

Міністерство освіти та науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

**РУБАН ІГОР ВІКТОРОВИЧ**

УДК 004.9(932):681.322.05

**НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ  
ЦІЛЕСПРЯМОВАНОГО ПОШУКУ ОБ'ЄКТІВ  
ТА ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ**

05.13.06 – інформаційні технології

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук

Харків – 2008

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському університеті Повітряних Сил ім. І. Кожедуба Міністерства оборони України.

**Науковий консультант:** доктор технічних наук, професор  
Стасєв Юрій Володимирович  
Харківський університет Повітряних Сил  
ім. І. Кожедуба  
заступник начальника університету з навчальної  
роботи.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
Лисенко Едуард Вікторович  
Національний аерокосмічний університет  
ім. М.Є. Жуковського "Харківський авіаційний  
інститут" Міністерства освіти та науки України,  
професор кафедри інформаційних управляючих  
систем;

доктор технічних наук, професор  
Козелков Сергій Вікторович  
Центральний науково-дослідний інститут  
навігації і управління, м. Київ, директор;

доктор технічних наук, професор  
Каргін Анатолій Олексійович  
Донецький національний університет  
Міністерства освіти та науки України, м. Донецьк,  
завідувач кафедрою комп'ютерних технологій.

Захист дисертації відбудеться "30" травня 2008 р. о 12.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.062.01 у Національному аерокосмічному університеті ім. М.Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут" за адресою: Україна, 61070, м. Харків, вул. Чкалова, 17, радіотехнічний корпус, ауд. 232.

З дисертацією можна ознайомитися у науково-технічній бібліотеці Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут".

Автореферат розісланий "22" квітня 2008 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради Д 64.062.01

М.О. Латкін

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Сучасна історична реальність несе не тільки нові загрози і ризики, але й нові можливості щодо прогнозу і попередження аварій і катастроф. Ці можливості забезпечуються зростанням інформатизації сучасного світу, розвитком глобальних комп'ютерних мереж і телекомунікацій, удосконаленням систем управління суспільством. Сьогодні можна ефективніше, ніж раніше, запобігати виникненню надзвичайних ситуацій.

Незважаючи на існуючий технічний потенціал, аналіз процесу розвитку надзвичайних ситуацій і прийняття оперативних рішень є достатньо складним у результаті тривалого часу отримання і оцінки основних чинників. Керівним органам зазвичай доводиться діяти не тільки в умовах гострого дефіциту часу, але і в інформаційному полі, обмеженому точністю і достовірністю отриманих даних. Це може призвести до прийняття нераціональних і навіть помилкових рішень, а отже, і до ще більших втрат. Тому удосконалення систем отримання, збору, передачі, збереження даних і систем управління інформаційними потоками, які орієнтовані на подальший ефективний прогноз і попередження надзвичайних ситуацій, має особливо велике значення.

Широке застосування в системах моніторингу Землі знаходять системи збору і обробки візуальної інформації. Це викликано тим, що людина отримує приблизно 80 % всієї інформації через зоровий аналізатор. Разом з тим отримати інформацію високої якості і заданого об'єму за обмежений час не можливо без розробки нових принципів і підходів до обробки зображень.

Все вищесказане визначає актуальність розробки нових підходів до обробки, стискання і представлення зображень в системах повітряного моніторингу.

Актуальність розробки нових методів стискання зображень визначається можливістю їх використання в таких галузях, як медицина, астрономія, робототехніка, та ін. У цих галузях науки існує необхідність створення архівів зображень тих або інших процесів і явищ, причому форма представлення зображень має бути безпосередньо пов'язана з процесом прийняття рішень.

Існує значна кількість робіт, досліджень, моделей, методів програмних і апаратних засобів, які з різним ступенем ефективності вирішують деякі аспекти створення систем обробки, представлення і стискання зображень.

Найбільш істотними роботами в даній області є дослідження учених: Д.В. Лагуновського, Ю.Б. Зубарева, У. Претта, Р. Вудса, М.М. Красильникова, А.В. Королева, В.А. Соїффера, П.А. Уїнтца, В.В. Яншина, та ін. Роботи цих вчених створили наукову основу,

теоретичні та методичні передумови подальшого пошуку шляхів підвищення ефективності обробки зображень. Але аналіз сучасного стану науково-методичних основ обробки візуальної інформації показав, що завдання комплексної обробки і представлення зображень в системах повітряного моніторингу в даний час не мають рішень, які б знайшли ефективне застосування в практичних реалізаціях. Вони часто носять емпіричний, вузькоспеціальний характер. Аналіз вітчизняної і зарубіжної літератури показав, що дослідження в цьому напрямку обмежені і не відображають повною мірою особливості взаємодіючих процесів прийняття рішень і систем обробки зображень. Математичні моделі, методи обробки зображень, що являють собою відносно складні процеси, не дозволяють в явному вигляді враховувати системність процесу обробки і представлення зображень в системах повітряного моніторингу.

У зв'язку з цим виникає актуальна необхідність створення комплексного системного підходу до вирішення завдань цілеспрямованого пошуку об'єктів і обробки зображень як єдиної проблеми розробки науково-методичних основ об'єктного представлення зображень на основі адаптивного підходу до формування компактних структур для забезпечення якості відновлення зображень об'єктів.

На основі виконаних теоретичних і експериментальних досліджень в дисертаційній роботі сформульована і вирішена важлива для теорії і практики науково-технічна проблема – створення інформаційної технології обробки зображень із збереженням якості об'єктів для оцінки обстановки на основі аналізу візуальної інформації в умовах реального часу обробки зображень.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалася в рамках науково-дослідних робіт, що проводилися на кафедрі математичного та програмного забезпечення АСУ факультету АСУ Харківського університету Повітряних Сил, відповідно до планів наукової і науково-технічної діяльності Харківського військового університету і Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба: шифр "Ореанда-СПД" (ДР № 0101U000608), шифр "Тангенс-703" (ДР № 0101U000440), шифр "Кадри" (ДР № 0101U000489), шифр "Реплікація" (ДР № 0101U000240), шифр "Розрахунок" (ДР № 0101U000491), шифр "Прорив" (ДР № 0101U000600), шифр "Діалог" (ДР № 0101U000601), у яких автор є науковим керівником, заступником наукового керівника та співвиконавцем.

**Мета та завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є скорочення часу оцінки обстановки при аналізі візуальної інформації шляхом розробки науково-методичних основ створення інформаційної технології, моделей і методів цілеспрямованого пошуку об'єктів і обробки зображень.

У відповідності з поставленою метою, для вирішення науково-технічної проблеми, в роботі необхідно було вирішити такі завдання:

- провести аналіз існуючих і перспективних методів обробки зображень;
- побудувати модель цілеспрямованого пошуку і обробки зображень;
- розробити модель об'єктного представлення зображень;
- побудувати модель малорозмірного зображення;
- розробити метод локалізації областей малорозмірних об'єктів;
- розробити метод стискання зображень на основі структурного опису візуальної інформації;
- розробити метод стискання зображень з втратою якості;
- розробити метод стискання зображень областей локалізації об'єктів з повним збереженням якості;
- запропонувати технічну реалізацію програмно-апаратних засобів обробки зображень на основі об'єктного представлення візуальної інформації;
- розробити алгоритми обробки зображень;
- провести порівняльну оцінку ефективності застосування розроблених методів обробки зображень;
- сформулювати структуру даних опису зображень на основі об'єктного представлення візуальної інформації;
- розробити прикладну інформаційну технологію цілеспрямованого пошуку об'єктів і обробки зображень;
- провести впровадження методів обробки зображень системи обробки інформації.

**Об'єкт дослідження** – процес отримання і обробки зображень в системах реєстрації і представлення візуальної інформації.

**Предмет дослідження** – моделі, методи та інформаційна технологія цілеспрямованого пошуку об'єктів і обробки зображень.

**Методи дослідження.** При вирішенні науково-технічної проблеми використовувалися такі методи: методи теорії складних систем – при побудові моделі цілеспрямованого пошуку об'єктів і обробки зображень; методи теорії обробки і передачі зображень – при розробці методів локалізації областей малорозмірних об'єктів і стискання зображень; методи теорії вірогідності – при розробці методу стискання зображень на основі бінарних полів; методи теорії матриць, теорії трансформаційного кодування і матричної алгебри – при розробці методу стискання зображень на основі

ортогональних перетворень. Оцінка експериментальних даних, отриманих в ході роботи, проводилася на основі методів математичної статистики.

**Наукова новизна одержаних результатів.** У результаті виконання роботи сформовано новий науковий напрям, який пов'язаний з розробкою моделей і методів обробки зображень і прикладної інформаційної технології цілеспрямованого пошуку об'єктів і обробки зображень на основі структурованого представлення візуальної інформації.

У рамках наукових досліджень отримані такі наукові результати:

1) вперше одержано:

- науково-методичні основи створення інформаційної технології цілеспрямованого пошуку об'єктів та обробки зображень як взаємопов'язана сукупність моделей і методів, які на відміну від існуючих ґрунтуються на структурованому представленні візуальної інформації, що дозволяє забезпечити локалізацію областей об'єктів із збереженням їх якості;

- комплекс аналітичних моделей і методів локалізації, сегментації областей малорозмірних об'єктів і методів стискання зображень, які, на відміну від існуючих, враховують часові, інформаційні і структурні вимоги, що дає можливість забезпечити адаптивну обробку візуальної інформації;

2) удосконалено:

- прикладна інформаційна технологія обробки зображень в частині цілеспрямованого пошуку об'єктів, їх компактного представлення і розподіленої обробки областей зображень, що забезпечує узгодженість вимог щодо якості та часу;

- метод фільтрації зображень на основі адаптації параметрів фільтру в частині обліку контрастних та яскравістних властивостей малорозмірних зображень, що забезпечує локалізацію області об'єкта;

- метод зонального і порогового відбору коефіцієнтів на основі виявлених компресійних властивостей трансформант перетворення Хартлі в частині формування компактних структур, що забезпечує обробку зображень в реальному масштабі часу обробки інформації.

3) дістало подальший розвиток:

- метод формування трансформант дискретного перетворення Хартлі за рахунок процедур швидкого формування трансформант, що дозволяє зменшити кількість математичних операцій при стисканні зображень;

– метод стискання зображень на основі бінарних полів шляхом обліку статистичних властивостей розподілу довжин бінарних серій, що дозволяє забезпечити стискання області локалізації об'єктів без втрати якості.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичне значення отриманих результатів полягає в такому:

1. Розроблені алгоритми обробки і адекватного відновлення зображень, які реалізують метод стискання на основі дискретного перетворення Хартлі, та забезпечують ступінь стискання статичних зображень в діапазоні від 2 до 36 разів. При цьому ступінь стискання в середньому на 25 % вище, ніж в стандартах стискання JPEG і JPEG 2000, що використовуються в засобах стискання зображень іноземних систем повітряного моніторингу.

2. Розроблений алгоритм швидкого формування трансформант дискретного перетворення Хартлі, який дозволяє при формуванні елементів трансформанти розмірності  $16 \times 16$  скоротити кількість обчислювальних операцій множення/ділення на 70 %, а операцій додавання/віднімання – на 60 % по відношенню до «класичного» двовимірного перетворення Хартлі.

3. Розроблено програмну реалізацію і структурну схему пристрою запропонованого методу стискання і відновлення зображень, які можуть бути використані для розробки засобів оптичного моніторингу, а також дозволяють провести порівняльну оцінку розроблених алгоритмів і встановити статистичну залежність між рівнем якості відновлюваного зображення і ступенем стискання. На пристрій, який реалізує алгоритм швидкого формування трансформант перетворення Хартлі, були отримані деклараційні патенти на винахід.

4. Запропонована в роботі інформаційна технологія, а також методи фільтрації і сегментації дозволяють ефективно локалізувати, а потім сегментувати зображення об'єктів з метою реалізації об'єктної обробки зображень і їх уявлення в заданому (економному) форматі. Подібного роду обробка дозволяє істотно понизити об'єм зображення і, відповідно, час його передачі по каналах зв'язку. У результаті після дешифрування аналіз виявлених на зображенні об'єктів і сцен може бути проведено з високою точністю в автоматичному режимі.

Таким чином, порівняно з існуючими підходами до обробки зображень інформаційна технологія, що запропонована в роботі, дозволяє автоматизувати весь процес аналізу, істотно підвищити точність і понизити час всього циклу аналізу даних.

Практичне значення отриманих результатів підтверджується їх застосуванням:

– при розробці комплексу засобів автоматизації "ОРЕАНДА-2000" в системі обробки зображень про повітряну обстановку, акт Управління військ зв'язку (та АСУ) від 14.05.2004 р.;

– при виконанні дослідно-конструкторської роботи "ОРЕАНДА-ПС", створенні елементів комплексів засобів автоматизації, акт Об'єднання "АСРОТЕХНИКА-МЛТ" від 25.12.2007р.;

– при створенні системи моніторингу обстановки регіонального управління Державної прикордонної служби України для стискання графічних даних, акт Східного регіонального управління Державної прикордонної служби України від 27.11.2007 р.;

– в навчальному процесі Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба в дисциплінах "Основи побудови АСУ" і "Комплекси засобів автоматизації командних пунктів Повітряних Сил", акт Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба від 21.11.2007 р.

Крім того, практичне значення дисертаційної роботи визначається можливістю застосування запропонованої інформаційної технології, алгоритмів і їх технічної реалізації не тільки при створенні і вдосконаленні технічних засобів повітряного моніторингу, але і в підсистемах обробки і передачі цифрових зображень в автоматизованих системах управління.

**Особистий внесок здобувача.** У працях, виконаних у співавторстві та опублікованих у фахових виданнях, особистий внесок полягає в тому, що були запропоновані: принципи побудови комп'ютерних мереж і підходи щодо обміну інформації [1]; принципи побудови обчислювальних пристроїв обробки даних [2]; принципи щодо організації обміну даними у телекомунікаційних мережах [3]; метод стискання матриці знаків при кодуванні зображень дискретно-косинусним перетворенням [4]; метод підвищення якості відновлення зображень [5]; метод стискання зображень з використанням кодування довжин серій [6]; модель стискання зображень на основі ортогональних перетворень [7]; метод стиску динамічних зображень на основі дискретно-косинусного перетворення [8]; загальний підхід до стискання зображень на основі ортогональних перетворень [9]; алгоритм кодування зображень на основі комбінованого методу стискання [10]; підхід щодо оцінки характеристик обміну графічною інформацією в комп'ютерних мережах [11]; модель стегосистеми втілення інформації в зображення [12]; аналітичний вираз зміщеного дискретного перетворення Хартлі [13]; підхід до автоматизації аналізу термограм [14]; класифікація літальних апаратів моніторингу поверхні Землі [15]; критерій оцінки якості відновлення зображень [16]; підхід щодо

оцінки пропускну́ї спроможності вузлів розподі́лених мереж обміну даними [17]; спосіб досягнення нелінійності теоретико-числових перетворень [18]; метод підвищення ефективності стискання зображень на основі різниці серій [19]; метод кодування зображень на основі ортогональних перетворень [20]; метод підвищення ступеня стискання зображень при кодуванні довжинами серій [21]; процедура фільтрації коефіцієнтів перетворення Хартлі на основі виявлених властивостей перетворення Хартлі [23]; процедура відбору коефіцієнтів перетворення Хартлі [25]; критерій сегментації малорозмірних зображень [26]; критерій об'єднання пікселів в компоненту кордону зображення [27]; підхід до сегментації кордонів контрастних зображень [28]; критерій побудови зв'язаних кордонів зображення [29]; процедура збільшення коефіцієнту стискання зображень [33]; критерій оцінки ефективності стискання зображень [35]; модель сегментації малорозмірних зображень [37]; підхід щодо вибору контрастністних критеріїв [38]; підхід використання унітарного перетворення Хартлі у рекурсивно-хвильовому стисненні зображень [39]; підхід знаходження найкоротших гамельтонових циклів [40]; модель стискання статичних зображень [41]; об'єктно-орієнтований підхід до стискання зображень [42]; блок швидкого перетворення Хартлі [43]; пристрій швидкого перетворення Хартлі [44]; блок обчислення усіченого перетворення Фур'є [45]; блок обчислення 16-точкового зрізаного перетворення Фур'є в полі  $GF(2^8)$  [46]; блок обчислення усіченого перетворення Фур'є в залишкових класах [47]; блок обчислення 14-точкового зрізаного перетворення Фур'є в полі  $GF(2^8)$  [48]; блок для обчислення 2-точкового зрізаного перетворення Фур'є в полі  $GF(2^8)$  [49].

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи викладено та обговорено:

- на XI міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційні технології: техніка, технологія, освіта, здоров'я", Харків (15 – 16 травня) – 2003 р.;
- на п'ятій міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми інформатики і моделювання" Харків (24 – 26 листопада) – 2005 р.;
- на міжнародній науково-технічній конференції EWDTW 05, Odessa (Sept. 15 – 19) – 2005 р.;
- на міжнародній науково-технічній конференції EWDTW 06., Sohci (Sept. 15 – 19) – 2006 р.;
- на третій науковій конференції Харківського університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків (28 – 29 березня) – 2007 р.;

– на сьомій міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми інформатики і моделювання», Харків (29 листопада – 1 грудня) – 2007р.

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 49 праць, у тому числі 33 наукових статті, з яких 14 у науково-технічних журналах, 19 у збірниках наукових праць, що входять до переліку фахових видань, затверджених ВАК України (7 з яких без співавторів), 6 тез доповідей, 7 патентів та 3 підручника.

**Обсяг та структура дисертації.** Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, висновку, списку використаних джерел і 8-и додатків. Загальний об'єм роботи складає 395 сторінок, в тому числі 76 рисунків на 41 окремих сторінках, 15 таблиць на 6 окремих сторінках, список використаних літературних джерел з 257 найменувань на 24 сторінках, 8 додатків на 43 сторінках.

### **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** до дисертації подане обґрунтування актуальності теми досліджень, окреслено об'єкт, предмет та мету досліджень, подано опис основних наукових результатів, їх новизна, достовірність, практична цінність, відомості про впровадження, апробації, а також структуру роботи.

**У першому розділі** проаналізований сучасний науково-технічний стан підходів до обробки зображень, проведений аналіз характеристик оптичних систем моніторингу, аналіз властивостей зображень і видів надмірності, сформульована науково-технічна проблема.

Вдосконалення засобів обробки і зберігання зображень забезпечило те, що складність здійснення кодування перестала бути визначальним обмеженням при розробці систем обробки зображень. Стала можливою побудова систем, що вимагають запам'ятовування цілого ряду кадрів і достатньо складної обчислювальної обробки даних, а також тих що діють в реальному масштабі часу. Тому всебічне порівняння різних систем кодування складне, оскільки дуже багато чинників визначають ефективність кодування і складність його практичного здійснення.

Аналіз сучасного стану засобів стискання зображень показав, що при використанні існуючих підходів до стискання зображень неможливо забезпечити своєчасну доставку якісних зображень з борту повітряного засобу. Це визначається тим, що для отримання високого коефіцієнта стискання необхідно застосовувати методи з втратою інформації і високими рівнями коефіцієнтів фільтрації. Застосування такого підходу призводить до втрати або розмиття малорозмірних об'єктів.

Найменш вивченою і найцікавішою в теоретичному аспекті є область комплексного підходу до обробки зображень на основі використання методів локалізації,

сегментації стискання без втрати і з втратою інформації, що дозволить отримувати високі коефіцієнти стискання і якісне зображення.

Аналіз етапів обробки інформації людиною-оператором вказує на те, що ефективність представлення інформації істотно впливає на час ухвалення рішення.

Виходячи з процесу прийняття рішення людиною-оператором, найбільш важливим є перший етап (сприйняття інформації). На підставі цього здійснюється прийняття рішення. При цьому, чим більш якісною буде інформація, тим правильніше і швидше буде прийнято рішення.

Зоровий аналізатор людини має найбільшу пропускну спроможність. Це обумовлює необхідність широкого застосування систем відображення і обробки візуальної інформації в різних галузях діяльності людини. Проте при розробці систем обробки візуальної інформації слід враховувати той факт, що характеристики і параметри засобів відображення інформації різні.

У даний час в області обробки існує суперечність, що полягає в невідповідності між зростаючими вимогами до часу доставки і якості представлення зображень об'єктів в системах реального часу з одного боку, і якістю відновлення зображень об'єктів, що забезпечується інформаційними технологіями і методами обробки зображень, які здійснюють компресію на всьому просторі зображення без урахування його структури з іншого боку.

Таким чином, у результаті аналізу сформульована науково-технічна проблема та задачі досліджень.

Основні результати розділу опубліковані в роботах [1, 2, 3, 15, 34].

**У другому розділі** сформульовані вимоги до об'єму даних представлення зображень, до засобів реєстрації зображень в системах цілеспрямованого пошуку об'єктів, приведені класифікація і моделі обробки зображень. Надані результати моделювання процесу оцінки обстановки на основі аналізу зображень, порядок розробки і складові моделей обробки зображень. Наведено моделі цілеспрямованого пошуку об'єктів, обробки і оцінки зображень

При вирішенні завдання цілеспрямованого пошуку об'єктів і обробки зображень методи сегментації застосовуються для того, щоб відокремити зображення об'єктів від фону, а методи розпізнавання – щоб ідентифікувати об'єкти на основі аналізу їх яскравісних, контрастних, геометричних та інших властивостей. Використання апарата теорії розпізнавання, безумовно, вимагає додаткових тимчасових витрат на обробку зображення. Проте при цьому слід враховувати той факт, що для науково-технічних цілей отримані зображення необхідно ще і аналізувати. У цьому випадку на перший план

виходить оцінка часу всього циклу реєстрації і обробки зображення (рис 1),

Рис. 1. Модель об'єктної обробки зображень

де  $n_{об}$  – кількість об'єктів;

$\overline{W}_{об}$  – середня кількість біт опису об'єктів;

$W_{на\ аі}$  – кількість біт при стисканні без втрат;

$\overline{L}_{ср}$  – середня довжина серії одноколірних пікселів;

$\overline{W}_{сн}$  – кількість біт, що витрачається на опис трансформант кодування;

$n_{тп}$  – кількість трансформант;

$k_{пор}$  – значення порогу;

$W_{оос}$  – кількість біт, що витрачається на опис зображень при об'єктному представленні.

У цілому автоматизація знаходження об'єктів в результаті вирішення завдання сегментації, їх ідентифікація і побудова об'єктної моделі сцени дозволяють (порівняно з використанням ручної обробки) не тільки значно підвищити надійність і точність, але також на порядок і більше скоротити час дешифрування і аналізу отримання зображень. Однією з найважливіших при цьому є можливість оперативного автоматизованого аналізу даних об'єктів і ситуацій по серії зображень в динаміці, що подаються у вигляді електронного архіву, для цілей прогнозування розвитку ситуації з урахуванням передісторії, на основі використання спеціалізованих інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень.

Задачу обробки зображення  $W$  подано як послідовність функцій  $V_1, \dots, V_n$ . Для кожної функції  $V_k$ , відомий час її виконання  $T(V_k)$ . Крім того, для кожної функції  $V_k$

відомий список ПРiДШ( $V_k$ ) функцiй, безпосередньо передуючих виконанню функцiї  $V_k$ . Iнакше кажучи, робота  $V_k$  може почати виконуватися тiльки пiсля завершення всiх функцiй, що входять в список ПРiДШ( $V_k$ ). У таблицi 1 наданий порядок виконання функцiй по обробцi зображень i локалiзацiї об'єктiв.

Таблиця 1

**Порядок виконання функцiй по обробцi зображень**

N	Назва функцiї	Попереднi функцiї	Час виконання $T(V_k)$
1	Початок проекту (s)	Немає	0
2	Реєстрацiя зображення ( $V_1$ )	1(s)	$T(V_1)$
3	Запис зображення ( $V_2$ )	2( $V_1$ )	$T(V_2)$
4	Запис зображення ( $V_3$ )	2( $V_1$ )	$T(V_3)$
5	Обробка зображення (локалiзацiя) ( $V_4$ )	3( $V_2$ )	$T(V_4)$
6	Обробка зображення (стискання) ( $V_5$ )	5( $V_4$ )	$T(V_5)$
7	Обробка зображення (стискання) ( $V_6$ )	4( $V_3$ )	$T(V_6)$
8	Запис в буферну пам'ять ( $V_7$ )	6,7( $V_5$ ),( $V_6$ )	$T(V_7)$
9	Передача iнформацiї в канал зв'язку ( $V_8$ )	8( $V_7$ )	$T(V_8)$
10	Kiнець проекту (p)	9( $V_8$ )	0

Сумарний час обробки зображень можна записати як:

$$T(W) = \max\{(T(V_1) + T(V_2) + T(V_4) + T(V_5) + T(V_7) + T(V_8)), (T(V_1) + T(V_3) + T(V_6) + (V_7) + T(V_8))\}.$$

Виходячи iз запропонованої моделi, критичними функцiями є  $V_4, V_5$ . Це обумовлено тим, що в процес реєстрацiї i стискання зображень додається додаткова процедура локалiзацiї. Виходячи з цього, для оцiнки ефективностi запропонованої iнформацiйної технологiї за часом будемо використовувати показник, що поданий виразом

$$T_{i\ddot{a}d} = \min\{(T(V_4) + T(V_5)), (T(V_6))\}.$$

При реалiзацiї процесу цiлеспрямованого пошуку i обробки зображень порядок виконання функцiй поданий в табл. 2. При цьому, оскiльки процес читання зображення з пам'ятi можна органiзувати паралельно i в процесi монiторингу необхiдне уточнення iнформацiї, визначена функцiя читання зображення.

Процес оцiнки обстановки є найбільш важливим, тому для прийняття рiшення на пiдставi аналізу вiзуальної iнформацiї, при представленi зображень об'єктiв з втратою

якості, час цілеспрямованого пошуку і обробки зображень зростає на кількість ітерацій уточнення інформації.

Цільовим призначенням створення інформаційної технології цілеспрямованого пошуку і обробки об'єктів є представлення якісних зображень об'єктів, що значно впливає на скорочення часу оцінки обстановки  $T(V_1), T(V_2)$ .

Таблиця 2

**Порядок виконання функцій цілеспрямованого пошуку і обробки зображень**

N	Назва функції	Попередні функції	Час виконання $T(V_k)$
1	Початок проекту (s)	Немає	0
2	Виявлення об'єктів ( $V_1$ )	1(s)	$T(V_1)$
3	Ідентифікація об'єктів ( $V_2$ )	2( $V_1$ )	$T(V_2)$
4	Уточнення параметрів ( $V_3$ )	3( $V_2$ )	$T(V_3)$
5	Читання зображення ( $V_4$ )	4( $V_3$ )	$T(V_4)$
6	Обробка зображення (локалізація) ( $V_5$ )	5( $V_4$ )	$T(V_5)$
7	Обробка зображення (стискування) ( $V_6$ )	6( $V_5$ )	$T(V_6)$
8	Обробка зображення (стискування) ( $V_7$ )	5( $V_4$ )	$T(V_7)$
9	Запис в буферну пам'ять ( $V_8$ )	7,8( $V_6, V_7$ )	$T(V_8)$
10	Передача інформації в канал зв'язку ( $V_9$ )	9( $V_8$ )	$T(V_9)$
11	Відновлення зображення ( $V_{10}$ )	10( $V_9$ )	$T(V_{10})$
12	Кінець проекту (p)	11( $V_{10}$ )	0

Виходячи з концепції, в роботі запропонована модель цілеспрямованого пошуку і обробки зображень (рис. 2).

Рис. 2. Модель цілеспрямованого пошуку об'єктів і обробки зображень

У процесі обробки зображень підсистемою обробки зображень, яка виконує функції реєстрації, локалізації і стискання зображень (РЛСИ), проводиться його реєстрація (рис. 2); далі отримане зображення зберігається в оперативній пам'яті і реалізуються необхідні для цілей локалізації і стискання етапи обробки зображення. Як видно з діаграми, в системі паралельно проводиться локалізація і стискання (без втрати якості) областей локалізації об'єктів і стискання (з втратою якості) всього знімка. Потім реалізується процедура компактного представлення зображень в результуючий інформаційний масив, який передається по каналах зв'язку підсистеми ВДІ.

При оцінці обстановки на основі аналізу зображень сумарний час процесу складає

$$T_{\text{оцінка}} = T_{\text{локалізація}} + T_{\text{стискання}} + T_{\text{кодування}},$$

де  $T_{\text{обн}}$  – час виявлення об'єкту;

$T_{\text{оп}}$  – час розпізнання об'єкту;

$T_{\text{ид}}$  – час ідентифікації об'єкту.

У процесі моделювання процесу аналізу обстановки були отримані часові оцінки процесу, які зображені на рис. 3.

Рис. 3. Залежність часу оцінки обстановки від кількості об'єктів у зображенні

Як видно з графічних залежностей, застосування об'єктного підходу до обробки зображень дозволяє скоротити час оцінки обстановки і аналізу зображень в 3 рази.

Подані моделі описують процес цілеспрямованого пошуку об'єктів і обробки зображень, що дає нам можливість реалізувати даний процес як інформаційну технологію. Використання цієї інформаційної технології дозволить скоротити час оцінки обстановки в процесі оцінки ситуації і прийнятті рішення.

Основні результати розділу опубліковані в роботах [11, 32, 34, 36, 40, 41].

**У третьому розділі** запропонована математична модель малорозмірного зображення, а також пропонуються методи сегментації і локалізації області малорозмірних зображень об'єктів.

При цьому математична модель МІ будується з урахуванням основних особливостей реєстрації цифрових зображень. Підходи і методи ідентифікації моделі описуються для цілей проведення стійкого виявлення областей зображень об'єктів. Комплекс методів передобробки (насамперед відносно завдань фільтрації вхідного зображення) розглядається для цілей приведення вхідного зображення до необхідного формату відносно масштабу і колірної моделі, а також для забезпечення стійкості вживаних методів сегментації.

На основі вирішення базових (моделювання малорозмірного зображення) і допоміжних (предобробки зображень) завдань в розділі описуються підходи і методи вирішення завдань сегментації і локалізації зображень на основі використання принципів кратного-масштабного аналізу з метою подальшої реалізації стискання зображень на основі запропонованого об'єктного (об'єктно-орієнтованого) підходу представлення зображень.

Модель малорозмірного зображення побудована системно, з максимальним вирахуванням особливостей об'єктів даних класів з метою досягнення адекватної і стійкої сегментації цих зображень. При цьому послідовно описана побудова її базової частини (яка подається топологічною і геометричною складовими моделі), основної частини (яка подається яскравістною і контрастнісною складовими моделі), а також розширеної частини (яка подається колірною і мультиспектральною складовими моделі). На цій основі побудований критерій виявлення. Топологічна складова при цьому дає класифікацію малорозмірних зображень за їх топологічним типом (на точки, лінії і області), а геометрична складова дає класифікацію зображень за їх діаметром на точкові, квазіточкові і малорозмірні зображення. Ці дві моделі відіграють найважливішу роль при налаштуванні інструментів аналізу зображень, наприклад масок, з метою адаптації і забезпечення стійкої сегментації зображень. Яскравісна і контрастнісна складові моделі необхідні для локалізації і сегментації зображень в звичайному режимі, а колірна (мультиспектральна) складова необхідна в умовах недостатньої інформативності.

Крім того, для сегментації даного класу описані підходи і методи вирішення завдань ідентифікації і адаптації з метою обліку особливостей зображень об'єктів даного класу.

Основним (уніфікованим) підходом до аналізу отриманих зображень є кратно-масштабна обробка зображення. Її суть полягає в послідовній реалізації трьох основних етапів обробки:

- 1) побудова піраміди зображень (в ході передобробки зображення);
- 2) кратно-масштабна сегментація;
- 3) локалізація зображення об'єктів з метою стискання (в ході постобробки).

Розроблений метод фільтрації, першою фазою застосування якого є пошук і адаптація до ліній рівня зображень за критерієм мінімальної дисперсії на основі використання сімейства лінійних масок обертання (1). При цьому для отримання згортки застосовується фільтр усіченого середнього (2), що дозволяє адаптуватися до рівня зашумлення зображення.

$$D = \frac{1}{n-2k} \sum_{i=1+k}^{n-k} (f_i - \bar{f})^2 \rightarrow \min, \quad 2k < n. \quad (1)$$

$$f^* = \frac{1}{n-2k} \sum_{i=1+k}^{n-k} f_i, \quad 2k < n. \quad (2)$$

Після виконання фільтрації для підвищення різкості зображення застосовуються методи: 1 – усунення пікселів тіні зображення (по величині дисперсії яскравості), 2 – посилення різкості (на основі оператора диференціювання – лапласіана або градієнта).

Отримане після фільтрації і підвищення різкості зображення вважається основою піраміди зображень, що будується. Далі для побудови піраміди зображень ітераційно виконується процедура проріджування.

Запропонований метод кратно-масштабної сегментації складається з двох основних етапів – локалізації і сегментації.

Етап "Локалізація" складається з трьох методів:

- 1) виявлення за критерієм контрастності

$$u > K_{\text{ind}} \cdot \bar{n}, \quad u = \max_r (u_r), \quad u_r = |df_r|; \quad (3)$$

- 2) локалізація за критерієм мінімізації надмірності

$$ind_r = \begin{cases} \text{sign}(df_r), & \text{if } u_r > T, \\ 0, & \text{else;} \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} 1, & \text{if } N = N_{\text{det}}(\text{ind}_r), \\ 0, & \text{else.} \end{cases}; \quad (5)$$

2) масштабування за критерієм (заданого/максимального) розміру

$$m = m_{\text{det}} / m_{\text{cur}}. \quad (6)$$

Виявлення зображення об'єкта проводиться в зменшеному масштабі, за контрастністю з подальшим застосуванням хвилевого методу для об'єднання взаємно неконтрастних сегментованих пікселів в множини.

Локалізація області зображення проводиться на основі використання покриття прямокутної форми за критерієм мінімальної надмірності (положення прямокутника визначається за екстремальними координатами зображення плюс 1):

$$S(\Gamma) \rightarrow \min : G \in Cl(\Gamma). \quad (7)$$

Масштабування області локалізації зображення проводиться або до заданого розміру, або, за умовчанням, до максимального розміру (зображення необхідного масштабу при цьому вибирається із зображень масштабів, що існують в піраміді).

Етап "Сегментація" складається з трьох методів:

- 1) побудова гістограми яскравості;
- 2) порогова адаптація:

$$T = \lambda a + (1 - \lambda)b, \quad 0 \leq \lambda \leq 1; \quad (8)$$

$$T : T \in [a, b]; \quad a, b - \max.; \quad (9)$$

3) сегментація

$$f > T. \quad (10)$$

Побудова гістограми яскравості проводиться з метою застосування гістограмного методу сегментації для області локалізації зображення об'єкта. Для даних умов сегментації (після локалізації) гістограмний метод сегментації є ефективним і вважається в роботі основним методом сегментації зображень.

Висока ефективність сегментації досягається за рахунок:

- використання швидкої процедури виявлення в зменшеному масштабі з розглядом в заданому збільшеному масштабі;
- розглядання при сегментації лише областей локалізації об'єктів;
- застосування адаптивних порогових методів виявлення і сегментації: у першому випадку за контрастністю, а в другому – за яскравістю на основі застосування гістограмного методу сегментації (для області локалізації об'єкту).

Основні результати розділу опубліковані в роботах [12, 14, 26–29, 37, 38].

У **четвертому розділі** наведено структуру модифікованого методу стискання зображень на основі об'єктного (об'єктно-орієнтованого) підходу, метод стискання зображень "фону" з втратами на основі властивостей ортогонального перетворення і метод стискання зображень об'єктів без втрат на основі бінарних полів.

Надані результати аналізу компресійних властивостей трансформант різних ортогональних перетворень, порядок розробки і процедури методів стискання зображень. Вибрано ортогональне перетворення Хартлі, виявлені компресійні властивості. Запропоновано метод представлення областей локалізації малорозмірних об'єктів без втрати інформації. Приведена структура методу відновлення зображень і оцінка ефективності стискання на основі об'єктного підходу. Проведена оцінка ефективності представлення зображень.

Для розробки методу стискання і відновлення зображень вибрано двовимірне дискретне перетворення Хартлі (ДПХ), яке визначається такими виразами:

$$H(v_1, v_2) = (1 / N_1 N_2) \sum_{\tau_1=0}^{N_1-1} \sum_{\tau_2=0}^{N_2-1} f(\tau_1, \tau_2) \text{cas}[(2\pi v_1 \tau_1 / N_1) + (2\pi v_2 \tau_2 / N_2)], \quad (11)$$

$$f(\tau_1, \tau_2) = \sum_{v_1=0}^{N_1-1} \sum_{v_2=0}^{N_2-1} H(v_1, v_2) \text{cas}[(2\pi v_1 \tau_1 / N_1) + (2\pi v_2 \tau_2 / N_2)], \quad (12)$$

де  $N_1$  – кількість стовпців,  $N_2$  – кількість рядків.

На основі двовимірного ДПХ був запропонований метод стискання і відновлення зображень.

На першому і другому етапах були сформовані трансформанти ДПХ за допомогою відповідного методу формування трансформант, дослідження яких дозволило виявити ряд їх особливостей, що вказують на їх компресійні властивості та дозволяють розробити процедури фільтрації і відбору коефіцієнтів ДПХ:

- наявність в трансформанті коефіцієнтів ДПХ з нульовим значенням, при цьому їх кількість пропорційна ступеню насиченості початкового блока зображення;
- зосередження максимальної енергії в першому коефіцієнті (його чисельне значення не перевищує динамічного діапазону блока зображення);
- значення решти коефіцієнтів ДПХ в порівнянні з початковими колірними значеннями блока зображення на порядок менші;

– рівномірний розподіл негативних значень коефіцієнтів ДПХ на всій трансформанті.

Для визначення вагової значущості кожного коефіцієнта ДПХ при відновленні зображення була побудована матриця взаємного впливу коефіцієнтів ДПХ  $H^k(Y)$ , що складається з 256 матриць  $h(y_{kl})$  з елементів  $h_{i,j}$ , які фіксують зміну відновленого елемента  $x'_{i,j}$  по відношенню до початкового  $x_{i,j}$ , залежно від зміни  $y_{kl}$ , тобто кожному з 256 елементів трансформанти ДПХ відповідає матриця різницевих значень величин початкового і відновленого зображення при присвоєнні цьому елементу нульового значення. Матриця взаємного впливу коефіцієнтів ДПХ визначається таким виразом:

$$H^k(Y) = \begin{bmatrix} h(y_{00}) & h(y_{01}) & \dots & h(y_{0l}) \\ h(y_{10}) & h(y_{11}) & \dots & h(y_{1l}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h(y_{k0}) & h(y_{k1}) & \dots & h(y_{kl}) \end{bmatrix} \quad \text{де} \quad h(y_{kl}) = \begin{bmatrix} (x'_{00} - x_{00}) & (x'_{01} - x_{01}) & \dots & (x'_{0j} - x_{0j}) \\ (x'_{10} - x_{10}) & (x'_{11} - x_{11}) & \dots & (x'_{1j} - x_{1j}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (x'_{i0} - x_{i0}) & (x'_{i1} - x_{i1}) & \dots & (x'_{ij} - x_{ij}) \end{bmatrix}$$

Аналіз чисельних значень даної матриці дозволив об'єднати коефіцієнти ДПХ в області за ознакою однакової природи впливу на відновлене зображення, при детальному розгляді якого було виявлено ряд властивостей адресного розміщення коефіцієнтів ДПХ, які дозволили модифікувати методи зонального і порогового відбору коефіцієнтів до трансформанти ДПХ.

Для вибору значення величини порога  $K_{пор}$  модифікованої процедури порогового відбору були проведені експерименти, в ході яких стискуванню піддавалися зображення різного ступеня насиченості.

Графіки залежності коефіцієнта стискання  $K_{сж}$  і величини середньоквадратичного відхилення  $\sigma$  від значень встановленого порога представлені на рис. 4, 5.

Аналіз графіків рис. 4, 5 і суб'єктивної оцінки відновлених зображень дозволяють зробити ряд висновків:

– коефіцієнт стискання  $K_{сж}$ , а також значення  $\sigma$  збільшується із зростанням величини порогу незалежно від насиченості зображення;

– графік значень середньоквадратичного відхилення (для всіх видів зображення) із зростанням величини порога прагне до лінійного;

– графіки залежності коефіцієнта стискання від величини порога для зображень різного ступеня насиченості відмінні один від одного.

Рис. 4. Графіки залежності коефіцієнта стискання від величини  $K_{пор}$

Рис. 5. Графіки залежності середньоквадратичного відхилення  $\sigma$   
від величини  $K_{пор}$

Таким чином, результати експерименту показали, що при збільшенні порогового значення  $K_{пор} > 2,5$  коефіцієнт стискання  $K_{сж}$  для зображень різного ступеня насиченості збільшується незначно, при цьому значення середньоквадратичного відхилення  $\sigma$  продовжує зростати в лінійній залежності. Це дозволило визначити значення порогу для модифікованої процедури порогового відбору  $K_{пор} = 2,5$ .

Для стискання областей малорозмірних об'єктів в роботі запропонований метод на основі бінарних полів з визначенням адаптивних довжин серій, який представлений на рис. 6. Суть методу полягає в тому, що на першому етапі відбувається аналіз отриманого зображення об'єкта і його розбиття на бінарні блоки. Кількість бінарних блоків відповідає кількості біт, визначених для кодування одного пікселя. На другому етапі методу відбувається порівняння елементів бінарного блока впродовж рядка сканування.

Рис.6. Структура методу стискання зображень об'єктів на основі бінарних перетинів з визначенням адаптивних довжин

При збігу значень пікселів ( $I(k)$  і  $I(k-1)$ ) формується повідомлення  $Z$ , що складається з  $m$ -розрядів для опису координати і  $n$ -розрядів, які відводяться для опису довжини серії. Далі відбувається формування послідовності, що складається з різниці довжин серій:

$$J_{p1}, J_{p2}, J_{p3}, \dots, J_{pM-1}, \quad (13)$$

$$J_{pi} = J_{i+1} - J_i, \quad (14)$$

де  $M$  – кількість серій в бінарному блоці.

На наступному етапі здійснюється обчислення середнього значення різниць довжин серій за формулою

$$J_{cp} = \frac{\sum_{k=1}^M J_{pk}}{M}, \quad (15)$$

Потім визначається значення граничної довжини за логічною умовою

$$J_{cp} < J_{pk}. \quad (16)$$

Після того, як сформувалася послідовність граничних довжин і послідовність різниці довжин серій з вилученими боковими довжинами, на підставі порівняння об'ємів визначається послідовність інформації, що підлягає запам'ятовуванню.

На останньому етапі методу відбувається формування масиву вихідних повідомлень двома розрядними сітками. Запропонований метод дозволив представити малорозмірні об'єкти без втрати якості.

У процесі проведення досліджень були запропоновані методи відновлення зображень.

Основні результати розділу опубліковані в роботах [4–10, 13, 18, 20, 22, 23, 39].

**У п'ятому розділі** запропонована інформаційна технологія цілеспрямованого пошуку об'єктів і обробки зображень, розроблені алгоритми обробки зображень, формат даних представлення зображень, проведена порівняльна оцінка ефективності обробки і якості відновлення зображень, запропоновані програмна реалізація і структурна схема пристрою обробки зображень.

Інформаційна технологія цілеспрямованого пошуку об'єктів і обробки зображень, що запропонована в роботі, може бути використана в інформаційних системах для автоматизації процесу збору й обробки візуальної інформації.

На рис. 7 зображена функціональна схема взаємодії програмно-апаратних засобів при використанні інформаційної технології цілеспрямованого пошуку об'єктів і обробки зображень.

Інформаційна технологія полягає в такому:

- на етапі реєстрації зображення здійснюється формування цифрового зображення засобами реєстрації. Вибір характеристик засобів реєстрації визначається цільовим призначенням інформаційної системи обробки зображень;
- на другому етапі здійснюється збереження оригіналу зображення з повним збереженням якості;
- на наступному етапі здійснюється локалізація області малорозмірного об'єкта. З метою локалізації використовуються засоби, які реалізують запропоновані в роботі методи кратно-масштабної обробки зображень. Паралельно з процедурою локалізації

здійснюється стискання зображень "фону" з втратами інформації. Дана процедура реалізує запропонований в роботі метод стискання зображень на основі перетворення Хартлі;

- наступний етап обробки полягає в стискуванні областей локалізації зображень малорозмірних об'єктів, який реалізується на основі запропонованого в роботі методу стискання зображень без втрат інформації на основі бінарних полів;
- на наступному етапі обробки формується інформаційний масив зображення;

Рис. 7. Структура програмно-апаратних засобів інформаційної системи цілеспрямованого пошуку об'єктів і обробки зображень

– у процесі представлення зображень для оцінки обстановки здійснюється відновлення зображення на основі запропонованих в роботі алгоритмів відновлення і формування зображення, яке представляється засобом відображення інформації.

Інформаційна технологія цілеспрямованого пошуку і обробки зображень включає в себе п'ять основних алгоритмів: алгоритм виділення зображень об'єктів, алгоритм стискання зображень на основі прямого дискретного перетворення Хартлі, алгоритм стискання зображень об'єктів, алгоритм відновлення зображень на основі зворотного дискретного перетворення Хартлі, алгоритм відновлення зображень об'єктів і два додаткових – алгоритм швидкого формування трансформанти і алгоритм розбиття зображень об'єктів на бінарні блоки.

Найважливішою характеристикою стандартів і методів стискання зображень є ступінь стискання. Саме зменшення об'єму даних визначає функціональну придатність розробленого методу для систем масштабу реального часу.

Як показав аналіз результатів експерименту, для середньо- і високонасичених зображень коефіцієнт стискання, що забезпечується розробленими алгоритмами стискання на основі ДПХ, вище в середньому на 25 %, ніж коефіцієнт стискання, що забезпечений стандартами стискання JPEG і JPEG2000. При цьому максимальне значення коефіцієнта стискання для розроблених алгоритмів спостерігається при стисканні високонасичених зображень моніторингу земної поверхні. Проте, виходячи з того, що запропонований метод припускає виділення зображень об'єктів і стискання їх окремим алгоритмом, був проведений експеримент за визначенням ефективності стискання зображень об'єктів стандартами стискання JPEG і JPEG2000.

Виходячи із структури розглянутих стандартів, було зроблено припущення про залежність ефективності стискання від розмірів зображень. З цією метою були проведені експерименти по стискуванню статичних зображень середнього ступеня насиченості за допомогою вказаних стандартів шляхом вибору порогів фільтрації. Для експериментів використовувалися зображення, що відповідні стандартизованим розмірам матриць ПЗС. Результати експериментів показані на рис. 8, 9.

Як видно з рис. 8, коефіцієнт стискання  $K_{сж}$  зображень, забезпечуваний стандартом JPEG, значно знижується із зменшенням розмірів зображень. При цьому, при збільшенні значення порога фільтрації, коефіцієнт стискання  $K_{сж}$  малорозмірних зображень незначно росте.

Як видно з рис. 9, коефіцієнт стискання  $K_{сж}$  зображень, якій забезпечується стандартом JPEG 2000, із зменшенням розмірів зображень знижується не значно, проте збільшення значення порогу фільтрації малорозмірних зображення приводить до повного їх спотворення.

Отже, результати експерименту довели, що ефективність стискання малорозмірних зображень на основі JPEG наближається до 1, а JPEG 2000 не здійснює стискання, що дає змогу говорити про високу ефективність запропонованої технології відносно існуючих стандартів щодо стискання малорозмірних зображень об'єктів.

Рис. 8. Залежність коефіцієнта стискання  $K_{сж}$  від величини порогу фільтрації стандарту JPEG для зображень різних розмірів

Рис. 9. Залежність коефіцієнта стискання  $K_{сж}$  від величини порога фільтрації стандарту JPEG 2000 для зображень різних розмірів

Виходячи з цього, був проведений експеримент за визначенням середнього значення коефіцієнта стискання зображень, отриманих в результаті моніторингу земної поверхні, для методу стискання зображень на основі об'єктного представлення і методів стискання з втратами, реалізованими в сертифікованих стандартах стискання JPEG і JPEG2000 з фіксованим значенням СКО. Залежності середнього значення коефіцієнта стискання зображень, отриманих в результаті моніторингу Землі, забезпечуваного алгоритмами пропонованого методу, і стандартів стискання від процентного розміру зображень об'єктів, що виділяються, при збереженні необхідної їх якості приведені на рис. 10. При цьому максимальна кількість об'єктів, що виділяються, на зображенні моніторингу земної поверхні може займати не більше 20 % розміру всього зображення .

Аналіз результатів експерименту дозволив зробити ряд висновків:

- для зображень, що отримані в результаті моніторингу Землі і містять до 10 % розміру зображень об'єктів, коефіцієнта стискання, який забезпечується розробленими алгоритмами, вище, ніж коефіцієнт стискання, який забезпечується стандартами JPEG і JPEG 2000;
- для зображень, що містять понад 10 % розміру зображень об'єктів, коефіцієнт стискання, який забезпечується розробленими алгоритмами лежить в рамках значень коефіцієнта стискання, який забезпечується стандартами JPEG і JPEG 2000.

Для порівняльної оцінки часу виконання стискання і відновлення зображень на основі розробленого методу і стандартів стискання розглянуто часові характеристики виконання стискання і відновлення зображень.

Отже, час стискання зображень методом на основі об'єктного представлення складається з таких складових:

$$T_{\text{пae}} = \max \{ (t_{\text{eie}} + t_{\text{пae\_ia}}); t_{\text{пae\_AIO}} \}, \quad (17)$$

де  $T_{\text{сж}}$  – час стискання на основі об'єктного представлення;

$t_{\text{лок}}$  – час локалізації зображень об'єктів;

$t_{\text{сжДПХ}}$  – час стискання зображень на основі ДПХ;

$t_{\text{сж\_об}}$  – час стискання зображень об'єктів.

Відповідно, час відновлення зображень на основі об'єктного представлення складається з наступних складових:

$$T_{\text{в}} = t_{\text{вДПХ}} + t_{\text{в\_об}} \quad (18)$$

де  $T_{\text{в}}$  – час відновлення методом на основі об'єктного представлення;

$t_{\text{вДПХ}}$  – час відновлення зображень на основі ДПХ;

$t_{\text{в\_об}}$  – час відновлення зображень об'єктів.

При цьому в процентному співвідношенні час стискання зображень на основі ДПХ  $t_{\text{сжДПХ}}$  займає 85–90% всього часу стискання зображення, отриманого в результаті моніторингу Землі  $T_{\text{сж}}$ , час локалізації зображень об'єктів  $t_{\text{лок}}$  займає близько 7% від всього часу стискання зображення, а час стискання зображень об'єктів  $t_{\text{сж\_об}}$  – відповідно близько 3–8% – залежно від кількості виділених об'єктів.

Рис. 10. Залежність коефіцієнта стискання від процентного розміру зображень об'єктів на основі об'єктного представлення і стандартів стискання зображень

Виходячи з цього, найбільш критичним є час стискання зображень на основі ДПХ  $t_{сжДПХ}$ . При цьому, як показав аналіз результатів експерименту, час виконання прямого і зворотного перетворення Хартлі, яке лежить в основі даного методу стискання, в 7 разів менший, ніж у ДКП, яке є основою стандартів стискання JPEG і JPEG2000. Отже, це дозволяє зробити висновок, що час виконання обробки зображень запропонованою інформаційною технологією буде значно менший, ніж час обробки зображень стандартами JPEG і JPEG2000.

З метою перевірки цього був проведений розрахунок часу стискання зображень, отриманих в результаті моніторингу землі, при розбитті його на блоки розмірності  $16 \times 16$ . Залежність часу виконання стискання зображень різної розмірності від процентного розміру зображень об'єктів, що локалізуються на основі об'єктного представлення і стандартів стискання JPEG і JPEG2000, показана на рис. 11.

Аналіз результатів розрахунку дозволив зробити ряд висновків:

- час виконання стискання зображень на основі об'єктного підходу в 3 менший, ніж час стискання зображень стандартами JPEG і JPEG2000;
- відсоток змісту об'єктів, що локалізуються, на зображенні моніторингу Землі на час виконання стискання впливає не значно (максимальний час стискання збільшується на 15 %);
- час відновлення зображень на основі об'єктного представлення менше часу відновлення зображень стандартами стискання внаслідок того, що час стискання зображень на основі ДПХ  $t_{сжДПХ}$  збігається з часом відновлення зображень методом на основі ДПХ  $t_{вДПХ}$ , а час стискання зображень об'єктів  $t_{сж\_об}$  збігається з часом відновлення зображень  $t_{в\_об}$ .

Рис. 11. Залежність часу виконання стискання зображень різної розмірності на основі об'єктного представлення і стандартів стискання

Для порівняльної оцінки якості відновлення зображень на основі об'єктного представлення проведено експеримент за розрахунком суб'єктивного показника якості – середньоквадратичне відхилення (СКО) початкового і відновленого зображення.

При цьому, як показав аналіз результатів експерименту, перетворення Хартлі, яке лежить в основі запропонованого методу, забезпечує значення СКО в діапазоні значень порівнюваних ортогональних перетворень, але поступається ДКП, яке лежить в основі стандартів JPEG і JPEG2000. Проте запропонований метод забезпечує стискання об'єктів, що виділяються, без втрат і відповідно має менші значення СКО.

На рис 12 показані середні значення СКО відновлення зображень пропонованим методом і стандартами стискання.

Аналіз результатів експерименту дозволив зробити ряд висновків:

- СКО відновлення зображень на основі об'єктного представлення лежить в діапазоні значень СКО, що забезпечується стандартами стискання;
- СКО відновлення зображень, забезпечуване запропонованим методом, із зростанням відсотка змісту об'єктів, що виділяються, зменшується.

Рис. 12. Середньоквадратичне відхилення при обробці зображень для методу на основі ООП і стандартів стискання

Отже, якість відновлення зображення, що забезпечується запропонованою інформаційною технологією, при однакових початкових параметрах не поступається якості відновлення зображення, яка забезпечується відомими стандартами стискання зображень, за умови, що запропонована технологія цілеспрямованого пошуку об'єктів і обробки зображень забезпечує локалізацію областей об'єктів і їх обробку з повним збереженням якості.

Основні результати розділу опубліковані в роботах [16, 19, 21, 24, 25, 30, 31, 33, 35, 42–49].

## **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ**

У дисертації вирішена нова актуальна науково-технічна проблема створення інформаційної технології обробки зображень із збереженням якості об'єктів для оцінки обстановки в умовах реального часу обробки зображень. Проведені в дисертації дослідження, результати вирішення науково-технічної проблеми і окремих наукових завдань, а також результати розрахунків і порівняльного аналізу дали можливість отримати основні наукові і практичні результати.

У результаті дисертаційних досліджень були вирішені такі завдання:

- проведений аналіз існуючих і перспективних методів обробки зображень і встановлено, що на даний момент не існує підходів та інформаційних технологій обробки зображень, об'єктів, що дозволяють реалізувати цілеспрямований пошук і компактне представлення, з повним збереженням якості представлення зображень об'єктів;
- запропоновано модель цілеспрямованого пошуку об'єктів і обробки зображень;
- розроблено модель об'єктного представлення зображень, яка дозволяє створити інформаційну технологію цілеспрямованого пошуку об'єктів і обробки зображень;
- розроблено модель малорозмірного зображення, яка дозволяє вибирати параметри малорозмірного зображення для локалізації областей об'єктів;
- запропоновано метод локалізації областей малорозмірних об'єктів, який дозволяє забезпечити структурне представлення зображень;
- розроблено метод стискання зображень на основі структурного опису візуальної інформації;
- розроблено метод стискання зображень з втратою якості, який дозволяє забезпечити компактне представлення зображень з урахуванням обмежень за об'ємом

даних;

– розроблено метод стискання зображень областей локалізації об'єктів з повним збереженням якості, який дозволяє реалізувати структурний опис зображень і компактне представлення зображень об'єктів з повним збереженням якості;

– запропоновано технічну реалізацію програмно-апаратних засобів обробки зображень на основі об'єктного представлення візуальної інформації;

– розроблено алгоритми обробки зображень, які реалізують методи компактного представлення зображень і дозволяють забезпечити обробку зображень із збереженням якості об'єктів;

– проведено порівняльну оцінку ефективності застосування розроблених методів, яка показала переваги запропонованих методів порівняно з існуючими стандартами, що дозволило стверджувати про високу ефективність стискання на основі об'єктного представлення зображень;

– сформовані структури даних опису зображень на основі об'єктного представлення візуальної інформації;

– розроблена прикладна інформаційна технологія цілеспрямованого пошуку об'єктів і обробки зображень;

– отримані акти реалізації результатів дисертаційних досліджень.

Подальший можливий перспективний шлях підвищення ефективності обробки зображень в системах обробки інформації реального часу може бути пов'язаний з науковим напрямом в області дослідження, розробки і практичним застосуванням систем електронного зору і робототехніки.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Науменко М.І., Стасєв Ю.В., Рубан І.В. Технології комп'ютерних мереж АСУ військами: Підручник. – Х.: МОУ, 2004. – 458 с.

2. Науменко М.І., Стасєв Ю.В., Дуденко С.В., Нізієнко Б.І., Рубан І.В., Сумцов Д.В., Тимочко О.І. Обчислювальні засоби авіаційних комплексів: Підручник. – Х.: ХУПС, 2006. – 310 с.

3. Щербак Г.В., Мельнікова Л.І., Рубан І.В., Садовий К.В., Сорока Л.С. Сучасні телекомунікаційні мережі у цивільному захисті: Підручник. – Х.: УЦЗУ, 2007. – 255с.

4. Королев А.В., Рубан И.В., Малахов С.В. Сжатие матрицы знаков при использовании кодирования с преобразованием // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1997. – № 3. – С.12–14.
5. Королев А.В., Рубан И.В., Малахов С.В., Головкин В.И. Метод повышения качества восстановления изображения // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1997. – №4. – С.41–45.
6. Korolyov A.V., Ruban I.V., Compression of Video Data by Boundary Element Series // Engineering Simulation. – 1998. – Vol.15. – pp. 595–605.
7. Королев А.В., Рубан И.В., Малахов С.В. Метод сжатия видеоданных посредством преобразований // Электронное моделирование. – 1999. – Т.21. №4. – С.47-55.
8. Королев А.В., Рубан И.В., Новиков В.И. Межкадровое сжатие видеоданных в системах видеоконференций // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1999. – №1. – С.69-73.
9. Korolyov A.V., Ruban I.V., Malakhov S.V., Videodata Compressing Method Based on Conversions // Engineering Simulation. – 2000. – Vol.17. – pp. 497-506.
10. Рубан И.В., Малахов С.В., Королева Л.А. Комбинированный метод сжатия видеоданных // Электронное моделирование. – 2001. – Т.23. №6. – С.56-65.
11. Рубан И.В., Сумцов Д.В., Гладенко Н.И. Оценка характеристик обмена мультимедийной информацией в корпоративных сетях // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2003. – № 3. – С.177-179.
12. Рубан И.В., Смеляков К.С., Осиевский С.В. Цифровая стенография. Основные требования к внедрению сообщений в изображения // Прикладная радиоэлектроника. – 2006. – Т.5. №2. – С.289–293.
13. Рубан И.В., Дуденко С.В., Колмиков М.М. Одномірне зміщене дискретне перетворення Хартлі // Системи озброєння і військова техніка. – 2006. – №. 4(8). – С.103-105.
14. Сорока Л.С., Смеляков К.С., Мешков С.Н., Рубан И.В. Применение аппарата теории распознавания образов для эффективного решения задач анализа данных по результатам термографического мониторинга // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2007. – № 3. – С.129–133.
15. Тимочко О.І., Голубничий Д.Ю., Третяк В.Ф., Рубан І.В. Класифікація безпілотних літальних апаратів // Системи озброєння і військова техніка. – 2007. – № 1(9). – С.61–66.

16. Рубан І.В., Колмиков М.М. Оцінка ефективності стиску і якості відновлення зображень при об'єктно-орієнтованому підході до стиску зображень // Системи озброєння і військова техніка. – 2007. – № 3(11). – С.130-133.
17. Рубан І.В., Долгий Ю.С., Осієвський С.В. Модель процесу затримки в комутаційних вузлах комп'ютерних мереж // Системи озброєння і військова техніка. – 2007. – № 4(12). – С.95-97.
18. Долгов В.И., Рубан И.В., Дуденко С.В. Построение нелинейных систем на основе усеченного преобразования Фурье в конечных полях // Радиотехника: Сб. научн. тр. – Х.: ХНУРЭ, 2003. – Вып. 134. – С.121-131.
19. Рубан И.В., Королева Л.А., Петрукович Д.Е. Представление видеоданных разностью цветовых серий // Обработка информации и обеспечение надежности систем управления: Сб. научн. тр. – Х: НАНУ, ПАНИ, ХВУ, 1997. – С.47-50.
20. Королев А.В., Рубан И.В., Малахов С.В., Мануйлов В.Е. Межкадровое кодирование изображений с преобразованием // Информационные системы: Сб. научн. тр. – Х.: НАНУ, ПАНИ, ХВУ, 1997. – Вып. 1(5). – С.135–139.
21. Рубан И.В., Клименко Л.А. Сжатие видеоданных длинами серий с заглублением цвета // Информатика: Сб. научн. тр. – К.: Наукова думка, 1998. – Вып. 5. – С.44–48.
22. Рубан И.В. Исследование компрессионных возможностей ортогональных преобразований: Збірник наукових праць. – К.: Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова, 2003. – Вып. 22. – С.163-266.
23. Рубан И.В., Колмыков М.Н., Дуденко С.В. Способ отбора коэффициентов преобразования Хартли на основе исследования свойств их адресного размещения // Моделювання та інформаційні технології: Зб. наук. праць. – К.: Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова, 2004. – Вып. 26. – С.165-172.
24. Рубан И.В. Способ адаптации сжатия изображений к динамике изменения сцены // Зб. наук. праць. – Київ: Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова, 2004. – Вып. 25. – С.182–184.
25. Рубан И.В., Колмыков М.Н., Дуденко С.В. Исследование статистических свойств трансформант дискретного преобразования Хартли // Системи обробки інформації. Зб. наук. праць. – Х., 2004. Вып. 4. – С.175-181.
26. Рубан И.В., Смеляков К.С., Осиевский С.В. Выделение малоразмерных изображений объектов нерегулярного вида // Вестник национального технического университета «ХПИ»: Сб. научн. тр. Тематический выпуск: Информатика и моделирование. – Х: НТУ «ХПИ», 2006. – Вып.23. – С.125–130.

27. Рубан И.В., Смеляков К.С., Шитова О.В. Сегментация границ в условиях низкой контрастности изображения: Зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил ім. І.Кожедуба, 2007. – Вип. 1(13). – С.75–78.
28. Рубан И.В., Смеляков К.С., Шитова О.В. Сегментация границ с использованием принципов кратномасштабного анализа изображений // Системы обработки информации: Зб. наук. праць. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 1(59). – С.90–92.
29. Рубан И.В., Смеляков К.С., Шитова О.В. Критерии построения связных границ изображений // Системы обработки информации: Зб. наук. праць. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 3(61). – С.94–96.
30. Рубан И.В. Оценка эффективности трансформационного сжатия изображений // Системы обработки информации: Зб. наук. праць. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 4(62). – С.107–109.
31. Рубан И.В. Кодирование трансформант дискретного преобразования Хартли относительно цветовой насыщенности блока исходного изображения // Системы обработки информации: Зб. наук. праць. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 5(63). – С.108–110.
32. Рубан И.В. Объектно-ориентированный подход к сжатию изображений // Системы обработки информации: Зб. наук. праць. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 7(65). – С.88–90.
33. Рубан И.В. Колмыков М.Н. Сокращение разрядности коэффициентов дискретного преобразования Хартли в алгоритмах сжатия и восстановления изображений // Системы обработки информации: Зб. наук. праць. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 8(66). – С.85–88.
34. Рубан И.В. Методология объектно-ориентированного подхода к сжатию изображений // Системы управління навігації та зв'язку: Зб. наук. праць. – К.: ЦНДІНУ, 2007. – Вип. 3 – С.112–115.
35. Рубан И.В., Колмыков М.Н., Дуденко С.В. Сравнительная оценка эффективности сжатия и восстановления статических изображений на основе дискретного преобразования Х.: Зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил ім. І.Кожедуба, 2007. – Вип. 3(15). – С.103–106.
36. Рубан И.В. Модель представления и обработки изображений в системах целенаправленного поиска объектов // Системы управління навігації та зв'язку: Зб. наук. праць. – К.: ЦНДІНУ, 2007. – Вип. 4 – С.35–39.
37. Smelyakov K.S., Ruban I.V., Smelyakov S.V., Tymochko A.I. Segmentation of small-sized irregular images // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Workshop (EWDWTW'05). – Kharkov: Kharkov National University of radioelectronics (Odessa, Ukraine, September 15-19, 2005), 2005. – pp.235–241.

38. Ruban I.V., Smelyakov K.S., Smelyakova A.S. , Tymochko A.I. Low Contrast Images Edge Detector // Proceedings of Int. Conf. EWDTW 06. – Sohci: Kharkov National University of Radioelectronics, 2006. – pp. 390–396.
39. Рубан И.В., Колмыков М.Н., Резуненко А.А. Использование унитарного преобразования Хартли в рекурсивно-волновом сжатии изображений // XI Международная научно-практическая конференция «информационные технологии: техника, технология, образование, здоровье» Харьков (15 -16 мая) – 2003. С.6.
40. Листровой С.В., Рубан И.В., Пудов В.А., Дуденко С.В. Определение кратчайших гамельтоновых циклов в неориентированном графе // Материалы пятой международной научно-технической конференции «Проблемы информатики и моделирования» Харьков (24 – 26 ноября ) 2005. С. 35.
41. Рубан И.В., Колмыков М.Н., Калачева В.В. Модель сжатия и восстановления статических изображений // Матеріали третьої наукової конференції Харківського університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба Харків (28 -29 березня) 2007. С.73.
42. Рубан І.В., Колмиков М.М. Об'єктно-орієнтований підхід до стиску зображень, які отримані при моніторингу земної поверхні // Материалы седьмой международной научно-технической конференции «Проблемы информатики и моделирования» Харьков (29 ноября -1 декабря) 2007. С. 35.
43. Д.П. 58743 А України, 5МПК G 06 F 07/04 / І.В. Рубан, С.В. Дуденко, Д.Ю. Голубнічий, Н.А. Корольова. Пристрій для реалізації швидкого перетворення Хартлі; Заявл. 1.10.2002; Опубл. 15.08.2003., Бюл. № 8. – 4 с.
44. Д.П. 64265 А України, 5МПК G 06 F 07/04 / І.В. Рубан, С.В. Дуденко, Д.Ю. Голубнічий, М.Н.Колмиков, Н.А. Корольова. Пристрій для реалізації швидкого перетворення Хартлі; Заявл. 21.04.2003; Опубл. 16.02.2004., Бюл. № 2. – 4 с.
45. Д.П. 14431 України, 51МПК G 06 F 5/00, G 06 F 17/14 / С.В. Дуденко, І.В. Рубан, С.В. Алексєєв, М.Н. Колмиков, В.В. Калачева. Пристрій для обчислення усіченого перетворення Фур'є в залишкових класах; Заявл. 21.11.2005; Опубл. 15.05.2006, Бюл.№ 5. – 5 с.
46. Д.П. на корисну модель 23409 U України, МПК(2006) G06F 5/00 G06F 17/14 / С.В. Дуденко, І.В. Рубан, С.В. Алексєєв, Д.В. Сумцов, В.А. Пудов. Пристрій для обчислення 16-точкового зрізаного перетворення Фур'є в полі  $GF(2^8)$ ; № u 2006 13565. Заявл. 21.12.2006; Опубл. 25.05.2007, Бюл.№ 7. – 11 с.
47. Д.П. на корисну модель № 4264 України, 5МПК G 06 F 07/04 / С.В. Дуденко, І.В. Рубан, Д.В. Сумцов, В.Ф. Трет'як. Пристрій для обчислення усіченого

перетворення Фур'є в остаточних класах; Заявл. 30.03.2004; Опубл. 17.01.2005, Бюл.№ 1. – 4 с.

48. *Д.П.* на корисну модель №23420 U України, МПК(2006) G06F 5/00 G06F 17/14 / С.В. Дуденко, І.В. Рубан, С.В. Алексєєв, О.В. Шитова, Ю.В. Данюк. Пристрій для обчислення 14-точкового зрізаного перетворення Фур'є в полі  $GF(2^8)$ ; № у 2006 13775. Заявл. 25.12.2006; Опубл. 25.05.2007, Бюл.№ 7. – 10 с.

49. *Д.П.* на корисну модель №23421 U України, МПК(2006) G06F 5/00 G06F 17/14 / І.В. Рубан, С.В. Алексєєв, В.В. Калачева, Ю.С. Долгий, М.М. Колмиков. Пристрій для обчислення 2-точкового зрізаного перетворення Фур'є в полі  $GF(2^8)$ ; № у 2006 13776. Заявл. 25.12.2006; Опубл. 25.05.2007, Бюл.№ 7. – 10 с.

### Анотація

Рубан І.В. Науково-методичні основи створення інформаційної технології цілеспрямованого пошуку об'єктів та обробки зображень. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського “Харківський авіаційний інститут”, Харків, 2008.

Дисертація присвячена вирішенню важливої науково-технічної проблеми – створення інформаційної технології обробки зображень із збереженням якості об'єктів для оцінки обстановки на основі аналізу візуальної інформації в умовах реального часу обробки зображень.

У роботі запропоновані моделі і методи обробки зображень, що дозволяють забезпечити структурне представлення зображень.

Розроблена прикладна інформаційна технологія цілеспрямованого пошуку об'єктів і обробки зображень що дозволяє забезпечити обробку зображень із збереженням якості об'єктів в умовах обмеження часу на обробку.

**Ключові слова:** обробка зображень, стискання зображень, локалізація областей, компактне уявлення, ортогональні перетворення, сегментація, виділення об'єктів, скорочення надмірності, система реєстрації, автоматизована система збору.

### Аннотация

Рубан И.В. "Научно-методические основы создания информационной технологии целенаправленного поиска объектов и обработки изображений".-Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. Национальный аэрокосмический университет им. М.Е. Жуковского “Харьковский авиационный институт”, Харьков, 2008.

Диссертация посвящена решению важной научно-технической проблемы – разработки информационной технологии обработки изображений с сохранением качества объектов для оценки обстановки в условиях реального времени обработки изображений.

Проведен анализ существующих и перспективных методов обработки изображений и установлено, что на данный момент не существует подходов и информационных технологий обработки изображений, позволяющих реализовать целенаправленный поиск объектов с полным сохранением качества представления изображений объектов.

Предложены модель целенаправленного поиска объектов и обработки изображений и модель объектного представления изображений.

Для разработки метода локализации областей объектов разработана модель малоразмерного изображения, предложен метод локализации областей малоразмерных объектов, позволяющий обеспечить структурное представление изображений.

Предложены модифицированный метод сжатия изображений на основе объектного (объектно-ориентированного) подхода, метод сжатия изображений с потерями на основе свойств ортогонального преобразования и метод сжатия изображений объектов без потерь на основе бинарных сечений.

Представлены результаты анализа компрессионных свойств трансформант различных ортогональных преобразований, порядок разработки и составляющие процедуры методов сжатия изображений.

Разработаны метод сжатия изображений с потерей качества, позволяющий обеспечить компактное представление изображений с учетом ограничений по объему данных, и метод сжатия изображений областей локализации объектов с полным сохранением качества, позволяющий реализовать структурное описание изображений и компактное представление изображений объектов с полным сохранением качества.

Предложена техническая реализация программно-аппаратных средств обработки изображений на основе объектного представления визуальной информации, разработаны алгоритмы обработки изображений, реализующие методы компактного представления изображений и позволяющие обеспечить обработку изображений с сохранением качества объектов.

Разработана прикладная информационная технология целенаправленного поиска объектов и обработки изображений и проведена сравнительная оценка эффективности применения разработанных методов, показавшая преимущества предложенных методов в

сравнении с существующими стандартами, что позволило утверждать о высокой эффективности сжатия на основе объектного представления изображений.

**Ключевые слова:** обработка изображений, сжатие изображений, локализация областей, компактное представление, ортогональные преобразования, сегментация, выделение объектов, сокращение избыточности, система регистрации, автоматизированная система сбора.

### Summary

Ruban I.V. Scientifically methodical basis of creations of information technology of purposeful search of objects and processing of images. – Manuscript.

The dissertation on the receipt of a scientific degree of the doctor of engineering sciences after the specialty 05.13.06 – information technologies. National aerospace university “Kharkov aviation institute”, Kharkov, 2008.

The dissertation is devoted to the decision of important scientific and technical problem this is the creation of information technology of processing of images with the maintainance of quality of objects for the estimation of situation on the basis of analysis of visual information in the conditions of the real time of processing of images.

Models and methods of processing of images which allow to provide structural presentation of images in the dissertation.

The applied information technology of purposeful search of objects and processing of images is developed that allows to provide processing of images with the maintainance of quality of objects in the conditions of limit of time on treatment.

**Keywords:** processing of images, compression of images, localization of areas, compact presentation, ortogonal transformations, segmentation, selection of objects, reduction of surplus, system of registration, the automated system of collection is.

Відповідальний за випуск Латкін М.О.

---

Підписано до друку 14.04.2008	Гарнітура «Times New Roman»	Формат 60x84/16
Папір офсетний		Друк-різорграф
Друк.арк. – 2,25		Наклад 110 прим.
Ціна договорна		Зам. 2/65 - 08

---

Видавництво Харківського університету повітряних Сил імені Івана Кожедуба  
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК №2535 від 22.06.2006р

---

Друкарня Харківського університету повітряних Сил імені Івана Кожедуба  
61023, Харків-23, вул. Сумська, 77/79