

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

ВЛАСЕНКО НАТАЛІЯ ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 004.932.2:004.93'14

**МОДЕЛІ ОЗНАКОВИХ ОПИСІВ ТА ЇХ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПРИ
РОЗПІЗНАВАННІ ЗОБРАЖЕНЬ**

05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному університеті радіоелектроніки Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник

доктор технічних наук, професор
Машталір Володимир Петрович,
Харківський національний університет
радіоелектроніки, декан факультету комп'ютерних
наук.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, доцент
Пелешко Дмитро Дмитрович,
Національний університет «Львівська політехніка»,
професор кафедри інформаційних технологій
видавничої справи;

доктор технічних наук, доцент
Смеляков Кирило Сергійович,
Харківський університет повітряних сил імені Івана
Кожедуба, доцент кафедри математичного та
програмного забезпечення АСУ.

Захист відбудеться «___» _____ 2014 р. о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.01 у Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою: Україна, 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

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

Автореферат розісланий «___» _____ 2014 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

О.А. Винокурова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Проблема розпізнавання зображень на основі побудови їх ознакових описів (ОО) є актуальною для сучасних систем комп'ютерного зору і пов'язана з вирішенням ряду прикладних задач, наприклад, таких як автоматизація процесів слідкування за об'єктами, визначення просторових координат об'єктів методами зондування, класифікація та пошук зображень у базах відеоінформації, аналіз і прийняття рішень на основі візуальних даних у медичних системах, аналіз та оброблення зображень у процесі різноманітних мікроскопічних досліджень та ін.

Сформовані ознаки об'єктів можуть мати різну природу і значимість для розпізнавання, тому їх вибір за рівнем впливу на якість результату часто має вирішальне значення. На цей час у прикладних системах штучного інтелекту спостерігається тенденція використання для зберігання і аналізу безпосередньо не зображень, а їх описів, що загалом підвищує швидкодію оброблення за рахунок суттєвого скорочення об'ємів інформації. Подальше зниження обсягу аналізованих даних пов'язане зі скороченням надмірності сформованих ОО. Для описів у вигляді множин структурних ознак це зумовлено тією обставиною, що вони зазвичай містять підмножини точок, які за умов геометричних перетворень не можуть бути поставлені у відповідність взагалі ніяким структурним ознакам на зображеннях, що аналізуються у процесі розпізнавання.

Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є розроблення нових ефективних методів і моделей перетворення ознакових описів при аналізі зображень, які дають можливість забезпечити необхідний рівень швидкодії без значної втрати якості розпізнавання. Виявлення і аналіз властивостей структурних описів у межах використовуваної бази зображень на попередньому етапі інтерпретації даних може суттєво сприяти підвищенню швидкодії та покращенню інших характеристик класифікації за рахунок застосування новітніх процедур стиснення описів або переходу у простір ознак, який забезпечує значно кращі показники розпізнавання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано на кафедрі інформатики у відповідності до плану науково-дослідних робіт Харківського національного університету радіоелектроніки в межах держбюджетних тем №ДР 0107U003029 «Дослідження та розробка методів і моделей інтерпретації даних в системах комп'ютерного зору», №ДР 0110U002636 «Моделі і методи грануляції та інтерпретації багатовимірних даних». У рамках цих тем автором в якості виконавця були розроблені методи і моделі трансформації ознакових описів зображень для покращення характеристик розпізнавання за критеріями об'єму обчислень, достовірності та завадостійкості.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розроблення ефективних методів побудови, аналізу і трансформації ознакових описів зображень для покращення характеристик розпізнавання. Відповідно до поставленої мети необхідно вирішити наступні наукові задачі:

– проаналізувати існуючі методи та підходи побудови та перетворення ознакових описів в задачах інваріантного розпізнавання зображень;

– провести дослідження властивостей ортогональних просторів ознак із використанням функцій Уолша та розробити методи побудови компактних інформативних ознакових описів у новому ознаковому просторі;

– дослідити можливості побудови стабільної підмножини інваріантних ознакових описів за умови дії геометричних перетворень та розробити моделі компресування ознакових описів зображень;

– розробити та дослідити підходи до аналізу і оброблення скінченної підмножини найкращих відповідностей елементів при обчисленні міри подібності описів з метою підвищення достовірності і завадостійкості методів метричної класифікації;

– удосконалити і застосувати моделі багатокритеріальної оптимізації при вирішенні задачі оптимального вибору порогу еквівалентності елементів описів для встановлення подібності;

– дослідити специфіку використання розроблених методів і моделей при інваріантному розпізнаванні зображень, створити та впровадити на практиці відповідні дослідницькі та спеціалізовані програмні засоби.

Об'єкт дослідження – процеси перетворення та інтерпретації візуальної інформації в інтелектуальних системах комп'ютерного зору.

Предмет дослідження – методи побудови ефективних ознакових просторів в задачі інваріантного розпізнавання зображень.

Методи дослідження. При синтезі метода побудови компактних інформативних ознакових описів на основі моделей оброблення даних в ортогональному базисі Уолша використовувався апарат лінійної алгебри, функціонального аналізу, а також елементи теорії множин; при побудові методів компресування ознакових описів із використанням критерію стабільності, а також при синтезі міри подібності на основі принципу найближчого сусіда використаний апарат теорії розпізнавання образів, кластеризації, метричної геометрії, а саме теорії метричних просторів; при розробленні моделі оптимального вибору порогу еквівалентності елементів описів використано підхід багатокритеріальної оптимізації.

Наукова новизна отриманих результатів. У дисертаційній роботі вирішена важлива науково-прикладна задача розпізнавання зображень за умов впливу геометричних перетворень на основі використання розроблених методів та моделей трансформації структурних ознакових описів з метою побудови ефективних мір подібності в синтезованих ознакових просторах.

У результаті досліджень отримані такі нові наукові результати:

1. Уперше синтезовано метод побудови компактних інформативних ознакових описів на основі моделей подання і оброблення даних в ортогональному базисі Уолша, що зводиться до фільтрації обчислених спектральних ознак за критерієм найбільш значущої дисперсії та як результат створює передумови для ефективного вирішення задачі інваріантного розпізнавання зображень з високим рівнем швидкодії без зниження завадостійкості.

2. Уперше запропоновано модель компресування ознакових описів візуальних об'єктів із використанням критерію стабільності їх значень на навчальній множині геометричних перетворень, що створює можливості для суттєвого виграшу у часі

оброблення та скорочення об'єму описів при збереженні необхідного рівня якості класифікації.

3. Удосконалено моделі для обчислення подібностей описів у вигляді множин характерних ознак шляхом ранжирування та відбору скінченного кортежу їх найбільш схожих компонентів, а також із використанням принципу найближчих сусідів, які на відміну від відомих методів голосування завдяки визначенню подібності за підмножиною ознак та виключення малоінформативних даних забезпечують підвищення завадостійкості при розпізнаванні.

4. Набула подальшого розвитку та використання модель багатокритеріальної оптимізації при встановленні подібності візуальних об'єктів при визначенні оптимального порогу еквівалентності елементів описів, яка на відміну від традиційних емпіричних підходів забезпечує адаптацію до бази зображень та покращує достовірність розпізнавання.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці методів та моделей для побудови і трансформації ознакових описів, ефективних при розпізнаванні зображень. У процесі досліджень створено ряд прикладних комп'ютерних моделей, які дають можливість дослідити запропоновані методи за критеріями швидкодії та завадостійкості для практичних баз зображень, проводити їх тестування, обчислення оптимальних параметрів та подальше удосконалення.

Результати дисертаційних досліджень використані у наукових розробках Інституту радіофізики і електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України (довідка від 18.03.2013). Синтезовано ефективний за критерієм швидкодії метод класифікації зображень на основі побудови стиснених описів із використанням вибору підмножини найбільш інформативних компонентів спектру Уолша. Підвищення інформативності розпізнавання радіолокаційних зображень об'єктів досягнуто за рахунок побудови значущої комбінації спектрів двовимірних сигналів.

Результати досліджень знайшли застосування у науковій діяльності кафедри фармакогнозії Харківського національного фармацевтичного університету (акт від 6.02.2013). Використання програмної моделі, що розроблена у відповідності із запропонованим у роботі методом обчислення подібності інформативних описів на основі аналізу підмножини ранжированих відповідностей функціонального типу, дало можливість прискорити та автоматизувати ідентифікацію лікарської рослинної сировини на етапі стандартизації і контролю якості.

Теоретичні і практичні результати роботи знайшли застосування у навчальному процесі Харківського національного університету радіоелектроніки (акт від 12.04.2013).

Особистий внесок здобувача. Усі положення, що виносяться на захист, основні результати теоретичних та експериментальних досліджень отримані здобувачем особисто. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачу належить: у [2] – запропоновані модифікації методів обчислення подібності на основі ранжирування схожості елементів опису і відбору скінченного набору компонентів; у [4] – виконано дослідження та використання методу багатокритеріальної оптимізації; у [5] – запропонований метод формування стисненого опису на основі обчисленої підмножини стабільних точок; у [7] –

виконані дослідження методів обчислення подібності сегментованих зображень на основі векторів гістограмних ознак; у [8] – представлено обґрунтування ефективного за критерієм швидкодії методу побудови описів на основі базису функцій Уолша; у [9] – доведена можливість застосування принципу найближчих сусідів для зіставлення описів у вигляді множин; у [10] – виконаний експериментальний порівняльний аналіз методів голосування і застосування ранжированих наборів групових відповідей при дії адитивних перешкод.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи були обговорені та схвалені на конференціях «Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту»: ISDMCI'2012, Євпаторія, 28-30 травня 2012р. та ISDMCI'2013, Євпаторія, 20-24 травня 2013р.; II науково-технічній конференції «Обчислювальні методи і системи перетворення інформації (ОМСП'2012)», Львів, 4-5 жовтня 2012г.; 17-му Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті» (Харків, 22-24 квітня 2013р.); другій міжнародній науково-технічній конференції «Обчислювальний інтелект – 2013 (ComInt-2013, результати, проблеми, перспективи)», Черкаси, 14-18 травня 2013 р.

Публікації. Основні наукові положення дисертації надруковано у 13 наукових працях, серед яких 6 статей у виданнях, які входять до переліків наукових фахових видань України з технічних наук, 2 статті опубліковані за кордоном (з них 3 одноосібні та 3 у виданнях, що входять до наукометричних баз), 5 публікацій у матеріалах міжнародних науково-технічних конференцій.

Структура дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел зі 132 найменувань (13 стор.) та 1 додатку. Повний обсяг дисертації складає 138 сторінок, з них 116 сторінок основного тексту, містить 28 рисунків (на 12 стор.) та 8 таблиць (на 2 стор.).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання досліджень, наведено відомості щодо публікацій, апробації роботи та особистого внеску здобувача.

У **першому розділі** виконано аналіз стану проблеми створення методів та моделей трансформації інваріантних ознакових описів при розпізнаванні зображень. Виявлені переваги та перспективні напрямки розвинення структурних методів розпізнавання. Проаналізовано існуючі методи розпізнавання в задачах, коли опис об'єкту подано у вигляді множини характерних ознак (ХО), та виявлено, що основним критерієм розпізнавання тут можна вважати значення міри подібності.

Проаналізовано методи формування описів у вигляді множин ХО зображень. Основна увага приділяється методу SURF, який дає можливість сформулювати та зіставити набори інваріантних ХО, при цьому вхідне зображення може бути піддано впливу геометричних спотворень. Елементи опису, які отримані завдяки використанню SURF, є інваріантними до зсувів, масштабу та обертання.

Класифікація – це віднесення вимірних даних до заданого класу. У найзагальнішому вигляді класифікація об'єкту на основі опису у вигляді множини

ХО Z є відображення $\mathfrak{R}: Z \rightarrow \{Z(j)\}$, де $\{Z(j)\}_{j=1}^J$ – скінченна множина еталонних описів (база візуальних даних). Відображення \mathfrak{R} , як правило, реалізується шляхом вирішення задачі оптимізації:

$$c(Z) = \arg \operatorname{opt}_{j \in \{1, \dots, J\}} \mathfrak{Q}[Z, Z(j)], \quad (1)$$

де $\mathfrak{Q} \in \mathbb{R}^1$ – міра подібності, яка використовується в якості критерію; $c(Z)$ – функція отримання класу об'єкта шляхом оптимізації подібності на множині еталонів.

Найважливішим при класифікації є формування такої системи ознак, кількість і якість яких необхідна та достатня для її ефективного здійснення. Підсилення розроблених інтелектуальних методів для систем оброблення зображень пов'язано із формуванням обмеженої за розміром, але ефективною для класифікації підмножини стійких за деяким критерієм ознак, які формують опис. Рис. 1 демонструє сфери та місце проведеного дослідження (зафарбовано) у процесі класифікації.

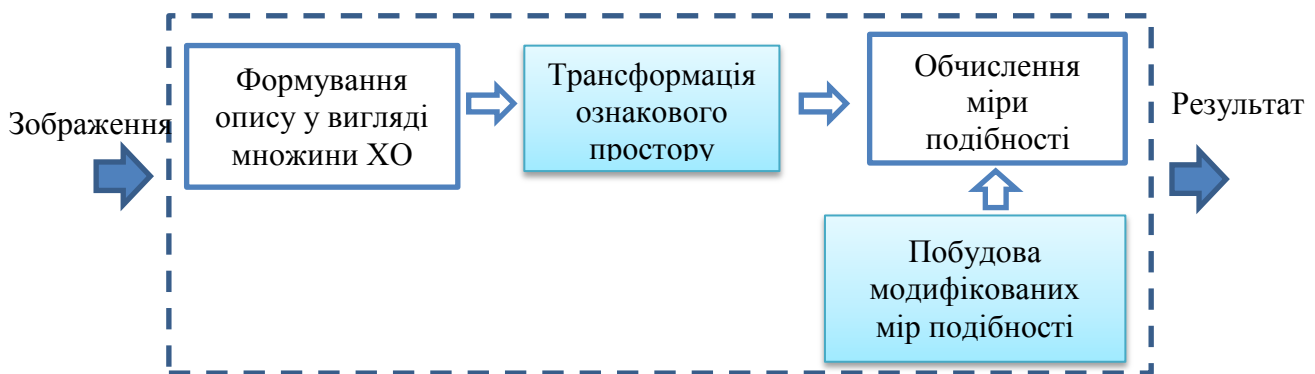


Рисунок 1 – Схема перетворення даних при класифікації

У результаті проведеного аналізу сформульовані основні задачі дисертаційного дослідження, пов'язані з побудовою та трансформацією ознакових просторів, що сприяє покращенню характеристик розпізнавання зображень.

Другий розділ присвячено розвиненню та дослідженню методів побудови і модифікації мір подібності. Вдосконалено моделі для побудови подібності описів у вигляді множин ХО шляхом ранжирування і відбору кінцевого кортежу їх найбільш схожих компонентів, а також із використанням принципу найближчих сусідів, що в цілому дозволяє обчислювати подібність за множиною ознак та скорочує обчислювальні затрати за рахунок виключення малоінформативних даних.

У роботі досліджуються дві найбільш поширені моделі ОО: множина векторів та вектор. Вихідною моделлю ОО на основі використання методу SURF є множина $Z \subset \mathbb{R}_1^n$ елементів з \mathbb{R}_1^n , яка задається співвідношенням

$$\mathbb{R}_1^n = \{ z \mid z = (z_1, \dots, z_n), z_i \in \mathbb{R}^1, \|z\|=1, z_i \in [-1, 1] \}, \quad (2)$$

при цьому R_1^n є підмножина векторного простору R^n , $R_1^n \subset R^n$. Елементи з R_1^n у співвідношенні (2), які отримані детекторами SIFT, SURF, є інваріантними до геометричних перетворень із деякої групи G . Опис Z під дією геометричних перетворень завдяки інваріантності не змінюється, що сприяє побудові процедур розпізнавання шляхом зіставлення з еталонним ОО.

Моделі ОО допускають трансформації у вигляді стиснення, фільтрації елементів, переходу до інших більш ефективних просторів шляхом перетворення

$$T: Z \rightarrow Z_T, \quad (3)$$

де Z_T – трансформований опис, T – відображення трансформації.

У перетворенні (3) відображення T будується таким чином, щоб опис Z_T мав нові, більш досконалі властивості у порівнянні з Z у сенсі якості розпізнавання.

Метод k найближчих сусідів (КНС) є непараметричною процедурою, де без явного використання ймовірнісних оцінок будуються вирішальні функції. Суть методу КНС для ОО зводиться до виділення деякого числа k апріорно відомих об'єктів (k найближчих сусідів) з точки зору відстані $\rho(\cdot)$ між елементами. На основі значень класів КНС приймається рішення відносно нового об'єкту.

Для бази $U^M = \{U(j)\}_{j=1}^J$ множини $Z^M = \{u_i, c_i\}_{i=1}^M$ пар (u_i, c_i) , $u_i \in U^M$, $c_i \in J$, компонента u_i визначає ознаку, а c_i – її клас. Об'єкт u , що класифікується, буде віднесений до класу, до якого належить k найближчих до нього об'єктів із U^M . Для об'єкту u розмістимо $u_i \in U^M$ у порядку зростання відстаней до u у вигляді:

$$\rho(u, u_{1u}) \leq \rho(u, u_{2u}) \leq \dots \leq \rho(u, u_{Mu}), \quad (4)$$

де через u_{qu} позначений об'єкт, що є q -м сусідом u . Загальний запис має вид:

$$c(u, Z^M) = \arg \max_{j \in J} \sum_{i=1}^M [c_{iu} = j] \omega(i, u), \quad (5)$$

де $[c_{iu} = j] = \begin{cases} 1, & \text{клас } u_{iu} \text{ дорівнює } j, \\ 0, & \text{інакше,} \end{cases}$

$\omega(i, u)$ – вагова функція (важливість i -го сусіда). Після класифікації всіх $u_i \in U$ рішення $c(U, Z^M)$ про клас об'єкта приймемо за більшістю серед класів $u_i \in U$:

$$c(U, Z^M) = \arg \max_{j \in J} \sum_{i=1}^m [c(u_i, Z^M) = j], \quad (6)$$

де m – число елементів опису U . Метод КНС може бути застосовано у різних модифікаціях для поширених моделей зіставлення «елемент-множина» та

«множина-множина». Модель «множина-множина» завдяки використанню принципу групових рішень видається більш надійною за умов впливу завад.

Основними параметрами розробленої моделі обчислення подібностей описів шляхом ранжирування та відбору кортежу їх компонентів, які визначають його властивості та якість використання, є: значення k , поріг δ_ρ на еквівалентність елементів опису, вид міри ρ та рівнів оброблення Ω_1, Ω_2 , які задають ієрархію. Послідовність перетворень опишемо як

$$(Z_1, Z_2) \xRightarrow{\Omega_1} Z_{12}^m \xRightarrow{\Omega_2} \mathfrak{A}. \quad (7)$$

У відповідності із запропонованою схемою (7) відбувається ієрархічне оброблення множини відповідностей θ між Z_1, Z_2 з елементами $z_1 \in Z_1, z_2 \in Z_2$, Ω_1 – нижній рівень, Ω_2 – верхній рівень оброблення. Позначимо через Ξ область значень \mathfrak{A} , $\mathfrak{A} \in \Xi$. Рівень Ω_1 пов'яжемо з побудовою, аналізом та обробленням множини відповідностей $\theta = \{\theta_k\}$. Якість відповідності θ_k будемо оцінювати значенням міри $\rho(z_1, z_2)$ для елементів, $\rho: Z \times Z \rightarrow [0, \infty)$. На рівні Ω_2 оброблена множина локальних рішень відображається у значення подібності $\mathfrak{A} \in \Xi$ для множин Z_1, Z_2 . Ω_1 подамо як багатоетапну процедуру у вигляді послідовності відображень $\Omega_1 = \Omega_{13} \Omega_{12} \Omega_{11}$. Реалізуємо $\Omega_{11}: Z \times Z \rightarrow \theta_Z$, $\theta_Z = \{\theta_s\}_{s=1}^{v_1 v_2}$, де множина θ_Z включає всі можливі елементарні відповідності $\theta_s = (z_1^s, z_2^s)$, добуток $v_1 v_2$ відображає їх число. Побудова відображення Ω_{12} для обчислення варіаційного ряду $\{\rho(z_1^s, z_2^s)\}_{s=1}^k$ є одним з ключових моментів. Результатом використання Ω_{12} є рейтинг-лист Z_{12}^k – кортеж найкращих в деякому сенсі відповідностей, який характеризується вектором $\rho_{12}[k] = \{\rho(z_1^s, z_2^s)\}_{s=1}^k$. У ході рангової обробки відбувається стиснення даних шляхом відбору найбільш важливої інформації. Значення Z_{12}^k фактично містить підпростір ознак еталону з найбільшим рейтингом. Відображення Ω_{13} використовується як фільтр для Z_{12}^k виду $\Omega_{13}: Z_{12}^k \rightarrow Z_{12}^m$, $Z_{12}^m = \{[(z_1^i, z_2^i)]_{i=1}^m \mid \rho(z_1^i, z_2^i) \leq \delta_\rho\}$, $m \in [0, k]$.

Після Ω_1 використаємо відображення $\Omega_2: Z_{12}^m \rightarrow \Xi$, тобто обчислимо значення \mathfrak{A} за множиною Z_{12}^m . Ефективність модифікації визначається способом обробки Z_{12}^m , у результаті подібність можна описати функцією $\mathfrak{A} = f[\rho_{12}[m]]$ від ранжируваного вектору відстаней $\rho_{12}[m] = \{\rho(z_1^s, z_2^s)\}_{s=1}^m$. Обговорюються варіанти функції f :

1) сума (або середнє значення) всіх або частини локальних подібностей

$$\mathfrak{A} = \sum_{i=1}^q \rho(z_1^i, z_2^i), \quad \mathfrak{A} = q^{-1} \sum_{i=1}^q \rho(z_1^i, z_2^i), \quad 1 \leq q \leq m; \quad (8)$$

2) подібність на основі q -ї компоненти ($1 \leq q \leq m$) вектору $\rho_{12}[m]$

$$\mathfrak{A} = \rho(z_1^q, z_2^q), \quad (z_1^q, z_2^q) \in Z_{12}^m; \quad (9)$$

3) використання для класифікації вектору $\rho_{12}[m]$ у повному обсязі або його частини $[\rho(z_1^i, z_2^i)]_{i=1}^q$, $q \leq m$.

Узагальненням (8), (9) може бути подання

$$\vartheta = \sum_{i=1}^q \beta^i \rho(z_1^i, z_2^i), \quad \vartheta = \beta^q \rho(z_1^q, z_2^q), \quad 1 \leq q \leq m, \quad (10)$$

де вагові коефіцієнти β^i нормовані, $\sum_{i=1}^q \beta^i = 1$, та відображають апіорну значущість елементів еталону. Оброблення з усередненням забезпечує стійкість до адитивного шуму, а рангова – до аномальних завод. Вираз (10), що містить одночасно усереднення та ранжирування, гарантує стійкість до обох типів завод. Ефективність запропонованих модифікацій доведена експериментально: до рівня адитивної завади $\sigma^2 = 0,15$ на основі запропонованого методу (8)-(10) з використанням ранжирування забезпечується безпомилкова класифікація для бази випадкових векторів та до рівня $\sigma^2 = 0,1$ для бази зображень риб. При цьому рівень заводостійкості був вищий, ніж у традиційних методів. Також завдяки обчисленню подібності за підмножиною ознак обчислювальні затрати у експерименті скоротилися приблизно у 10 разів у порівнянні з повною множиною ознак.

У **третьому розділі** вперше запропоновано метод побудови компактних інформативних ОО на основі моделей подання та оброблення даних в ортогональному базисі Уолша, який шляхом фільтрації спектральних ознак за критерієм дисперсії дозволяє проводити розпізнавання з високою швидкістю без зниження заводостійкості. Запропонована модель компресування ОО об'єктів із використанням критерію стабільності їх значень на навчальній множині перетворень. Перевагою підходу є суттєвий вииграш у часі оброблення за умови збереження рівня правильної класифікації. Отримала подальший розвиток модель багатокритеріальної оптимізації з метою оптимального вибору порогу еквівалентності елементів описів, реалізація якої забезпечує адаптацію до бази зображень та покращує достовірність розпізнавання.

Запропонована трансформація ОО пов'язана з розкладанням елементів опису за сімейством прямокутних базисних функцій, у якості яких розглянемо дискретні функції Уолша (ФУ). Перетворимо опис шляхом перемноження матриць

$$U = Z * A, \quad (11)$$

де A – матриця Адамара $n \times n$, що включає n векторів ФУ w_1, \dots, w_n , Z – ОО як матриця $Z = \{z_{ij}\}$, $i = \overline{1, s}$, $j = \overline{1, n}$, рядки якої містять s векторів опису. Метод синтезу стисненого опису (відображення $\Theta: Z \rightarrow U$) представимо послідовністю.

1. Застосовуючи до опису Z перетворення (11), отримаємо матрицю $U = \{u_{ij}\}$ розміром $s \times n$. Обчислимо матрицю $U^2 = \{u_{ij}^2\}$. Значення u_{ij}^2 відповідає енергії ХО з

номером i з опису Z , яка відповідає базисному вектору w_j . При поданні в ортонормованому базисі повна енергія сигналу дорівнює сумі компонентів енергії, що відповідають сукупності базисних векторів.

2. З метою побудови інформативного кортежу ОО виконаємо аналіз шляхом застосування дисперсійного критерію, обчислюючи дисперсії у кожному із n стовпчиків матриці U^2 : $\sigma_i^2 = \frac{1}{s-1} \sum_{k=1}^s (u_{ik}^2 - u_i^2)^2$, де $u_i^2 = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s u_{ik}^2$ – середнє, $i = \overline{1, n}$.

Дисперсія характеризує розкид відгуків ХО для окремих ФУ. Ранжируємо масив дисперсій $\sigma_1^2, \dots, \sigma_n^2$, зберігаючи відповідні номери ФУ.

3. Визначимо фіксоване число $m \ll n$ ФУ з найбільшими дисперсіями. Обрані ФУ w_1, \dots, w_m з їх номерами j_1, \dots, j_m будемо використовувати як найбільш інформативну частину базису для отримання стисненого опису.

4. Виконаємо класифікацію векторів опису Z на m класів у відповідності до сформованого інформативного кортежу. Проаналізуємо обрані m стовпців матриці U^2 і для кожного із s векторів опису реалізуємо оптимальне правило R_Z віднесення вектора $z_q \in Z$ до одного з класів k із діапазону $1, \dots, m$:

$$R_Z : z_q \in k \mid \arg \max_{h=1, \dots, m} u_{qh}^2 = k, k = \overline{1, m}, q = \overline{1, s}. \quad (12)$$

Кожний елемент опису буде віднесено до того із m класів, для якого квадрат відгуку з ФУ буде максимальним. Правило R_Z реалізує класифікацію на основі оптимальної узгодженої фільтрації в ортогональному базисі кортежу ФУ.

5. У результаті класифікації (12) отримаємо розподіл s елементів ОО за m класами. Сформуємо стиснений опис u^* в інтегрованому вигляді як вектор

$$u^* = (u_1, \dots, u_m), \sum_{j=1}^m u_j = s, \quad (13)$$

елементи u_j якого – кількості векторів ХО, які були віднесені до класу j . Враховуючи, що еталони класів можуть містити різну кількість ХО, на практиці часто необхідно виконати нормування опису (13): $u_i = u_i / s$, що гарантує виконання співвідношення $\sum_{j=1}^m u_j = 1$. Рис. 2 містить схему методу.

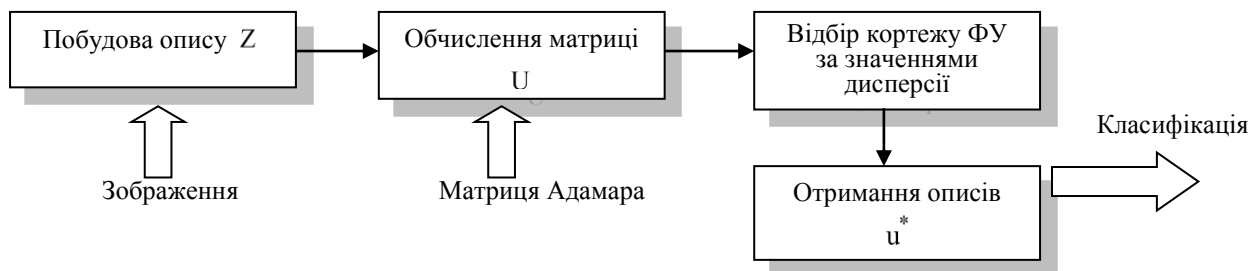


Рисунок 2 – Побудова методу синтезу стиснених описів

Запропонований метод трансформує опис у вигляді матриці $s \times n$ до вектора з m числових значень, при цьому можна обрати $m \ll n$, що суттєво знижує обчислювальні затрати, особливо при великих значеннях s . Перетворення еталонних описів до стисненого вигляду виконується один раз і в цілому не впливає на час класифікації. Відкидання частини коефіцієнтів, як показали дослідження, не викликає суттєвих похибок або втрати необхідних властивостей. Розміром об'єму опису (параметр m) можна керувати, підвищуючи характеристику достовірності.

Для ознакових просторів існує два основних способи побудови стиснення Ξ : шляхом скорочення числа векторів у та/або зменшення розміру n окремого вектора.

Візьмемо за основу зниження розмірності ОО стійкість значень інваріантних ознак опису до дії геометричних перетворень. Побудуємо множину зображень, яка буде основою для формування стійкої стисненої підмножини ОО. Для цього еталон бази перетворимо фіксованим числом N геометричних трансформацій з $G = \{g_i\}_{i=1}^N$. Наприклад, для повороту послідовно обертатимемо еталон на кути $20^\circ, \dots, 360^\circ$, $N=18$. Для кожного із зображень формуємо опис Z_1 як множину XO , s – розмір опису Z (при куті $g_0 = 0^\circ$), s_1 – розмір опису Z_1 .

Застосуємо Θ для встановлення множини відповідностей $\Theta: Z \rightarrow Z_1$ двох описів, для кожного $z \in Z$ встановимо $z_1 \in Z_1$ через відповідність $\beta(z, z_1) \in \{0, 1\}$. З $\beta(z, z_1)$ пов'яжемо міру $\rho(z, z_1)$, шляхом мінімізації якої синтезується $\beta(z, z_1)$. Сформуємо бінарний масив $\beta^g = \{\beta_1^g, \beta_2^g, \dots, \beta_s^g\}$ для перетворення g . Проведемо випробування для зображень, отриманих шляхом застосування $G = \{g_i\}_{i=1}^N$. Для кожного номера q у β^g підрахуємо число

$$k_q = \sum_{i=1}^N \beta_q^i, \quad q \in [1, s], \quad k_q \in [0, N] \quad (14)$$

у серії з N випробувань. Застосуємо критерій (14) як характеристику стійкості q -ї ознаки. За результатами обробки сформуємо таблицю значень k_q як рейтинг стійкості q -ї ознаки. Ранжируємо елементи $\{k_q\}_{q=1}^s$ та виділимо підмножину Q^m з m номерів з найбільшим рейтингом k_q . Вибір m залежить від бази зображень.

Запропонований метод для бази шахових фігур дає можливість зберігати безпомилкову класифікацію на рівні 40% від кількості точок опису, що відповідає компресуванню у 2,5 рази. При цьому до рівня шуму $\sigma=0,1$ матриця голосів для традиційного та модифікованого методів співпадає, при значних рівнях $\sigma=1$ проявляються інтегральні властивості трансформації, діагональні елементи матриці $\{h_{i,j}\}$ для модифікованого підходу більш стійкі.

Формування стисненого опису залежить від ряду факторів, а саме від способу отримання ознак і від правила встановлення еквівалентності компонентів. Властивості детектора і правило визначаються рядом параметрів. До них відносяться: поріг δ_p на величину мінімуму відстані $\rho(z_q, z_{1i})$ між векторами, відношення мінімуму до найближчого локального мінімуму та ін.

На основі значення δ_p визначається подібність між ОО як число голосів, які віддали елементи опису еталону за об'єкт. Для бази домашніх тварин допустимий діапазон значень складає $[0,08; 0,8]$, при $\delta_p=0,8$ визначаються всі відповідності (інваріантність спостерігається в повному обсязі), а при $\delta_p < 0,8$ лише для незначної частини точок спостерігається ця властивість. Для $\delta_p=0,8$ кількість інваріантних точок не перевищує 5% від загального об'єму опису.

Для визначення оптимального порогу проаналізуємо матрицю $H = \{h_{ij}\}$ числа голосів, в якій елементи головної діагоналі h_{ii} – це подібність між еталоном та перетвореним еталоном, а h_{ij} – подоба між перетвореним еталоном та рештою еталонів. Зміна δ_p призводить до підвищення h_{ij} , задача полягає у виборі такого δ_p , при якому зберігаються якомога більші значення h_{ii} при одночасному граничному зниженні значень h_{ij} . Розглянемо два критерії:

$$\max A_1(\delta_p) = \frac{1}{c} \sum_{i=1}^c [h_{ii} / \max(h_i^*)], \quad (15)$$

$$\min A_2(\delta_p) = \frac{1}{c} \sum_{i=1}^c 1(\max_{j=1, \dots, c-1} h_{ij} \geq 0,5h_{ii}), \quad (16)$$

де A_1 – середнє за кількістю еталонів відношення діагональних елементів до їх максимально можливого значення $\max(h_i^*)$, A_2 – доля числа рядків матриці H , у яких найближчий до діагоналі максимум більше половини h_{ii} , c – число еталонів, а функція $1(\cdot)$ для рядка H в (16) визначається як

$$1(\max_{j=1, \dots, c-1} h_{ij} \geq 0,5h_{ii}) = \begin{cases} 1, & \max_{j=1, \dots, c-1} h_{ij} \geq 0,5h_{ii}, \\ 0, & \max_{j=1, \dots, c-1} h_{ij} < 0,5h_{ii}. \end{cases}$$

У такій постановці маємо задачу двохкритерійної оптимізації, яку зведемо до агрегованого критерію A шляхом згортання A_2, A_1 в один: $A = \min(A_2 - A_1)$.

Для бази зображень домашніх тварин розкид кількості голосів у матриці H без завад складає 100...200 точок. Це означає, що кількість точок, виділених детекторами, розподілена нерівномірно, при цьому два еталони (№1, №5) найбільш схожі між собою (біля 20 схожих точок). При повороті на 20° для кожного значення порогу в інтервалі $[0,08; 0,8]$, а саме для значень $\delta_p = \{0,08; 0,16; 0,32; 0,4; 0,64; 0,8\}$, розрахуємо знову матрицю H . З точки зору максимізації A_1 (вираз (15)), найкращим значенням є 0,8, з точки зору мінімізації A_2 (вираз (16)) найкращим є 0,08, оптимальне значення критерію $A = \min(A_2 - A_1)$ досягається при значенні 0,32, при цьому загальне скорочення кількості голосів складає 25%, максимальне співвідношення між максимальним значенням голосів, відданих за інший еталон

(елементи h_{ij}), та голосами, відданими за свій еталон (h_{ii}), складає 0,3 у загальному випадку, і 0,6 для еталонів №1, №5.

Четвертий розділ присвячено викладу проведених експериментальних досліджень та отриманню якісних характеристик запропонованих методів побудови та трансформації ОО. Проведені експерименти щодо моделювання методів на основі принципу найближчих сусідів, виконана експериментальна оцінка ефективності мір подібності із використанням ранжирування. Наведено результати експериментів для методів трансформації описів із застосуванням перетворення Уолша-Адамара, а також проведені експериментальні дослідження методів компресування на основі критерію стабільності. Представлені також результати впровадження результатів дисертаційної роботи з метою їх практичного використання у прикладних системах.

Експерименти щодо оцінки мір подібності із використанням ранжирування проводились з метою оцінки ефективності за критерієм стійкості до адитивних завад та пошкоджень у порівнянні з традиційними методами. Досліджено три основних методи: 1) традиційний, заснований на підрахунку кількості голосів найбільш близьких елементів (з перевіркою на поріг δ_p); 2) модифікація, коли за $m=10$ найбільш схожими елементами об'єкту обчислюється подібність за схемою (8) при $q=3$ та $q=m$; 3) модифікація, коли за $m=10$ найбільш схожими елементами обчислюється подібність (9) при $q=1, q=3, q=m/2$. Експерименти проводились для баз зображень домашніх тварин, комах та бази випадкових векторів.

Для всіх баз при фіксованому значенні порогу завадостійкість методів, визначених (8) при $q=5, q=10$ та (9) при $q=1, q=3, q=5$ до адитивних завад близька з традиційним методом і з підвищенням рівня завади ймовірність правильної класифікації знижується приблизно однаково, але найкращий результат показав метод ранжирування та усереднення при $q=10$. При моделюванні просторових завад забезпечується класифікація із ймовірністю більш ніж 0,98 при закритті 70–80 % площі зображення. Для випадку просторових завад при функціональних відповідностях було досягнуто найбільшої ефективності. При всіх значеннях q ранжирування і усереднення дають кращий результат, ніж традиційний підхід, забезпечуючи високу ймовірність $P \geq 0,9$ навіть у випадку $\gamma \leq 0,9$ (пошкодження 90 % опису).

При дослідженні методу трансформації ОО на основі перетворення Уолша-Адамара для кожного еталона з використанням методу SURF отримано структурний опис як набір векторів розміром $n=64$, число векторів у базі складає від 66 до 262. Для відбору інформативного кортежу ФУ розміром $m=8$ елементів отримано найбільші 16 значень дисперсій квадратів відгуків (табл. 1).

Порівняльний експеримент по класифікації (рис. 3) проводився у трьох варіантах: у просторі 8 відібраних ФУ; у просторі 8 ФУ з найменшими дисперсіями; у просторі повного базису Уолша (64 ФУ).

Таблиця 1 – Найбільші 16 значень дисперсії для бази домашніх тварин

№ п\п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
№ФУ	3	1	49	33	2	50	4	35	34	36	17	51	13	11	52	19
Дисперсія	66,26	51,85	13,7	8,63	7,37	6,82	5,48	5,35	3,18	3,048	2,729	2,207	2,102	1,94	1,699	1,614

Для зіставлення проведені також експерименти для методу голосування шляхом підрахунку кількості голосів. Як бачимо, запропонований метод має суттєві переваги у завадостійкості. З підвищенням σ^2 крива для розробленого методу вище, ніж при голосуванні, і при $\sigma^2=0,03$ ймовірності складають 0,8 та 0,6 відповідно.

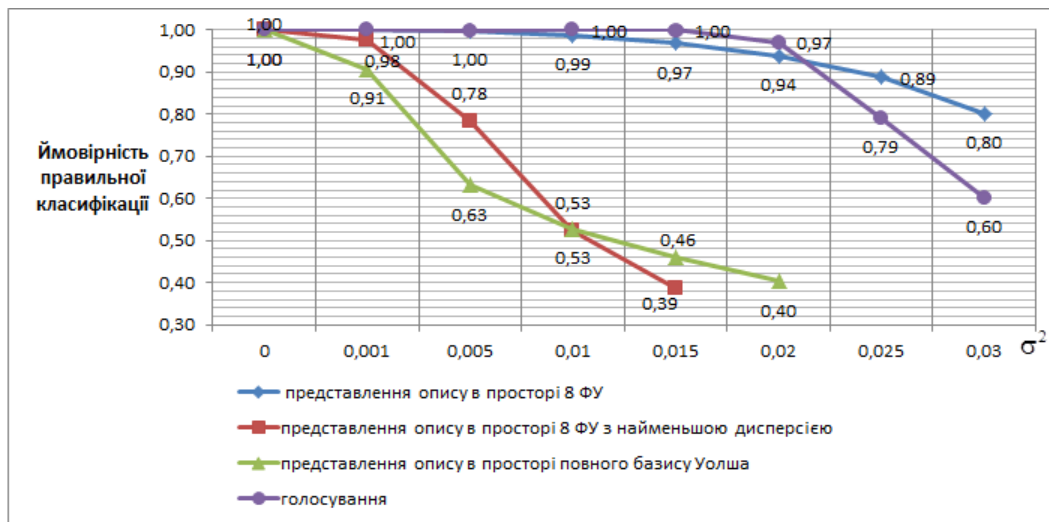


Рисунок 3 – Залежність якості класифікації від рівня завади

Висока стійкість до шуму зумовлена передусім інтегральними властивостями ФУ, у той самий час швидкодія розробленого методу також суттєво вища: час для класифікації одного зображення приблизно склав 0,03 та 0,95 секунд відповідно, тобто більш ніж у 30 разів менше.

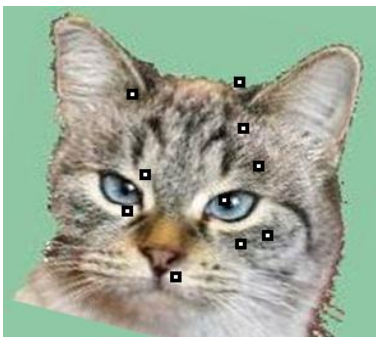


Рисунок 4 – Зображення з найбільш стійкими точками

Проведення комп'ютерного моделювання для оцінки методу компресування на основі критерію стабільності виконувалось для баз зображень домашніх тварин та шахових фігур. На рис.4 наведено зображення бази домашніх тварин із виділеними найбільш стійкими точками при повороті та масштабі. Гіпотеза про існування стабільної підмножини точок була доведена експериментально. Достатньо велика кількість точок (19) мають близькі параметри стійкості (повторюються 16-17 разів з 18). При цьому також суттєва кількість точок (до 49) мають дуже низький коефіцієнт повторення (0-3), всі ці точки можна віднести до несуттєвих при розпізнаванні. Параметром m (кількість елементів опису) можна керувати і виконати подальше скорочення якимось іншим способом.

Таким чином, при $m=31$ коефіцієнт стиснення γ можна оцінити як $\gamma = 239 / 31 \approx 7,7$. При $\delta_p = 0,08$ число точок з коефіцієнтом повторення 18 складає 6, і, відповідно, коефіцієнт стиснення сягає величини $\gamma = 239 / 6 \approx 39,8$. При цьому для бази шахових фігур зберігається безпомилкова класифікація на рівні 40% від загальної кількості точок опису, що допускає рівень компресування у 2,5 рази. Для бази домашніх тварин зберігаються отримані висновки щодо формування підмножини стабільних точок, у той же час кількість спільних точок бази не перевищує 5% від їх числа, що вказує на високий ступінь розрізнення еталонів. За рахунок стиснення простору ознак із використанням розробленого критерію стабільності досягнуто суттєвого скорочення часу оброблення.

У розділі наведено також результати впровадження дисертаційних досліджень. Вирішені важливі практичні задачі: 1) завдяки використанню відбору підмножини найбільш інформативних компонентів спектру Уолша досягнуто суттєве підвищення швидкодії (у 20-30 разів) при класифікації зображень, отриманих при дистанційному зондуванні природних середовищ з аерокосмічних носіїв та при визначенні товщини шару покриття автошляхів; 2) при використанні розроблених у дисертації методів обчислення подібностей інформативних описів на основі аналізу множини ранжированих найкращих відповідностей функціонального типу досягнутий потрібний рівень достовірності та швидкодії при класифікації фотографій анатомо-діагностичних зображень лікарської рослинної сировини. За рахунок подальшого стиснення простору використовуваних структурних ознак із застосуванням розробленого критерію стабільності досягнуто суттєве скорочення (в 5,4 рази) часу обробки зображень лікарської рослинної сировини.

Результати дисертаційної роботи застосовані у навчальному процесі ХНУРЕ при виконанні атестаційних дипломних робіт магістра за спеціальністю «Інформатика», проведенні занять з дисциплін «Стиснення даних», «Теорія розпізнавання образів», «Обробка багатовимірних сигналів в умовах невизначеності».

У додатку наведені документи щодо впровадження результатів досліджень та їх практичного використання в прикладних системах.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язана актуальна науково-практична задача інваріантного розпізнавання зображень на основі застосування розроблених методу та моделей трансформації описів ознак з метою побудови ефективних мір подібності у синтезованих ознакових просторах. При проведенні досліджень отримані наступні основні результати:

1. Встановлено, що аналіз просторів для опису ознак і виявлення їх особливостей для бази зображень разом із застосуванням методом мають вирішальний вплив на результат розпізнавання. Покращенню характеристик розпізнавання сприяє застосування процедур перетворення описів або перехід до нового простору ознак.

2. Синтезований метод побудови компактних інформативних описів на основі моделей представлення в ортогональному базисі Уолша дає можливість проводити

розпізнавання візуальних об'єктів з високою швидкістю без зниження перешкодозахищеності. Це обумовлено властивостями побудованого ортогонального спектрального простору ознак та використанням інформативної фільтрації множини ознак за дисперсійним критерієм.

3. Розроблена модель компресування описів ознак на основі критерію стабільності їх значень на навчальній множині геометричних перетворень у експерименті дає можливість зберегти безпомилкову класифікацію на рівні 40% від всього обсягу опису, що допускає рівень компресування у 2,5 рази.

4. Удосконалено модель побудови мір подоби на основі принципу найближчих сусідів, що забезпечує високу ймовірність правильної класифікації в умовах адитивних завад завдяки сукупному аналізу часткових рішень, що служить основою покращення якості класифікації. Удосконалена модель подібності описів на базі оброблення підмножини значимих відповідностей забезпечує порівняну з традиційними підходами перешкодозахищеність, а при завадах ушкодження при використанні однозначних функціональних відповідностей має більш високу перешкодозахищеність.

5. Набула подальшого розвитку і застосування модель багатокритеріальної оптимізації у цілях оптимального вибору порогу еквівалентності елементів описів. Показана ефективність застосування двохкритерійної оптимізації при виборі оптимального порогового значення, що є найбільш значимим параметром класифікації та забезпечує адаптацію до бази зображень.

6. Реалізація запропонованих моделей та методів дає можливість вирішити ряд прикладних задач. За рахунок обчислення подоби на основі множини ранжируваних відповідностей функціонального типу досягнутий необхідний рівень достовірності та швидкодії при класифікації фотографій лікарської рослинної сировини, отриманих у результаті мікроскопічного дослідження. Розв'язана прикладна задача класифікації при дистанційному зондуванні природних середовищ з аерокосмічних носіїв, підвищення інформативності радіолокаційних зображень досягнуто завдяки побудові комбінації спектрів двомірних сигналів, отриманих з використанням функцій Уолша. Результати дисертації впроваджено у навчальному процесі.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Гороховатская Н.В. (Власенко Н.В.) Метрическая классификация с использованием метода ближайших соседей на основе описаний в виде множеств признаков / Н.В. Гороховатская // Прикладная радиоэлектроника. – 2012. – Т. 11, №1. – С. 42-47.

2. Власенко Н.В. Анализ кортежей наиболее значимых соответствий между описаниями объектов в задачах метрического распознавания / Н.В. Власенко, В.П. Машталир // Реєстрація, зберігання і обробка даних.– 2012. – Т. 14, № 3. – С. 20-32.

3. Власенко Н.В. Построение информативных компактных описаний и классификация объектов путем представления в ортогональном базисе / Н.В. Власенко // Бионика интеллекта. – 2013. – №1 (80). – С. 93-98.

4. Гороховатская Н.В. (Власенко Н.В.) Задача оптимизации при оперативном управлении информационно-технологическими системами / Н.В. Гороховатская, В.М. Кузьменко // Системи управління, навігації та зв'язку: зб. наук. пр. – К.: Центр. наук.-досл. інститут навіг. і управління. – 2011. – Вип. 2(18). – С. 83-87.

5. Власенко Н.В. Компрессирование описания визуальных объектов путем фильтрации его компонент по критерию стабильности / Н.В. Власенко, А.С. Канунников, С.В. Машталир // Вісник НТУ ХПІ. Серія: системний аналіз, управління та інформаційні технології: зб. наук. пр.– Х.: НТУ ХПІ. –2013. – №2 (976). – С.91–100. (Входить до міжнародних науко метричних баз INSPEC та EBSCO)

6. Власенко Н.В. Исследование свойств трансформированных инвариантных признаков описаний на базе ортогональных преобразований /Власенко Н.В. // Системи обр-ки інформації: зб. наук. пр.–Х.: ХУ ПС. – 2013.– Вип. 1(108).– С.25-29.

7. Mikhnova O. Key frame partition matching for video summarization // O. Mikhnova, N. Vlasenko / International Journal Information Models and Analyses. – 2013.– 2(2). – P. 145-152. (Входить до міжнародних науко метричних баз INSPEC та EBSCO)

8. Vlasenko N.V. Classification of video-objects in attribute space of the Walsh functions / N.V. Vlasenko, O.V. Sytnik // Telecommunications and Radio Engineering. – 2013. – 72(19). – P. 1777–1785. (Входить до міжнародних науко метричних баз INSPEC та EBSCO)

9. Гороховатская Н.В. (Власенко Н.В.) Метод ближайших соседей при построении мер подобия на основе анализа точечно-множественных соответствий / Н.В. Гороховатская, Е.В. Мантула // Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта (ISDMCI'2012): міжнар. наук. конф., Євпаторія, 28-30 травня 2012 р.: матер. конф. – Херсон, 2012. – С. 338–340.

10. Гороховатська Н.В. (Власенко Н.В.) Дослідження методу обчислення подібності описів об'єктів із використанням ранжирування / Н.В. Гороховатська, О.О. Передрій // Обчислювальні методи і системи перетворення інформації (ОМСП'2012): II наук.-техн. конф., 4-5 жовтня 2012 р.: матер. конф. – Львів, 2012. – С. 165-168.

11. Власенко Н.В. Метод построения сжатых описаний по критерию устойчивости их значений / Н.В. Власенко // Радіоелектроніка та молодь у ХХст.: 17-й Міжн. молодіжний форум: Математичне моделювання, системний аналіз і теорія оптимальних рішень, Харків, 22-23 квітня 2013 р.: матер. конф. – Х., 2013. – Т.7. – С. 11–12.

12. Власенко Н.В. Скорочення ознакових описів в задачах розпізнавання зображень / Н.В. Власенко// Обчислювальний інтелект ОІ-2013 (результати, проблеми, перспективи): II міжнар. наук.-техн. конф., 14-18 травня 2013 р.: матер. конф. – Черкаси, 2013. – С. 339–340.

13. Власенко Н.В. Оптимальный многокритериальный выбор параметра порога при сопоставлении описаний объектов / Н. В. Власенко // Интеллектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2013):

міжн. наук. конф., Євпаторія, 20-24 травня 2013 р.: матер. конф. – Херсон, 2013. – С. 423–425.

АНОТАЦІЯ

Власенко Н.В. Моделі ознакових описів та їх трансформації при розпізнаванні зображень. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту. – Харківський національний університет радіоелектроніки, Міністерство освіти і науки України, Харків, 2014.

Дисертацію присвячено розробленню ефективних методів побудови, аналізу і трансформації ознакових описів зображень для покращення характеристик розпізнавання.

Розроблено метод побудови компактних інформативних ознакових описів на основі моделей подання і оброблення даних в ортогональному базисі Уолша, який дає можливість проводити розпізнавання зображень об'єктів з високим рівнем швидкодії без зниження завадостійкості. Запропонована модель компресування ознакових описів із використанням критерію стабільності, що забезпечує суттєвий вииграш у загальному часі оброблення та скорочення об'єму описів при збереженні необхідного рівня правильної класифікації. Удосконалені моделі для побудови подібностей описів шляхом ранжирування та відбору скінченного кортежу їх найбільш схожих компонентів, а також із використанням принципу найближчих сусідів. Набула подальшого розвитку модель багатокритеріальної оптимізації з метою оптимального вибору порогу еквівалентності елементів описів, реалізація якої забезпечує адаптацію до бази зображень та покращує достовірність розпізнавання. Вирішено практичні задачі підвищення швидкодії при класифікації зображень, отриманих при дистанційному зондуванні природних середовищ з аерокосмічних носіїв та при визначенні товщини шару покриття автошляхів завдяки оптимальному обробленню сигналів георадару, а також автоматизації і скорочення часу оброблення зображень лікарської рослинної сировини.

Ключові слова: розпізнавання зображень, характерні ознаки, SURF, ознаковий опис, подібність описів, функції Уолша, ортогональне перетворення, стиснення опису, двокритеріальна оптимізація.

АННОТАЦИЯ

Власенко Н.В. Модели признаковых описаний и их трансформации при распознавании изображений. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.23 – системы и средства искусственного интеллекта. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Министерство образования и науки Украина, Харьков, 2014.

Диссертация посвящена разработке эффективных методов построения, анализа и трансформации признаков описаний для улучшения характеристик распознавания.

Рассмотрены современные методы структурного распознавания на основе описаний в виде множеств характерных признаков изображений. Показано, что множества структурных признаков, построенные наиболее распространенными в приложениях методами SURF, SIFT, обладают избыточностью, что приводит к потере показателя быстродействия распознавания и ставит проблему получения и изучения трансформированных и неполных описаний.

Исследованы методы построения и модификации мер подобия в целях повышения эффективности решения прикладных задач. Формально описаны модели признаков описаний изображений в виде множества характерных признаков и представлено их применение в задаче классификации на основе принципа ближайших соседей, а также разработаны модифицированные меры подобия на основе ранжирования элементов признаков описаний в процессе классификации.

Предложены методы трансформации признаков описаний в целях повышения эффективности распознавания. Разработан метод синтеза сжатого описания на основе применения ортогонального базиса функций Уолша, представлены результаты исследований свойств описаний, трансформированных на основе ортогональных преобразований. При сравнении уровня помехозащищенности с методом голосования установлено, что разработанный метод построения компактных описаний в пространстве кортежа выделенных функций Уолша не уступает по помехозащищенности методу голосования, что обусловлено интегральными свойствами базиса Уолша. Преимуществом разработанного метода является значительный выигрыш в быстродействии: теоретически – в 10-20 раз, практически – в 30 раз по сравнению с голосованием. Предложена модель компрессирования описания визуальных объектов путем фильтрации его компонент по критерию стабильности. Получила дальнейшее применение и развитие модель многокритериальной оптимизации при выборе параметра порога в процессе сопоставления описаний объектов. Предложенные частичные критерии, отражающие подобие со своим классом и другими классами, и агрегированный критерий оптимизации непосредственно отражают уровень качества применяемого метода распознавания в прикладных задачах.

Представлены результаты вычислительных экспериментов и материалы внедрения диссертационной работы. Проведены эксперименты по моделированию метрических методов на основе принципа ближайших соседей, выполнена экспериментальная оценка эффективности мер подобия с применением ранжирования. Приведены результаты экспериментов для методов трансформации с применением преобразования Уолша-Адамара, а также проведены экспериментальные исследования методов компрессирования описаний на основе критерия стабильности. Практически подтверждены теоретические принципы построения процедуры сжатия на основе формирования кортежей стабильных инвариантных компонентов описания. Представлены результаты внедрения диссертационной работы, изложены основные результаты по внедрению предложенных в работе методов с целью их практического использования в

прикладных системах. Результаты диссертационной работы получили применение и внедрение при решении прикладных задач распознавания изображений микроскопии и геолокации. Решена прикладная задача классификации изображений, полученных при дистанционном зондировании природных сред с аэрокосмических носителей и определения толщины слоя покрытия автомобильных дорог благодаря обработке сигналов георадара. При использовании разработанных в диссертации методов вычисления подобия информативных описаний видео-объектов и эталонов на основе анализа конечного множества ранжированных наилучших соответствий функционального типа достигнут необходимый уровень достоверности и быстродействия при классификации фотографий анатомо-диагностических признаков лекарственного растительного сырья. Также результаты диссертационных исследований нашли применение в учебном процессе, что подтверждает практическую ценность и достоверность проведенных исследований.

Ключевые слова: распознавание изображений, характерные признаки, SURF, признаковое описание, подобие описаний, функции Уолша, ортогональные преобразования, сжатие описания, двухкритериальная оптимизация.

ABSTRACT

Vlasenko N.V. Feature descriptions models and their transformation in image recognition. - Manuscript.

Dissertation for a candidate of technical science (Ph.D.) degree in specialty 05.13.23 – systems and means of artificial intelligence. – Kharkiv National University of Radio Electronics, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2014.

The dissertation work is devoted to the development of efficient methods for construction, analysis and transformation of feature descriptions of images to improve recognition performance.

A method for construction of compact informative feature-based descriptions based on models of data representation and processing in Walsh orthogonal basis was introduced, which makes it possible to recognize images of objects with high performance without reducing of noise immunity level.

An approach of feature descriptions compression using the stability criterion, which provides a significant gain in the overall processing time and reduce the amount of descriptions preserving the required level of correct classification was proposed.

Improved models for the construction of descriptions similarities and ranking by selecting a finite tuple of the most similar components, and using the principle of nearest neighbors classification were suggested.

Multi-objective optimization model for the optimal choice of threshold for description elements equivalence was improved. The implementation of this model ensures adaptation to the image database and improves the reliability of recognition.

Practical problems to improve performance of the classifications of images obtained by remote sensing of natural environments of aerospace media and during an estimation of coating roads thickness due to optimal signal processing ground penetrating radar were resolved, as well as an automation and reducing time of medical plants image processing.

Keywords: pattern recognition, features, SURF, features description, similarity descriptions, Walsh functions, orthogonal transformation, compression of description, 2-criteria optimization.

Підп. до друку 03.01.2014
Умов. друк. арк. 0,9
Зам. №2-341

Формат 60x84 ¹/₁₆
Тираж 100 прим.
Ціна договірна.

Спосіб друку – ризографія

ХНУРЕ, 61166, Харків, просп. Леніна, 14

Віддруковано в навчально-науковому
видавничо-поліграфічному центрі ХНУРЕ.
61166, Харків, просп. Леніна, 14