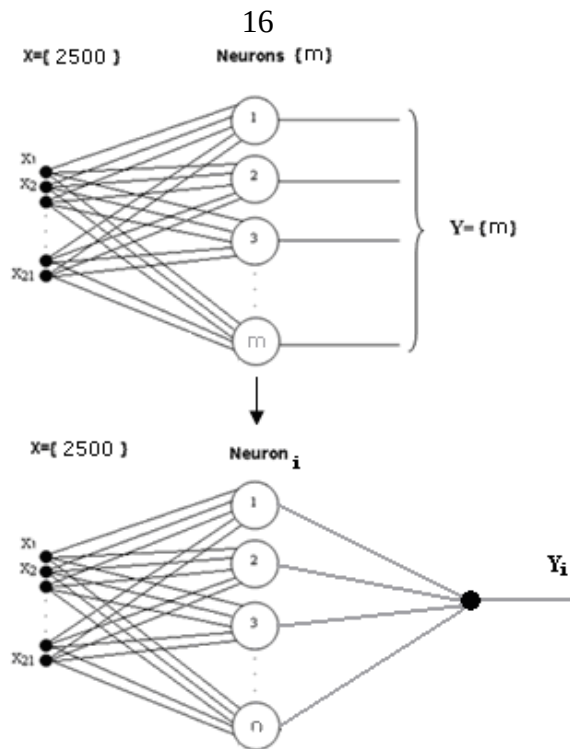


Рис. 7. Топологія нейронної мережі з можливістю поповнення знань про класи та навчання новим класам

Запропонований метод розпізнавання слабоформалізовуваних образів реалізований у вигляді програмного додатку, тестування якого здійснювалось у закритих приміщеннях і при стабільному освітленні. Запропоновано архітектуру ШНМ для розділення шумів та корисної інформації.

У четвертому розділі викладено метод підвищення рівня розпізнавання об'єктів шляхом розділення конгломератів.

Однією з основних ознак конгломерату є те, що його можна «впізнати» через надмірні розміри порівняно із самостійними об'єктами. Проте це не завжди можливо. Тому метод розділення конгломератів повинен на вході отримувати об'єкти, не маючи достовірної інформації про те, чи це конгломерат, чи ні. На виході необхідно отримати список образів відновлених об'єктів, уже не пов'язаних між собою. Кожний об'єкт (складова конгломерату) є неповторним і унікальним (форма, розмір, кольорова гама і їх співвідношення, навіть густина та яскравість). Єдиним, що є спільним, – це опуклі форми об'єкта. Метод розпізнавання конгломератів базується на послідовності певних припущень про можливий розмір об'єктів і заздалегідь відомі опуклості їх форм. Аналізуючи контур об'єкта і прогножуючи наступність пікселів контуру, можна виявити декілька об'єктів в об'єднанні. Після цього відновлюється частина контуру об'єктів, яка прихована в місці злиття. Основною ознакою конгломерату є те, що у місці злиття опуклих об'єктів завжди виникає різка зміна напрямку слідування контуру об'єкта, що викликає місцеве зменшення товщини перерізу конгломерату. Такий перепад ходу контуру дозволяє здійснити розділення конгломератів шляхом зрізування шарів. При виконанні поступового видалення шарів об'єкта, починаючи з контуру, отримаємо розрив конгломерату в місці злиття. Результатом розриву є дві частини конгломерату, які складаються з пікселів, що належать лише окремим об'єктам.

Метод зрізування шарів складається з таких етапів: 1) зріз шарів об'єкта до його розділення на складові; 2) відновлення видалених шарів окремо для кожного компонента конгломерату; 3) видалення шарів конгломерату шляхом повторення операції видалення контуру (контуром вважається сукупність пікселів, які становлять зовнішню межу об'єкта і дотикаються до фонових пікселів зображення); 4) відновлення видалених шарів. Важливо на останньому етапі не допустити повторного злиття об'єктів. Для вирішення цієї проблеми розроблено метод зворотного нарощення шарів. Відновлення шарів виконується в протилежному до зрізування порядку. Перед початком цього процесу отримані фрагменти об'єктів переносять на різні зображення. Відновлення відбувається окремо для кожного з них. На рис. 8 а) показано вхідний набір інформації для процесу нарощення. Це незалежні фрагменти об'єктів (А і В) та проіндексовані пікселі зрізаних шарів. Отже, на вході процедура відновлення об'єктів, які формували конгломерат, отримує набір його незалежних фрагментів і сукупність шарів зрізу. Відновлення виконується по чергово для кожного віднайденого об'єкта. Нарощування розпочинається з аналізу зрізаних шарів у порядку, протилежному до процесу їх отримання. Робота починається із шару 2 об'єкта А. Аналіз пікселів контуру полягає у пошуку тих, які є дотичними до віднайденого об'єкта А. Якщо такі пікселі знайдено, то вони позначаються певним чином. Наприкінці перебору, коли всі пікселі шару 2 перевірено, виконується відновлення позначеної їх частини. Такі пікселі на наступних ітераціях вважаються приналежними до об'єкта А. Далі процес повторюється для шару 1. Отриманий у такий спосіб об'єкт А є вже самостійним, відділеним від конгломерату. Далі здійснюється перехід до об'єкту В. Для цього всі операції повторюються.

На рис. 8 б) і в) також помітні групи пікселів, які входять у певний шар, але не можуть бути відновлені за ознакою дотику до об'єкта, оскільки вони безпосередньо дотичні лише до інших пікселів свого шару та інших шарів. Цей недолік методу виправляється шляхом аналізу «залишків» відновлення всіх об'єктів. Залишкові пікселі аналізуються в порядку спадання номера шару, якому вони належать і приписуються об'єкту, до якого вони найбільш близько розташовані або дотикаються. Результат завершеного відновлення наведено на рис. 8 г).

Результат використання описаного методу наведено у табл. 2.

Експериментальні дослідження були реалізовані при створенні інформаційно-аналітичної системи розпізнавання на складному полі уваги в рамках проекту №1702 українського науково-технологічного центру, що виконувався 2004-2006рр. «Інформаційний відео скоп надвисокої роздільної здатності дослідження запрограмованої смерті (апоптозу) клітин пухлин людини».

П'ятий розділ містить опис методу розпаралелювання відеопотоків.

Розглянемо деякі числові функції $f^n, f_1^m, f_2^m, f_3^m, \dots, f_n^m$ ($n > 0, m \geq 0$). Утворимо з них функцію

$$g(x_1, x_2, x_3, \dots, x_m) = f(f_1(x_1, \dots, x_m), f_2(x_1, \dots, x_m), \dots, f_n(x_1, \dots, x_m)). \quad (16)$$

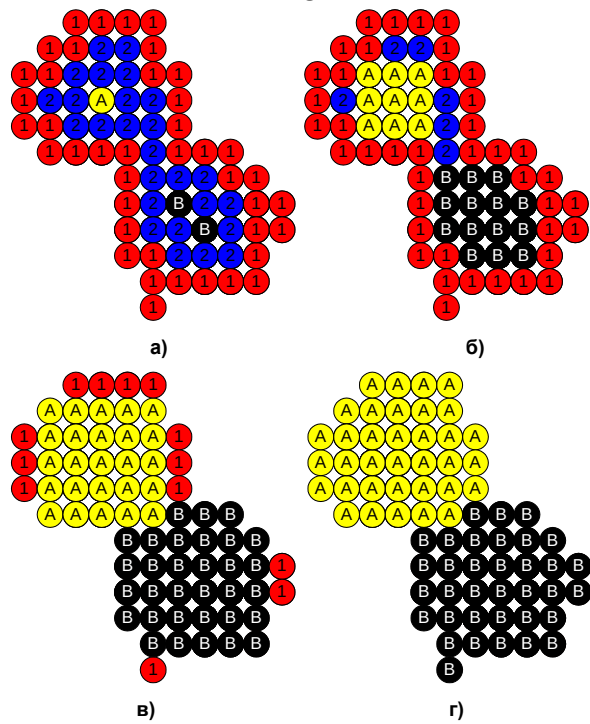


Рис. 8. Відновлення шарів окремих клітин
а) вхідне зображення конгломерату зі зрізаними шарами та відокремленими його складовими (об’єкт А та об’єкти В); б) відновлення першого шару; в) відновлення другого шару; г) відновлення третього шару

Таблиця 2

Вхідне зображення	Результуюче зображення

П'ятий розділ містить опис апаратно-орієнтованого методу відеопотоків, методу визначення класів функцій, що дозволяють розпаралелювання та методу синтезу систем паралельного опрацювання даних.

Для їх більш детального висвітлення розглянемо системи опрацювання інформації, виходячи з теоретико-множинного підходу. Введемо кілька визначень:

Означення 1. Системою опрацювання інформації є відношення на непустих множинах

$$S \subset \times \{V_i : i \in I\}, \quad (16)$$

де $\times$ – символ декартового добутку,

I – множина індексів,

V_i – об'єкт системи.

Розглянемо множини I_x та $I_y \in I$, що утворюють I ; $I_x \cap I_y = \emptyset$; $I_x \cup I_y = I$

Означення 2. Множина $X = \times \{V_i : i \in I_x\}$ є вхідним об'єктом (вхід), а множина $Y = \times \{V_i : i \in I_y\}$ – вихідним об'єктом (вихід).

Із (16) система S визначається відношенням

$$S \subset X \times Y. \quad (17)$$

Така система є «вхід-вихід».

Розглянемо також систему S , як таку, що можна визначити як $S \subset \{X, C_0, Y\}$, де C_0 – канал, що перетворює (опрацьовує) дані відповідним чином.

Область K і область S визначаються через $D(S)$ і $R(S)$ так:

$$D(S) = \{x : (\exists y)(x, y) \in S\};$$

$$R(S) = \{y : (\exists x)(x, y) \in S\} \quad (18)$$

Розглянемо множину $\tilde{C}$ і функцію $R : (\tilde{C} \times x) \rightarrow y$ таку, що

$$(x, y) \in S \Leftrightarrow (\exists z) [R(\tilde{C}, x) = y]. \quad (19)$$

Множина $\tilde{C}$ є множиною стану системи, а функція R – реакцією системи.

Розглянемо довільні множини A і B ; T – множина моментів часу; A^T і B^T – множина можливих відображень із T до A і B відповідно; $X \subset A^T$ і $Y \subset B^T$.

Означення 3. Загальною часовою системою S над X і Y є відношення над X і Y .

$$S \subset X \times Y.$$

При цьому множини A і B є алфавітом вхідних даних (вхід) і вихідних даних (вихід) системи S .

Стан часової системи S в момент часу $t \in T$ позначимо $\tilde{C}_t$ і визначимо як функцію $\beta_t : \tilde{C}_t \times X_t \rightarrow Y$, що

$$(x_t, y_t) \in S_t \Leftrightarrow (\exists z) [\beta_t(\tilde{C}, x_t) = y_t],$$

$$S_t = S / T_t, \quad T_t = [t' : t' \geq t].$$

Функція β_t визначає реакцію системи в момент часу t .

Означення 4. Система $S \subset X \times Y$ функціональна тоді і тільки тоді, коли

$$(x, y) \in S \wedge (x, y') \in S \Rightarrow y = y'.$$

Означення 5. Система $S \subset X \times Y$ взаємооднозначно функціональна тоді, коли S функціональна і

$$(x, y) \in S \wedge (x', y) \in S \Rightarrow x = x'.$$

Означення 6. Системи $S_1 \subset X_1 \times Y_1$, $S_2 \subset X_2 \times Y_2$, ..., $S_n \subset X_n \times Y_n$ будемо називати інформаційно взаємoneзалежними, якщо

$$\begin{aligned} X_1 \cap \{Y_1, Y_2, \dots, Y_n\} &= \emptyset; \\ X_2 \cap \{Y_1, Y_2, \dots, Y_n\} &= \emptyset; \\ X_n \cap \{Y_1, Y_2, \dots, Y_{n-1}\} &= \emptyset. \end{aligned} \quad (20)$$

При виконанні умови (20) системи $S_1, S_2, \dots, S_n$ допускають паралельне опрацювання інформації в часі.

Розглянемо деякі числові функції $f^n, f_1^m, f_2^m, f_3^m, \dots, f_n^m$ ($n > 0, m \geq 0$). Утворимо з них функцію

$$\begin{aligned} g(x_1, x_2, x_3, \dots, x_m) &= f(f_1(x_1, \dots, x_m), \\ &f_2(x_1, \dots, x_m), \dots, f_n(x_1, \dots, x_m)) \end{aligned} \quad (21)$$

Із (21) маємо, що функція g визначена для кожного кортежу $\langle x_1, x_2, x_3, \dots, x_m \rangle$, для якого визначена і $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$. Функція f визначена для кортежу $\langle f_1, f_2, f_3, \dots, f_n \rangle$. Нехай функція g отримана за допомогою оператора суперпозиції S^{n+1} із функцій $f, f_1, f_2, \dots, f_n$.

Означення 7. Часткові числові функції, які можна отримати за допомогою операторів суперпозиції $S^2, S^3, \dots$, з часткових числових функцій $f_1^{n_1}, f_2^{n_2}, \dots$ і функцій I_m^n , де $m, n = 1, 2, \dots$ довільні, називаємо елементарними функціями відносно $f_1^{n_1}, f_2^{n_2}, \dots$

Нехай $\Phi_{i.o.}$ – клас інтуїтивно-обчислювальних функцій типу $N^S \rightarrow N$ для довільного S і $\Phi_{в.в.}$ – клас всюди визначених $N^S \rightarrow N$ для довільного S .

Тоді маємо: класи $\Phi_{i.o.}$ і $\Phi_{b.v.}$ замкнені відносно оператора суперпозиції.

Теорема 1. Нехай функція $g^m(x_1, x_2, \dots, x_m)$ отримана за допомогою оператора суперпозиції S^{n+1} з функцій $f^n, f_1^m, f_2^m, \dots, f_n^m$ і її термальне представлення таке:

$$g^m(x_1, x_2, \dots, x_m) = S^{n+1}(f^n, f_1^m, f_2^m, \dots, f_n^m), \quad (22)$$

тоді процес обчислення функцій $g^{(m)}(x_1, x_2, x_3, \dots, x_m)$ розпаралелений на рівні функцій $f_1^{(m)}, f_2^{(m)}, \dots, f_n^{(m)}$.

Доведення. Для функцій $f_1^{(m)}, f_2^{(m)}, \dots, f_n^{(m)}$ виконуються умови:

$f_i^{(m)}$ і $f_j^{(m)}$ інформаційно-взаємозалежні для $i, j = \overline{1, n}, i \neq j$;

$$\text{In } f_i^{(m)} \cap \text{Out } f_j^{(m)} = \emptyset. \quad (23)$$

З (23) маємо, що процес обчислення функції $g^{(m)}$ розпаралелений на рівні $f_1^{(m)}, f_2^{(m)}, \dots, f_n^{(m)}$.

Теорема 2. Якщо функція $g^{(m)}(x_1, x_2, \dots, x_m)$ допускає термальне представлення

$$g^{(m)}(x_1, x_2, \dots, x_m) = S^{n+1}(f^{(n)}, h^{(m)}(x_1, \dots, x_m), \dots, h_n^{(m)}(x_1, \dots, x_m)), \quad (24)$$

$$\text{де } h_1^{(m)}(x_1, \dots, x_m) = S^{S_{ji}+1}(f_{ji}^{S_{ji}}; I_{q_{i1}}^{(m)}(x_1, \dots, x_m),$$

$$I_{q_{i2}}^{(m)}(x_1, \dots, x_m), \dots, I_{q_{iS_{ji}}}^{(m)}(x_1, \dots, x_m) \quad (25)$$

$$j_i = \overline{1, n}, \quad q_{i1} = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, n},$$

тоді процес обчислення функції $g_{(S_{ji})}^{(m)}(x_1, \dots, x_m)$ розпаралелений на рівні функції f_{ji} . Доведення можна здійснити аналогічно доведенню теореми 1, враховуючи представлення (24) і (25).

Із теореми 2 можна аналогічно розглянути доведення наступної теореми.

Теорема 3. Довільна функція $g^{(m)}(x_1, x_2, \dots, x_m) \in \Phi_{i.o.}$ допускає розпаралелювання процесу обчислення на рівні f_{ji} .

Доведення теореми очевидне, і воно впливає з визначення функції з класу $\Phi_{i.o.}$ та (24) і теореми 2.

Таким чином, визначено широкий клас обчислювальних функцій (алгоритмів), що допускають розпаралелювання процесу обчислення відносно заданих функцій (на заданому рівні). Цей клас функцій є зчисленою множиною відносно

елементарних числових функцій, і його можна визначити як часткову алгебру

$\eta = \langle \{f_{ji}, \mathbf{O}, \mathbf{S}, \mathbf{I}_m^n\}, \{\mathbf{S}^1, \mathbf{S}^2, \mathbf{S}^3, \dots\} \rangle$, що породжена елементами $f_{ji}, \mathbf{O}, \mathbf{S}, \mathbf{I}_m^n$.

Вирішено задачу розпаралелювання опрацювання даних для різних операцій синтезу системи S розв'язання задач комп'ютерного зору на рівні заданих систем опрацювання даних підсистем S_i – мультимагістральних систем опрацювання даних:

системи $S_1 \circ S_2 = S = (X_1 \times X_2^*) \times (Y_1^* \times Y_2)$, (рис.9);

системи S магістральної обробки даних на рівні

$S_1 \circ S_2 \circ S_3 \circ \dots \circ S_n = S \subset (X_1 \times X_2^* \times X_3^* \times \dots \times X_n^*) \times (Y_1^* \times Y_2^* \times Y_3^* \times \dots \times Y_{n-1}^* \times Y_n)$ (рис.10);

системи S синтезу паралельних систем

S_1 і S_2 $S_1 + S_2 = S = (X_1^* \times X_2^* \times Z) \times (Y_1 \times Y_2)$ (рис.11);

системи синтезу систем паралельного опрацювання даних $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$:

$S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n = S = (X_1^* \times X_2^* \times X_3^* \times \dots \times X_n^* \times Z) \times (Y_1 \times Y_2 \times Y_3 \times \dots \times Y_n)$ (рис.12);

синтезу паралельного і магістрального опрацювання даних S_1, S_2, S_3 :

$(S_1 \circ S_2) + S_3 = S_{12} + S_3 = S \subset (X_1^* \times X_2^* \times X_3^* \times Z) \times (Y_1^* \times Y_2 \times Y_3)$. (рис.13);

синтезу мультимагістрального опрацювання даних

$S_1 + (S_2 \circ S_3) = S_1 + S_{23} = S \subset (X_1^* \times X_2^* \times X_3^* \times Z) \times (Y_1 \times Y_2^* \times Y_3)$, (рис.14);

системи синтезу каскадного з'єднання та операції замикання оберненого зв'язку

$F(S_1 \circ S_2) = S \subset (X_1^* \times X_2^*) \times (Y_1^* \times Y_2^*)$, (рис.15);

операцій системи синтезу, що охоплено оберненим зв'язком з допомогою каскадних операцій замикання оберненого зв'язку

$F(S_1 \circ S_2 \circ \dots \circ S_n) = S \subset (X_1^* \times X_2^* \times \dots \times X_n^*) \times (Y_1^* \times Y_2^* \times \dots \times Y_n^*)$. (рис. 16).

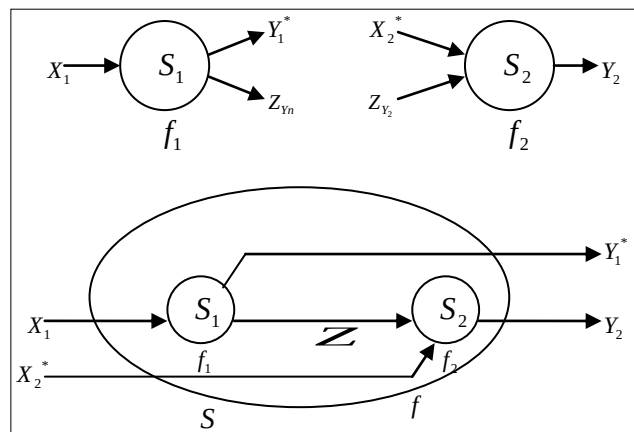


Рис. 9. Мультимагістральна система опрацювання даних $S_1 \circ S_2 = S$

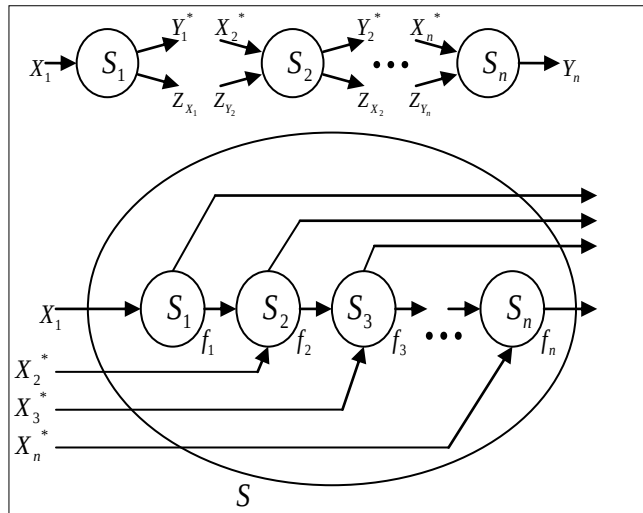


Рис. 10. Система S магістральної обробки даних $S = S_1 \circ S_2 \circ S_3 \dots \circ S_n$

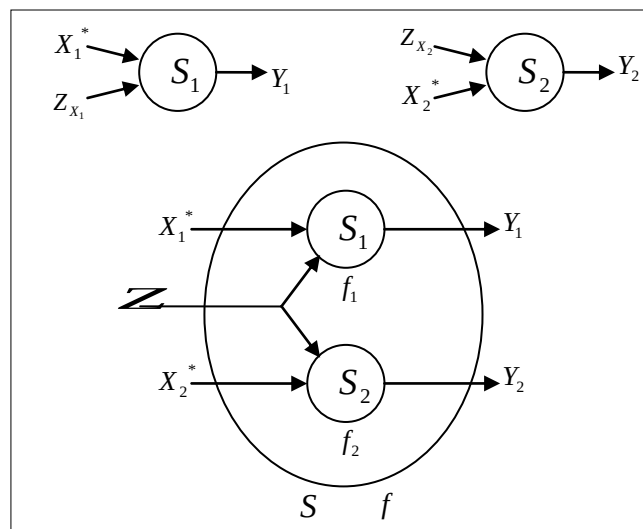


Рис. 11. Системи S синтезу паралельних систем $S_1 + S_2 = S$

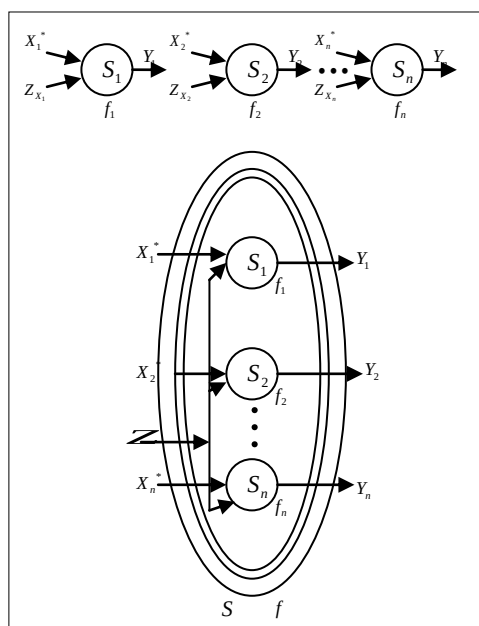


Рис. 12. Система S синтезу систем паралельного опрацювання даних $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$

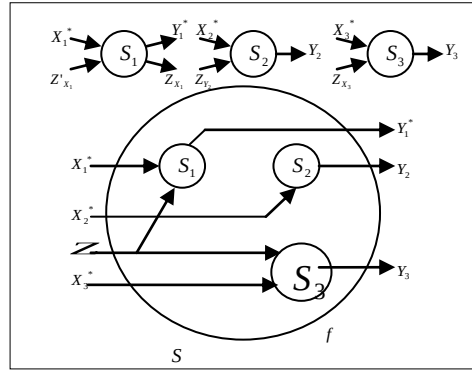


Рис.13. Синтез паралельного і магістрального опрацювання даних

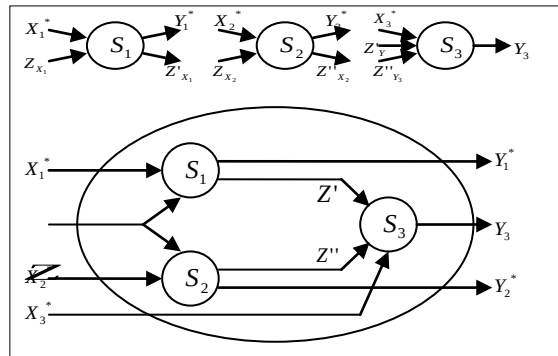


Рис.14. Синтез мультимагістрального опрацювання даних

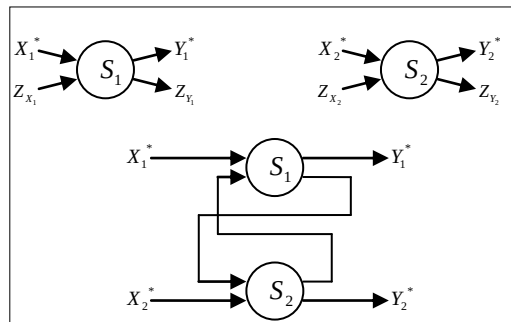


Рис. 15. Система синтезу каскадного з'єднання та операції замикання оберненого зв'язку

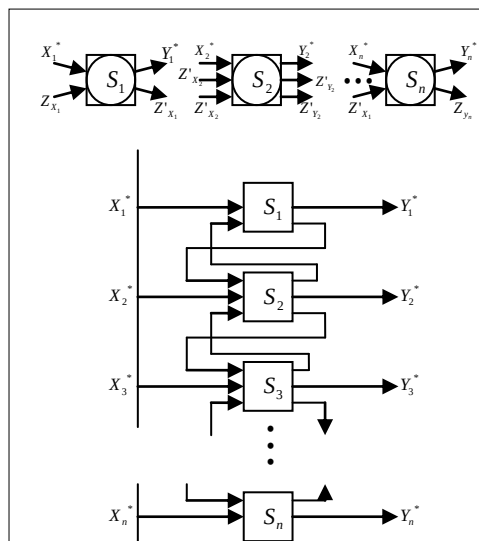


Рис. 16. Система синтезу каскадного з'єднання, охопленого оберненим зв'язком за допомогою каскадних операцій замикання оберненого зв'язку

Шостий розділ описує методи та високопродуктивні системи опрацювання даних комп'ютерного зору в реальному часі. Розроблено та досліджено схему мультиконвеєрних обчислювальних систем (МКОС) і реалізовано функціональні схеми обчислювальної та запам'ятовувальної комірки (рис. 20).

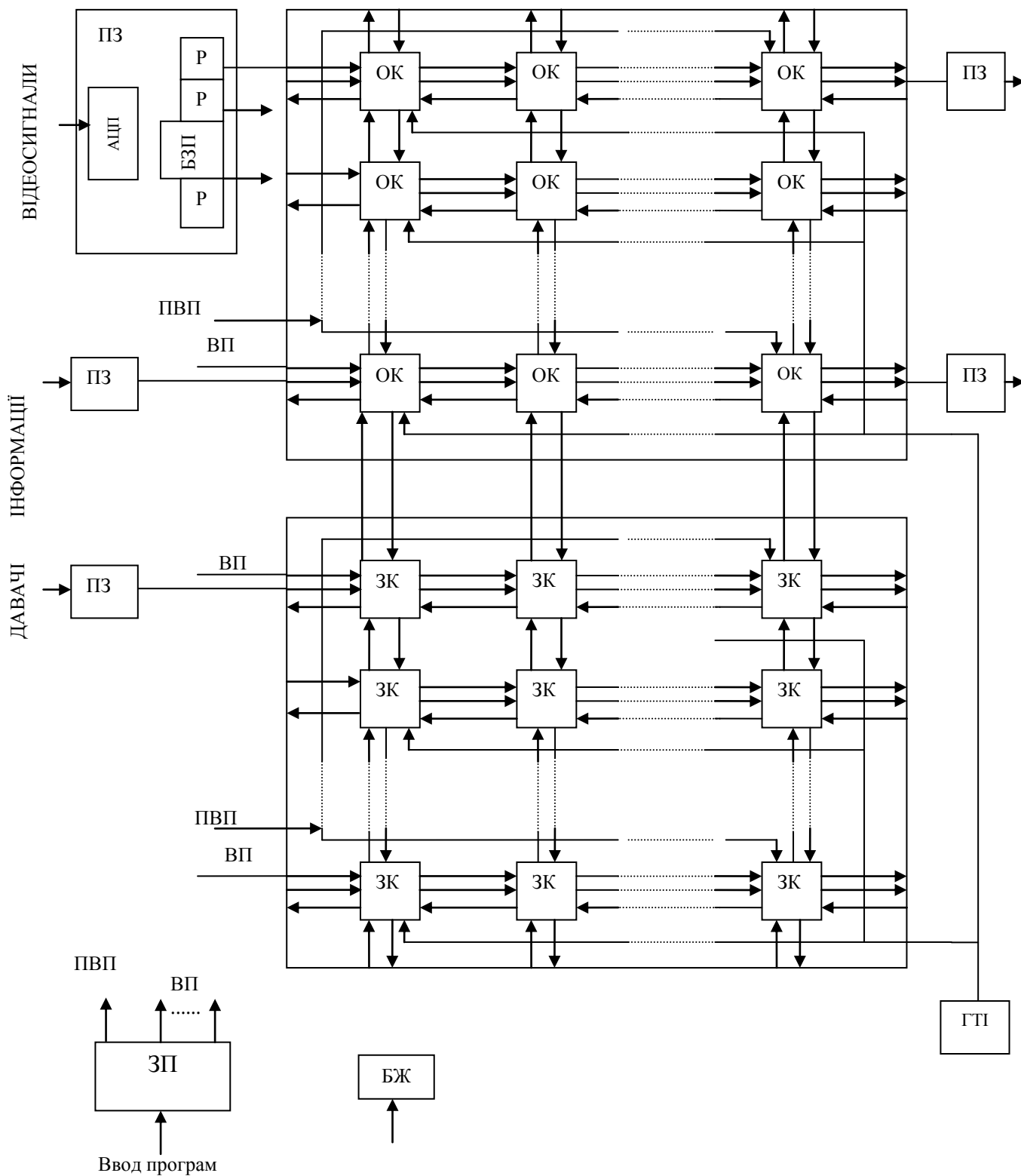


Рис. 17. Схема обчислювальної системи з однорідною структурою для задач системи комп'ютерного зору

МКОС складається з двох основних частин: матриці обчислювальних комірок (МОК) і матриці запам'ятовувальних комірок (ОК). Давачі і приймачі інформації

з'єднуються з системою за допомогою буферних запам'ятовувальних пристроїв (ЗП). Процес налаштування ООС та її робота розділені у часі: спочатку формується потік команд для налаштування регістру команд (РК) кожної обчислювальної запам'ятовувальної комірки, а потім задається потік даних. Структурну схему ОК наведено на рис. 17. Експериментальні дослідження проводилися у рамках проекту №412 українського науково-технологічного центру та за програмою Міністерства освіти і науки «Комп'ютерний зір» Ф25 1/112, 2007р.

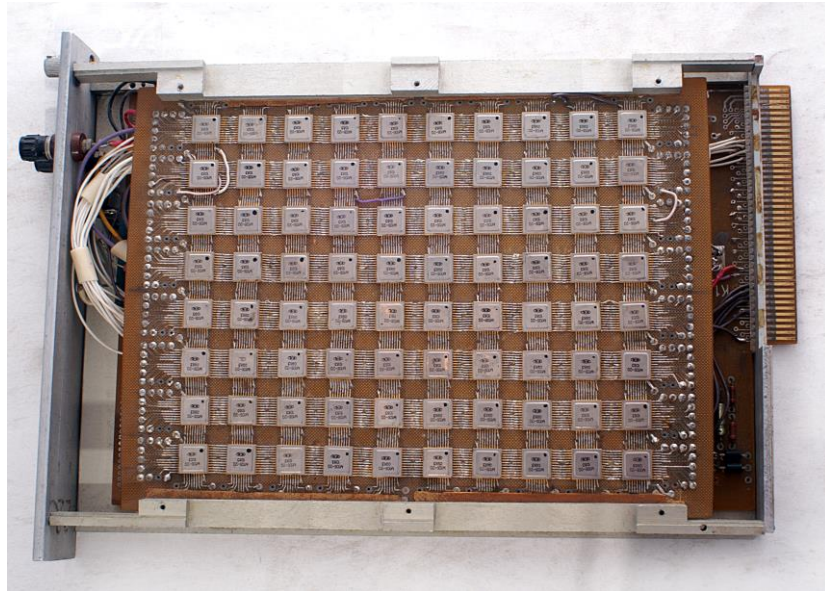


Рис. 18. Мультиконвеєрна однорідна обчислювальна структура

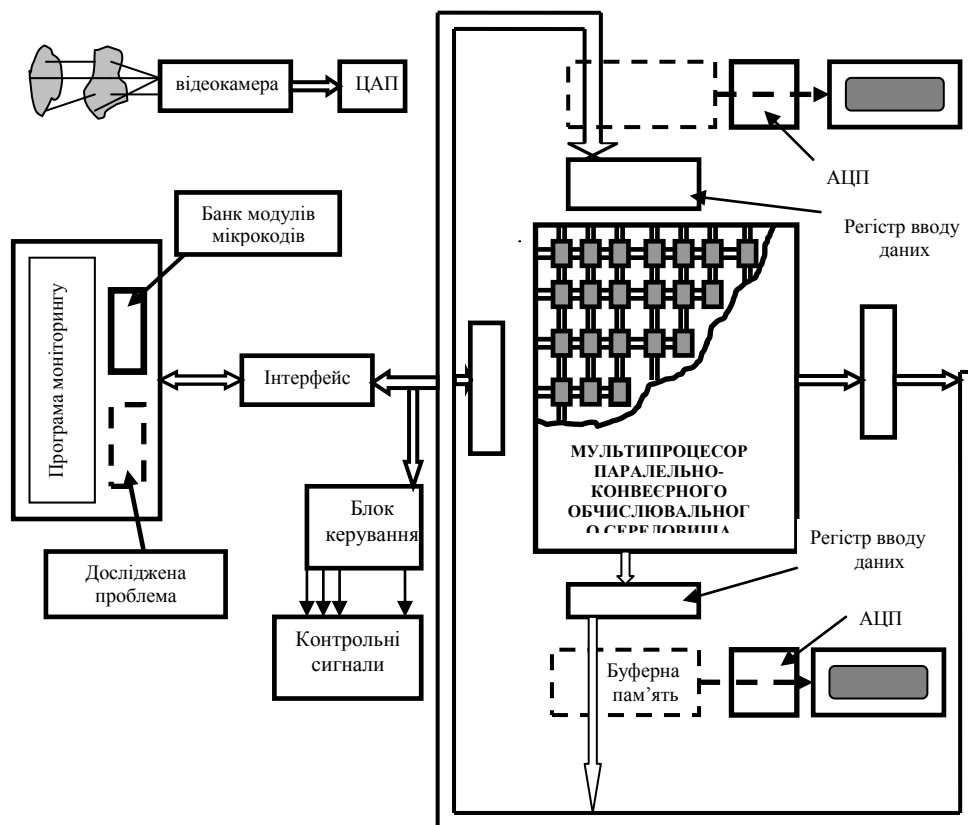


Рис. 19. Система опрацювання зображень комп'ютерного зору, що базується на однорідному обчислювальному середовищі

На рис. 17, 19 представлено схему системи для опрацювання зображень комп'ютерного зору, що базується на однорідному обчислювальному середовищі, яка може бути використана для автоматизованого синтезу мультиконвейєрних обчислювальних структур нейроподібного типу у задачах комп'ютерного зору. Запропоновано алгоритми налаштування та синхронізації роботи однорідних обчислювальних середовищ від одного зовнішнього генератора тактових імпульсів. Наведено функціональні схеми базових МПМ з внутрішніми константами для восьмирозрядних операндів. Розроблення аналогічних МПМ для операндів більшої розрядності принципових труднощів не викликає [2]. Отримані результати впроваджено у міжнародних проектах у рамках Українського науково-технологічного центру та державних замовленнях [1, 31].

Розроблено методи та засоби проектування базових модулів системи для багатоваріантного паралельного опрацювання інформації в однорідних обчислювальних середовищах. Для завдань синтезу однорідних обчислювальних елементів наведено приклади базових мікропрограмних модулів, які можуть бути використані для синтезу паралельних алгоритмів на однорідних обчислювальних структурах.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язано науково-прикладну проблему підвищення точності розпізнавання біологічних образів на складному (нерівномірному та неоднорідному за параметром яскравості) полі уваги та зменшення часу прийняття рішень за рахунок розробки нових моделей комп'ютерного сприйняття, методів та архітектур опрацювання відеоданих та ефективної інформаційно-аналітичної системи опрацювання відеопотоків у реальному часі. Здобувачем отримано такі наукові результати:

1. Новий метод підвищення рівня розпізнавання складних зображень зі слабкою формалізованістю об'єктів, який характеризується можливістю розпізнавання конгломератів і частково перекритих об'єктів на складному полі уваги в реальному часі та умовах дії завад.

2. Новий метод розпізнавання слабоформалізованих образів на складному полі уваги, який дозволяє адаптивно виділяти образи неоднорідності на складному зображенні (де піксели фону перекривають піксели об'єкта), що дозволяє реалізувати розпізнавання образів на складному фоні в відеопотоках у реальному часі для їх класифікації та аналізу.

3. Новий метод виділення класів обчислювальних функцій (алгоритмів), що допускають розпаралелювання обчислювального процесу відносно визначених функцій (на заданому рівні). Виділений клас функцій є зчисленою множиною, що дає можливість отримувати функцію з оптимальною можливістю розпаралелювання та досліджувати структуру задач для програмного налаштування або реконфігурації системи відповідно до релізовуваного алгоритму.

4. Новий метод розпаралелювання відеопотоків, який дозволяє забезпечити виконання операцій розпізнавання образів у паралельному режимі або у режимі

збігу за рахунок вибору тривалості кроків як тривалості виконання певних елементарних функцій.

5. Новий метод синтезу та архітектури систем комп'ютерного зору, в яких використовуються нові підходи для синтезу і налаштування паралельного опрацювання даних в однорідних обчислювальних середовищах, що дає можливість реалізувати обробку відеопотоків у реальному часі з мінімальними апаратними витратами.

6. Отримала подальший розвиток теорія побудови систем комп'ютерного зору, шляхом реалізації моделі комп'ютерного сприйняття образів, яка включає такі елементи: динамічна зміна роздільної здатності та чутливості (відповідно об'єму інформації, що потрібно опрацьовувати), технологія програмно-керованих растрів на неінтегральній системі вводу, методи розпізнавання складних образів (проблема перекриття пікселів у різних частинах зображення), розпаралелювання опрацювання відеопотоків у реальному часі, що забезпечує створення високопродуктивних систем комп'ютерного зору реального часу з мінімальними апаратними витратами.

7. Отримав подальший розвиток метод програмно-керованих растрів, що полягає у програмному формуванні розгортки на неінтегральному рівні та забезпечує більш детальне сканування мішені сприймальної електронно-вакуумної трубки. Метод дозволяє підвищити роздільну здатність систем введення зображень у 2-3 рази та створити базу даних для аналізу зображень на неінтегральному рівні.

8. Отримала подальший розвиток методологія оцінювання якості, ефективності та достовірності передачі даних у системах комп'ютерного зору шляхом використання вибору показника функції питомої змістовності повідомлення, що дозволяє знайти найкращий спосіб узгодити роботу джерела інформації з пропускнуою здатністю каналу, забезпечуючи при цьому задану вірогідність відтворення інформації на виході.

9. Реалізовано програмно-апаратні засоби комп'ютерного зору, що дозволяють здійснювати розпізнавання складних об'єктів на неоднорідному полі уваги в реальному часі.

10. Реалізовано лабораторний стенд для прийняття рішень за допомогою аналізу відеопотоків.

Список опублікованих праць за темою дисертації

1. Грицик В. В. Інформаційні технології і системи у застосуванні комп'ютерного зору / Грицик В. В. ; ДНДІІІ . – Львів : Сполом, 2009. – 115 с.
2. Грицик В. В. Розпаралелювання алгоритмів обробки даних для реалізації інформаційно-аналітичних систем / Грицик В. В., Грицик В. В. (мол.) ; ДНДІІІ. – Львів : Сполом, 2007. – 87 с.
3. Грицик В. В. Розпізнавання текстово-символьної графічної інформації на зображеннях за допомогою нейронної мережі комп'ютерного зору / Грицик В. В., Влах М. А., Пелих Н. І., Влах В. А. – Львів, 2008. – 43 с. – (Препр. / ДНДІІІ ; № 11).
4. Грицик В. В. Ідеї штучного інтелекту. Інформаційно-аналітичні системи / Грицик В. В. ; Державний НДІ інформаційної інфраструктури НАНУ, Держдепартаменту зв'язку та інформатизації України. – Львів, 2008. – 64 с.

5. Грицик В. В. Оцінка якості передавання і комп'ютерна обробка даних образів / Грицик В. В. // Доповіді НАН України. – 2008. – № 9 : Інформатика та кібернетика. – С. 43-48.
6. Грицик В. В. Опис алгоритмів паралельно-рекурсивної обробки даних в системах реального часу // Доповіді НАН України. – Секція „Інформатика та кібернетика”. – 2009. – № 3. – С. 49-54.
7. Грицик В. В. Обробка складних зображень та їх розпізнавання в інформаційно-аналітичних системах комп'ютерного зору // Доповіді НАН України. – Секція „Інформатика та кібернетика”. – 2009. – № 7. – С. 36-41.
8. Грицик В. В. Представлення знань та формування нових / Грицик В. В. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» : Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів, 2005. – № 543. – С. 204-211.
9. Грицик В. В. Метод, алгоритми та програмна реалізація розпізнавання та класифікації клітин типу комета / Грицик В. В., Влах М. А. // Інформаційні технології і системи. – 2006. – Т. 9, № 1. – С. 27-37.
10. Грицик В. В. Задача класифікації біологічних об'єктів / Грицик В. В. // Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова : зб. наук. праць. – К., 2006. – № 34. – С. 153-160.
11. Грицик В. В. Попередня обробка зображень – генетичний алгоритм / Грицик В. В. // Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова : зб. наук. праць. – К., 2006. – № 35. – С. 110-116.
12. Грицик В. В. Розпізнавання і класифікація біологічних об'єктів // Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова : зб. наук. праць. – К., 2006. № 36. – С. 177-183.
13. Грицик В. В. Інформаційно-аналітична система обробки та розпізнавання і управління складними зображеннями в заданому полі уваги / Грицик В. В. // Системні технології, математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем : Регіональний міжвузівський зб. наук. праць. – Дніпропетровськ, 2006. – № 6 (47). – С. 96-101.
14. Грицик В. В. Нейронні мережі для інформаційно-аналітичних систем розпізнавання образів // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології / ВНТУ. – 2006. – № 2 (12). – С.142-146.
15. Грицик В. В. Комп'ютерний зір як інформаційна технологія для оцінки якості передачі інформації // Вісник Національного університету „Львівська політехніка” : Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів, 2006. – № 565. – С. 239-243.
16. Грицик В. В. Паралельні алгоритми обробки даних в реальному часі / Грицик В. В. // Системні технології, математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем : Регіональний міжвузівський зб. наук. праць. – Дніпропетровськ, 2007. – Вип. 6 (53). – С. 84-87.
17. Грицик В. В. Застосування штучних нейронних мереж при проектуванні комп'ютерного зору / Грицик В. В. // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы : Херсонський науково-техн. журнал М-ва освіти та науки України. – 2007. – № 2 (20). – С.65-67.
18. Грицик В. В. Перспективи та проблеми застосування автоматизованих інформаційно-аналітичних систем у мікробіології // Вісник Національного університету „Львівська політехніка” : Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів, 2007. – № 604. – С. 244- 249.

19. Грицик В. В. Інформаційні технології і системи у застосуванні для задач комп'ютерного зору / Грицик В. В. // Інформаційні технології і системи. – 2008. – Т. 11, № 1. – С. 199-221.
20. Грицик В. В. Інформаційні технології комп'ютерного зору обробки даних: проблеми, стратегія, перспективи // Інформаційні технології і системи. – Львів, 2009. – Т. 12, № 1. – С. 179-194.
21. Грицик В. В. Інформаційні технології і системи комп'ютерного зору / Грицик В. В. // Інформаційні технології і системи. – 2009. – Т. 12, № 2. – С. 169-174.
22. Hrytsyk V. V. (sen). Information-quality assessment of data process and transfer in condition of noise and distortion of messages in computer vision tasks. Determination of the probability and quantity of received information is in problems of informatin – analytical systems / V. V. Hrytsyk (sen), V. V. Hrytsyk (jun). // Інформаційні технології і системи. – 2007. – Т. 10, № 1. – С. 179-190.
23. Hrytsyk (sen) V. V. Information-quality assessment of data process and transfer in condition of noise and distortion of messages in Computer Vision tasks. The probability (confidence) of transmission and processing of information method / V. V. Hrytsyk (sen), V. V. Hrytsyk (jun) // Інформаційні технології і системи. – 2007. – Т. 10, № 2. – С. 161-170.
24. Hrytsyk V. V. (sen). Information-quality assessment of data process and transfer in condition of noise and distortion of messages in Computer Vision tasks. General expression for entropy $H_x(\tilde{y})$ / V. V. Hrytsyk (sen), V. V. Hrytsyk (jun) // Інформаційні технології і системи. – 2008. – Т. 11, № 2. – С. 165-174.
25. Грицик В. В. Концепція інтелектуальних систем дослідження біологічного середовища для прийняття рішення у реальному часі / Грицик В. В. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» : Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів, 2004. – № 521. – С. 61-64.
26. Грицик В. В. Дослідження шляхів покращення навчання штучних нейронних мереж для задач розпізнавання образів / Грицик В. В., Федорів Т. С. // Комп'ютерні технології : наук. праці. – Миколаїв : В-во ЧДУ ім. П. Могили, 2009. – Вип. 104, Т. 117 – С. 107-118.
27. Грицик В. В. (1973) Задача класифікації біологічних об'єктів / Грицик В. В. (1973), Н. Пелих // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» : Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів, 2009. – № 650. – С. 100-103.
28. Hrytsyk V. Information videoscope as a system of experiment automation with the possibility of high resolution and sensitivity images input designed for cellular microscopy / Hrytsyk V., Opotiak Yu., Tsmots I. // Modeling and simulation in technique: V Symposium. – Lodz (Poland), 2006. – P. 53-58.
29. Hrytsyk V. Information technology problems in computer vision systems in real time / Hrytsyk Volodymyr // Workshop'2009 : Methods and Applicationsn of Artificial Intelligence. – College of Informatics and Management, 16-17 September 2009. – Bielsko-Biala (Poland). – P. 5-12.
30. Hrytsyk V. Method of Conglomerates Recognition and Their Separation Into the Parts / Volodymyr Hrytsyk, Viktor Vlach // Method and Instruments of Artificial Intelligence : conference. – Rzeszov (Poland), 20-24. 09. 2010. – Rzeszov ; Sofia : ITHEA. – P. 184-192.
31. Грицик В. В. Інформаційний відеоскоп надвисокої роздільної здатності для дослі-

дження запрограмованої смерті (апоптозу) пухлинних клітин людини / Грицик В. В., Стойка Р. С., Грицик В. В. (мол.), Опотяк Ю. В., Цмоць І. Г., Ключівська О. Ю. // Інформаційні технології і системи. – 2005. – Т. 8, № 1. – С. 5-11.

32. Грицик В. В. Технічні та програмні засоби розпізнавання та аналізу зображень складних біологічних об'єктів / Грицик В. В., Влах М. А. // Інформаційні технології та системи. – 2005. – Т. 8, № 1. – С. 17-28.

33. Грицик В. В. Інформаційно-комп'ютерне бачення зору та сприйняття і передавання даних (комп'ютерний зір) / Грицик В. В. // Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій ISDMIT 2007 : міжнар. конф. : зб. наук. праць : у 3 т. – Євпаторія, 2007. – Т. 3. – С. 121-123.

34. Hrytsyk V. Parallel algorithms for processing of information / Hrytsyk V., Dudykevych A. T., Levytska S. M. // Modeling and simulation in technique : IV Symposium. – Lodz (Poland), 2005. – P. 93-98.

35. Грицик В. В. Інформаційно-аналітична система обробки та розпізнавання і управління складними зображеннями в заданому полі уваги / Грицик В. В. // Інтелектуальні системи прийняття рішень і прикладні аспекти інформаційних технологій (ISDMIT 2006) : міжнар. конф. – Львів, 2006. – Т. 4, ч. 2. – С. 30-33.

36. Грицик В. В. Інформаційний відеоскоп як система автоматизації експерименту з можливістю вводу зображень з високою роздільною здатністю та чутливістю для клітинної мікроскопії / Грицик В. В., Опотяк Ю. В., Цмоць І. Г. // Інформаційні технології і системи. – 2005. – Т. 8, № 1. – С. 52-60.

37. Грицик В. В. Відбір та опрацювання відео потоків візуального спектру для прийняття рішень у реальному часі / Грицик В. В. // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту (ISDMIT 2012) : міжнар. конф. : зб. наук. праць. – Херсон, 2012. – С. 61-62.

38. Грицик В. В. Апаратні засоби системи вводу зображень з високою роздільною здатністю / Грицик В. В., Кравець І. І., Опотяк Ю. В., Цмоць І. Г. // Інформаційні технології і системи. – 2005. – Т. 8, № 1. – С. 123-135.

АНОТАЦІЯ

Грицик В. В. Моделі і засоби адаптивного опрацювання відеопотоків у системах комп'ютерного зору. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.23 – системи і засоби штучного інтелекту. – Харківський національний університет радіоелектроніки, Міністерство освіти і науки України. – Харків. – 2013.

Метою дослідження є підвищення точності розпізнавання об'єктів на складному полі уваги в реальному часі шляхом розробки моделей комп'ютерного сприйняття, методів і архітектур адаптивного опрацювання відеопотоків у системах комп'ютерного зору, спрямованих на інтелектуальну обробку даних та її розпаралелювання.

Об'єктом дослідження є процеси адаптивного опрацювання відеопотоків у системах комп'ютерного зору.

Предметом дослідження є моделі і засоби адаптивного опрацювання відеопотоків у системах комп'ютерного зору.

Як основні результати можна виділити реалізацію системи оперативної зміни роздільної здатності на неінтегральному рівні за допомогою технології програмно-керованих растрів; метод розпізнавання слабоформалізованих об'єктів на неоднорідному полі уваги у реальному часі; метод розділення частково перекритих об'єктів; методологію оцінювання якості, ефективності та достовірності передачі даних в системах комп'ютерного зору; апаратно орієнтований метод розпаралелювання відео потоків, орієнтований на термальне представлення алгоритмів; метод синтезу архітектур систем комп'ютерного зору, який ґрунтується на просторово-часовому відображенні алгоритмів.

Основні результати роботи знайшли практичне застосування в науково-дослідних проектах та методичних розробках для навчального процесу.

Ключові слова: інтелектуальні технології, інтелектуальна діяльність, адаптивне опрацювання відеопотоків, комп'ютерний зір, інформаційно-аналітичні системи, реальний час, високопродуктивні системи, паралельне опрацювання даних.

АННОТАЦІЯ

Грыцьук В. В. Модели и средства адаптивной обработки видеопотоков в системах компьютерного зрения. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.23 – системы и средства искусственного интеллекта. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Министерство образования и науки Украины. – Харьков. – 2013.

Диссертация посвящена разработке интеллектуальных информационно-аналитических систем для реализации технологий компьютерного зрения. В работе исследуются способы и средства распознавания сложных изображений на неоднородном фоне в реальном времени.

Целью исследования является повышение точности распознавания объектов на сложном поле в реальном времени путем разработки моделей компьютерного восприятия, методов и архитектур адаптивной обработки видеопотоков в системах компьютерного зрения, направленных на интеллектуальную обработку данных и ее распараллеливание.

Объектом исследования являются процессы адаптивной обработки видеопотоков в системах компьютерного зрения.

Предмет исследования – модели и средства адаптивной обработки видеопотоков в системах компьютерного зрения.

Основные результаты: метод повышения уровня распознавания сложных изображений со слабой формализацией объектов, который характеризуется возможностью распознавания конгломератов и частично перекрытых объектов на сложном поле (фоне) в реальном времени и при условии действия помех; метод распознавания слабо формализованных образов на сложном поле (фоне), позволяющий адаптивно выделять объекты неоднородности в сложном

изображении (где пиксели фона перекрывают пиксели объекта), что позволяет реализовать распознавание образов на сложном фоне в видеопотоке, в условиях реального времени в целях их классификации и анализа; метод выделения классов вычислительных функций (алгоритмов), допускающих распараллеливание вычислительного процесса относительно заданных функций (на заданном уровне); метод распараллеливания видеопотоков, который позволяет обеспечить выполнение операций распознавания образов в параллельном режиме за счет выбора длительности шагов как продолжительности выполнения определенных элементарных функций; метод синтеза и архитектуры систем компьютерного зрения, в которых используются новые подходы для синтеза и реализации параллельной обработки данных в однородных вычислительных структурах, что дает возможность реализовать обработку видеопотоков в реальном времени с минимальными аппаратными затратами; получила дальнейшее развитие теория построения систем компьютерного зрения путем реализации модели компьютерного восприятия образов, которая включает следующие элементы: динамическое изменение разрешения и чувствительности (соответственно объема информации, который нужно обрабатывать), технология программно-управляемых растров на неинтегральной системе ввода, методы распознавания сложных образов (проблема перекрытия точек в разных частях изображения), распараллеливание обработки видеопотоков в реальном времени, что обеспечивает создание высокопроизводительных систем компьютерного зрения реального времени с минимальными аппаратными затратами; получил дальнейшее развитие метод программно-управляемых растров, который заключается в программном формировании развертки и обеспечивает более детальное сканирование мишени принимающей электронно-вакуумной трубки; метод позволяет повысить разрешающую способность систем ввода изображений в 2-3 раза и создать базу данных для анализа изображений неинтегральному уровню; получила дальнейшее развитие методология оценки качества, эффективности и достоверности передачи данных в системах компьютерного зрения путем использования выбора показателя функции удельного содержания сообщения, что позволяет найти наилучший способ согласования работы источника информации с пропускной способностью канала, обеспечивая при этом заданную вероятность воспроизведения информации на выходе. Предложенные модели и методы реализованы в виде программно-аппаратных средств компьютерного зрения, позволяющих осуществлять распознавание сложных объектов на неоднородном поле (фоне) в реальном времени. Разработан лабораторный стенд для принятия решений с помощью анализа видеопотоков. Основные результаты работы нашли практическое применение при выполнении научно-исследовательских проектов, международных контрактов, государственных программ; методические разработки использованы в учебном процессе Национального университета «Львовская политехника».

Ключевые слова: интеллектуальные технологии, интеллектуальная деятельность, адаптивная обработка видеопотоков, информационно-аналитическая система, высокопроизводительные системы обработки данных, параллельная обработка данных, реальное время.

ABSTRACT**Hrytsyk V. V. Models and tools for adaptive processing videostreams in Computer Vision Systems. – Manuscript.**

Dissertation for the Degree of Doctor of Science in specialty 05.13.23 – systems and methods of artificial intelligence.– Kharkiv National University of Radio Electronics of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2013.

Goal of the research is to improve the accuracy of object recognition in the complexity field of attention in real time by developing computer models of perception, methods and architectures of adaptive processing of video streams in computer vision systems aimed at intelligent data processing and its parallelization.

The subject of the research is models and tools for adaptive processing of video streams in computer vision systems.

Main results of the research are the following: realization of a system for operational changing resolution on non integral level by using software-controlled raster; method for recognizing objects on non uniform field in real time, method for separating of partially overlapped objects, methodology for evaluating quality, effectiveness and reliability of data transmission in computer vision systems, hardware-oriented method for parallelization of video streams, focusing on thermal representation of algorithms, the method for synthesizing architectures of computer vision based on space-time representation of algorithms.

Main results are applied in research projects and methodological developments in the educational process.

Keywords: intelligence technology, intellectual activity, adaptive processing video streams, computer vision, information analytical systems, real time, high-performance system for data processing, parallel data processing.

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у ДК Укроборонпром „Львівський науково-дослідний радіотехнічний інститут” та Державному науково-дослідному інституті інформаційної інфраструктури Міністерства транспорту та зв’язку України і Національної академії наук України.

Науковий консультант – доктор технічних наук, професор
Лобур Михайло Васильович,
Національний університет «Львівська політехніка»,
завідувач кафедри систем автоматизованого
проектування.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Сіроджа Ігор Борисович,
Національна академія природоохоронного і
курортного будівництва, завідувач кафедри
економічної кібернетики;

доктор технічних наук, професор
Тимченко Леонід Іванович,
Державний економіко-технологічний університет
транспорту, завідувач кафедри телекомунікаційних
технологій та автоматики;

доктор технічних наук, професор
Пасічник Володимир Володимирович,
Національний університет «Львівська політехніка»,
професор кафедри інформаційних систем і мереж.

Захист відбудеться “__” _____ 2013 року о ____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.052.01 у Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

Автореферат розісланий “__” _____ 2013 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Литвинова Є.І

Відповідальний випусковий Руденко О.Г.

Підп. до друку 03.04.13. Формат 60x84¹/16; Папір друк.; Умов. друк. арк. 1,8

Облік. вид. арк. 1,6. Зам. № 11-71; Тираж 120 прим.

Надруковано СПД Синчук ВВ
79013, м. Львів, вул. Генерала Чупринки, 38/1