

Висновок

Отже, отримані умови дають змогу здійснити синтез замкнених систем «літак – САУ» з нечутливими діодичними модами за допомогою призначення лівої власної структури.

1. Бруссард Р. Применение рассчитанных заранее законов управления в реконфигурируемой системе управления полетом / Р. Бруссард, Д. Д. Мердер, Н. Хальо, А. К. Каглайан // *Аэрокосмическая техника*. – 1989. – № 2. – С. 33–42. 2. Казак В. М. Синтез приближенного аналитического розв'язання звичайного диференціального рівняння на основі методу групового урахування аргументів / В. М. Казак, І. В. Боярінов, Ю. О. Боярінова // *Вісник НАУ*. – 2001. – № 3. – С. 66–76. 3. Казак В. М. Достовірність контролю аналого-цифрових об'єктів / В. М. Казак, С. М. Руденко // *Зб. наук. доп. міжнар. наук.-техн. конф. «АВІА – 2001»*. – К. : НАУ, 2001. – С. 58–61. 4. Адаптивный регулятор для подавления флаттера крыльев при неиз-меряемых возмущениях и немоделируемых динамиках // *Системы автоматического управления и техническая кибернетика*. – М. : ВИНТИ, 1992. – № 3. – С. 17–25. 5. Артемьев В. М. Теория динамических систем со случайным изменением структуры / В. М. Артемьев. – Минск : Вышэйш. шк., 1979. – 211 с. 6. IAAA. *Flight Simulator Design and performance data requirement, 1st Edition*. – 1980. 1 Oct. – P. 54. 7. Асланян А. Э. Системы автоматического управления полетом летательного аппарата / А. Э. Асланян. – К. : КВВАИУ, 1989. – 436 с. 8. Казак В. Н. *Авиационные управляемые ракеты. Ч. II* / В. Н. Казак. – Даугавпилс: ДВВФИУ им. Я. Фабрициуса, 1999. – 76 с.

УДК 531.36+534

М. Назаркевич

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автоматизованих систем управління

РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ АТЕВ-ФУНКЦІЙ НА ОСНОВІ МІР ПОДІБНОСТІ

© Назаркевич М., 2011

Розроблено метод ідентифікації документів, захищених за допомогою сіток Атев-функцій. Метод передбачає етапи розпізнавання, фільтрації, скелетизації, нормування та порівняння з еталоном. В основу етапу порівняння покладено побудову фактор-просторів за відношеннями еквівалентності, що породжується різними метриками простору неперервних або дискретних функцій на заданому проміжку.

Ключові слова: ідентифікація, Атев-функції, захист друкованих документів.

The identification method for protected by Ateb-function printed documents is presented. The method includes filtration, normalization and verification with ethalons. The verification is based on construction metrics in functional spaces.

Keywords: identification, Ateb-function, protection printed documents.

Вступ

Для ефективного функціонування систем обробки зображень необхідне постійне поповнення арсеналу методів і засобів попередньої обробки, стиснення зображень та побудови класифікаторів, що обумовлює актуальність розроблення нового інструментарію. Створення ефективних технологій вимагає розроблення методів і алгоритмів, які повинні задовольняти вимоги щодо швидкодії і точності [1]. Розв'язання задач ідентифікації інформації визначається розробленням нових технологій обробки, аналізу і розпізнавання різних видів зображень.

Як правило, кожен алгоритм, володіючи певними характеристиками, «спеціалізується» на своєму типі зображення. Розпізнавання захищених документів, які містять зображення у вигляді захисних сіток з Ateb-функціями [2], потребують розроблення нових методів ідентифікації, які враховують особливості вказаних функцій. Розробленню методу ідентифікації документів, захищених Ateb-функціями, присвячена ця стаття.

Функціональна схема системи ідентифікації

Функціональну схему системи ідентифікації наведено на рис. 1. Зображення об'єкта через сканер чи фотоапарат передається на перетворювач світло-сигнал, а далі в інформаційну систему на блок первинного опрацювання зображень. Блок аналізу зображення слугує для виділення і розпізнавання об'єкта, визначення його координат і положення. У цьому блоці реалізується знаходження контурів та скелетизація, афінні перетворення та нормалізація. На основі отриманої інформації здійснюється порівняння за мірами подібності або проводиться ідентифікація кореляційними методами на основі сформованого банку еталонів. Результатом ідентифікації є визначення параметрів Ateb-функцій, оцінка достовірності документа та збереження оброблених даних.

Сьогодні поширені системи автоматизованого введення інформації через різні типи сканерів, а також цифрові фото-і відеокамери. Матриця цифрової фотокамери забезпечує роздільчу здатність до 3 млн. пікселів на кадр, а сучасним комп'ютерам така обробка є доступною у режимі реального масштабу часу, наприклад, способом просторової плоско-паралельної кореляції. Тим не менш, можливості інтелектуального аналізу зображень за допомогою комп'ютерів повинні бути з набагато кращими показниками [1]. Експертні системи, що спираються на бази даних, що включають зображення, для пошуку і розпізнавання заданих об'єктів вимагають швидкого і надійного аналізу оцифрованої відеоінформації у спеціалізованих архівах зображень або в базах Інтернету.

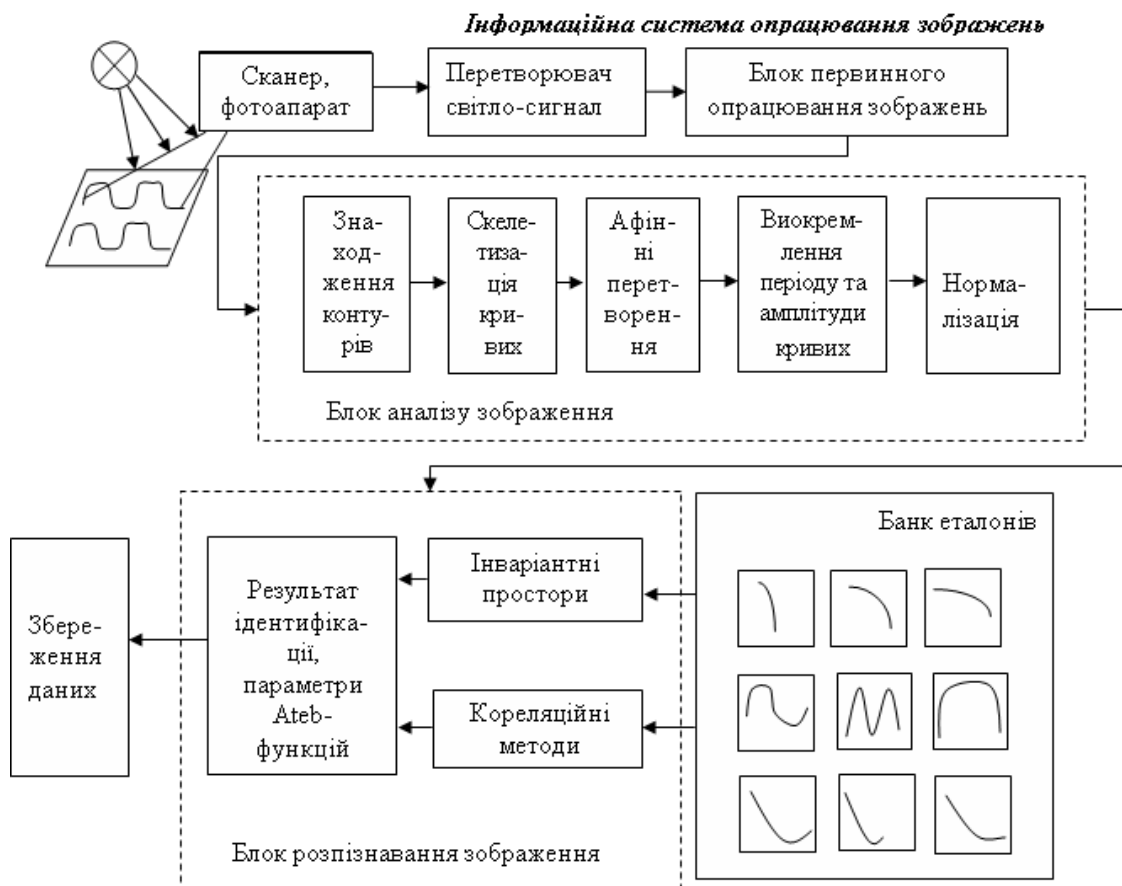


Рис. 1. Функціональна схема системи опрацювання зображень

Розглянемо можливості, які пропонують сучасні стандартні програмні засоби у цій галузі. Найпоширеніші пакети растрової та векторної графіки (Adobe Illustrator, PhotoShop, CorelDraw, CorelPhotoPaint, 3D Studio Max, Maya та інші) мають потужні засоби створення зображень, зокрема об'ємних і динамічних, однак обробка зображення обмежується фактично придушенням випадкових перешкод і муару за допомогою обмеженого набору фільтрів (зокрема згладжувальних).

Обробка зображень з метою їх розпізнавання є однією з центральних і практично важливих задач. Вирішення проблеми передбачає такі етапи: сприйняття поля зору, сегментація, нормалізація виділених об'єктів, розпізнавання. Основним елементом будь-якої задачі розпізнавання зображень є відповідь на питання: чи належать дані вхідні зображення до класу зображень, який представляє даний еталон? Відповідь можна отримати, порівнюючи безпосередньо зображення з еталонами (або їх ознаками). Однак виникає ряд труднощів і специфічних проблем [3]:

1. Зображення містяться на складному тлі.
2. Зображення еталону та вхідні зображення відрізняються місцезнаходженням в полі зору.
3. Вхідні зображення не збігаються з еталонами за рахунок випадкових перешкод.
4. Відмінності між вхідними і еталонними зображеннями виникають за рахунок зміни освітленості, підсвічування, локальних перешкод.
5. Еталони і зображення можуть відрізняти геометричні перетворення, включаючи афінні та проєктивні.

Для вирішення проблеми загалом і на окремих її етапах застосовують різні методи сегментації, нормалізації і розпізнавання. Метою роботи є розроблення методу ідентифікації, що полягає у виокремленні одиничного графічного елемента зі сканованого зображення, його нормуванні та порівнянні його з певним еталонним зображенням. Для реалізації поставленої цілі необхідно побудувати еталонні зображення. Крім того, необхідно спеціально обробити скановане зображення, щоб виділити зображення для порівняння з еталоном. Для цього необхідно застосувати спеціальні алгоритми з теорії розпізнавання зображень, а саме сегментації, скелетизації та нормування. На завершальному етапі необхідно оцінити достовірність вхідного зображення шляхом порівняння з еталоном. Для порівняння з еталоном розглядаються фактор-простори, побудовані на основі різних відношень еквівалентності. Відношення еквівалентності задається вибором метрики у заданому метричному просторі. Розробленню описаного методу присвячена ця стаття. На результат класифікації розпізнаних об'єктів істотно впливають типи класів. Найчастіше виокремлюють клас типу ядра або згущення, у нашому випадку фактор-клас. У цьому випадку всі відстані між об'єктами всередині фактор-класу є меншими, ніж їх відстані до будь-якого об'єкта, що не входить до цього класу. Ще виокремлюють класи типу кластери, або згущення в середньому. У такому випадку середня відстань між об'єктами всередині класу є меншою, ніж середня відстань до усіх інших об'єктів.

Залежно від мети дослідження задачу класифікації розпізнаних об'єктів можна сформулювати як розбиття аналізованих об'єктів на певну кількість груп, усередині яких вони розташовані на порівняно малій відстані один від одного, або як виявлення природного розшарування сукупності, що вивчається, на окремі кластери.

Для формування кластерів застосовують міри подібності типу "відстань". При їх застосуванні об'єкти вважають тим більш подібними один до одного, чим меншою є відстань між ними. Результати класифікації різними методами, як правило, принципово не відрізняються. Вибір метрики, навпаки, може істотно впливати на результати аналізу.

Тому для кожної ідентифікації розглядаємо різні типи відстаней та реалізуємо порівняння отриманих результатів. Будемо розглядати евклідові відстані, манхеттенські відстані, супремум-норма.

Розроблення мір подібності для ідентифікації Ateb-функцій

Особливістю сканованих зображень, які розглядаються у цьому дослідженні, є те, що ці зображення складаються з ліній, які відповідають певним функціональним залежностям. Тому для дослідження цих зображень доцільно використати властивості функціональних просторів. Для

порівняння з еталоном сканованого зображення вводяться метрики, що використовуються у просторах функцій згідно з [4].

Простір неперервних функцій з рівномірною метрикою. Нехай P_i – i -те скановане нормоване зображення кривої. Позначимо $f_i : [0;1] \rightarrow R$ функцію, що відповідає зображенню P_i . Якщо позначити P_0 еталоном зображення, то будемо вважати, що їй відповідає функція $f_0 : [0;1] \rightarrow R$.

Нехай X – множина усіх неперервних функцій, які задані на відрізку $[0,1]$. Уведемо метрику $r(x, y)$, де $x, y \in X$.

Введення метрики дає можливість побудувати відношення еквівалентності. Для відношення еквівалентності виконуються умови рефлексивності, симетричності та транзитивності []. За цим означенням класом еквівалентності $L_0(x) \subset X$ елемента $x \in X$ називається підмножина множини X , елементів, еквівалентних x . Очевидно, що два класи еквівалентності, які відповідають різним елементам, або збігаються, або не перетинаються між собою. Якщо розглянути множину X як лінійний простір, а клас еквівалентності $L_0(x)$ як підпростір, то можна побудувати X/L_0 фактор-групу простору X за підпростором L_0 . Якщо наділити фактор-групу структурою лінійного простору, а саме сума $L_1 + L_2$ класів еквівалентності є клас, що містить елемент $x_1 + x_2$, де $x_1 \in L_1$, $x_2 \in L_2$. Аналогічно добуток IL скаляру I на клас L визначимо як клас, елементом якого є Ix , де $x \in L$. Простір X/L_0 будемо називати фактор-простором простору X за лінійним підпростором L_0 . Фактор-простір складається з класів еквівалентності. Це дає можливість визначити належність сканованого зображення певному класу еквівалентності, що відповідає еталоному зображенню f_0 . Очевидно, що побудова фактор-простору залежить від введеної метрики. Розглянемо різні види метрик, які можна застосувати на множині X .

Простір неперервних функцій. Нехай x, y – неперервні функції, які задані на відрізку $[0,1]$. Уведемо метрику $r_c(x, y)$

$$r_c(x, y) = \max_t |x(t) - y(t)|. \quad (1)$$

Уведений простір є простором неперервних функцій на відрізку $[0,1]$, на якому введена метрика, і позначимо його $C[0,1]$. Тоді $f_i, f_0 \in C[0,1]$. Значення міри $r_c = r_c(f_i, f_0)$ можна використати для визначення близькості у цій мірі еталоного та сканованого зображення. Фактор-простір, що відповідає цій метриці, позначимо X/L_c .

Простір обмежених числових послідовностей. Нехай x – множина точок дискретних значень сканованого зображення $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n, \dots\}$, $y = \{h_1, h_2, \dots, h_n, \dots\}$ – множина точок дискретних значень еталоного зображення (див.рис2). Нехай X – множина всіх зображень. Для будь-якого $x \in X$ множина точок дискретних значень є обмежена, тобто для будь-якого x існує стала K_x , що $|x_i| \leq K_x$ для всіх $i = 1, \dots, \infty$. Уведемо метрику за допомогою рівності

$$r_\infty(x, y) = \sup_i |x_i - h_i|. \quad (2)$$

Простір називається простором обмежених числових послідовностей. Позначимо його так: m .

Простір збіжності по мірі. Нехай X – множина всіх вимірних функцій, які задані на відрізку $[0,1]$. Метрика такого простору записується

$$r_s(x, y) = \int_0^1 \frac{|x(t) - y(t)|}{1 + |x(t) - y(t)|} dt. \quad (3)$$

Уведений простір позначимо $S[0,1]$. Тоді $f_i, f_0 \in C[0,1]$. Значення міри $r_s = r_s(f_i, f_0)$ можна використати для визначення близькості у цій мірі еталоного та сканованого зображення. Фактор-простір, що відповідає цій метриці, позначимо X/L_s .

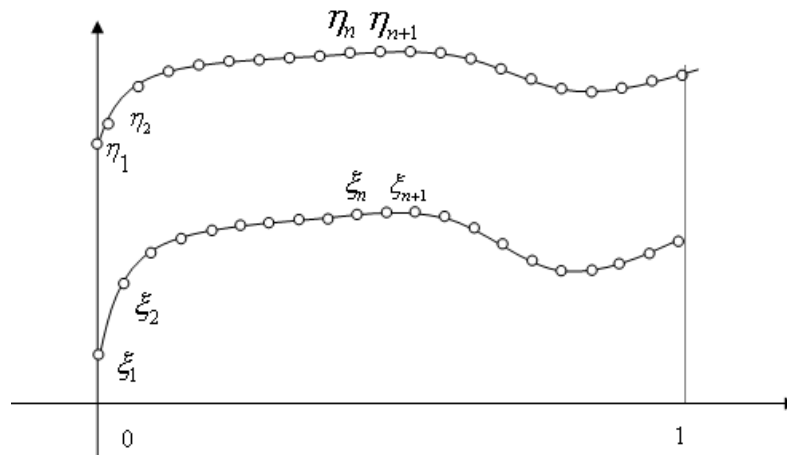


Рис. 2. Схема розташування точок на еталонному та сканованому зображенні для введення міри у просторі обмежених числових послідовностей

Простір функцій з інтегровним p -им степенем. Нехай X – множина усіх функцій $x(t)$, що належить $L_p [0,1]$. Якщо $x(t) \in L_p [0,1]$ і $y(t) \in L_p [0,1]$, то введемо метрику у вигляді r_p

$$r_p(x, y) = \left(\int_0^1 |x(t) - y(t)|^p dt \right)^{1/p}. \quad (4)$$

Значення міри $r_p = r_p(f_i, f_o)$ можна використати для визначення близькості у даній мірі еталонного та сканованого зображення. Фактор-простір, що відповідає цій метриці, позначимо X/L_p .

Простір числових послідовностей $l_p (p \geq 1)$. Нехай множина точок дискретних значень сканованого зображення $x = \{x_i\}$, таких, що $\sum_{i=1}^{\infty} |x_i|^p < \infty$. Метрика такого простору запишеться

$$r_{l_p}(x, y) = \left(\sum_{i=1}^{\infty} |x_i - h_i|^p \right)^{1/p}. \quad (5)$$

Значення міри $r_{l_p} = r_{l_p}(f_i, f_o)$ можна використати для визначення близькості у цій мірі еталонного та сканованого зображення. Фактор-простір, що відповідає даній метриці позначимо X/L_{l_p} .

Простір $l_p^{(n)}$. Нехай x – множина точок дискретних значень сканованого зображення $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n, \dots\}$. Нехай X – множина всіх зображень. Метрика такого простору запишеться

$$r_{l_p^{(n)}}(x, y) = \left(\sum_{i=1}^n |x_i - h_i|^p \right)^{1/p} \quad (6)$$

Значення міри $r_{l_p^{(n)}} = r_{l_p^{(n)}}(f_i, f_o)$ можна використати для визначення близькості у цій мірі еталонного та сканованого зображення. Фактор-простір, що відповідає цій метриці, позначимо $X/L_{l_p^{(n)}}$.

Ідентифікація сканованих зображень на основі мір подібності

Для проведення ідентифікації було розроблено відповідне програмне забезпечення, що проводить аналіз сканованого зображення, відповідно до схеми представленої на рис.1, та розпізнавання зображення. У табл.1 представлено порівняння значень сканованого зображення кривої після реалізації виокремлення, афінних перетворень та нормування з еталонами. Для прикладу

взято сітку, побудовану на основі Ateb-синусу з параметрами $(m=3, n=1/7)$. Еталони для порівняння взято з іншими значеннями параметрів, які представлені у табл.1 Порівняння проводилось у просторах m та $l_p^{(n)}$ для $p=2$. Точки для порівняння у просторі m було вибрано, як показано на рис.2. Показані результати обчислень ідентифікують скановане зображення за обома вибраними мірами (близькість порядку 10^{-3}) як належне до класу еталону $(m=3, n=1/7)$. Отримані результати свідчать про ефективність вибраних алгоритмів виокремлення, афінних перетворень, нормування та порівняння для ідентифікації зображень захищених сітками сформованими з Ateb-функцій.

Еталони	Обчислені значення міри	
	Міра sup формула (2)	Міра l_2 формула (6)
Еталон 1: $m=3, n=1/7$	0,000199999	0,000244949
Еталон 2: $m=1, n=3$	0,399091638	2,092512951
Еталон 3: $m=1, n=1$	1,727158663	10,54081127
Еталон 4: $m=1, n=1/5$	1,805765383	6,864927999
Еталон 5: $m=1, n=1/3$	0,73327884	3,087328336
Еталон 6: $m=1/3, n=1$	1,758155416	6,511186053

Висновки

Побудовано метод ідентифікації документів, адаптований для Ateb-функцій. У методі застосовано алгоритми з теорії розпізнавання зображень, а саме сегментації, скелетизації та нормування. Проведено порівняння розпізнаного зображення з еталоном. Для порівняння з еталоном розглядаються фактор-простори над простором неперервних функцій, побудовані на основі різних відношень еквівалентності. Відношення еквівалентності задається вибором метрики у заданому метричному просторі, яка є мірою подібності.

1. Путьтин Е.П., Аверин С.И. *Обработка изображений в робототехнике.* – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с. 2. Грицик В. В. *Метод захисту та відтворення інформації засобами Ateb-функцій* / В. В. Грицик, І. М. Дронюк, М. А. Назаркевич // *Доповіді НАН України.* — 2008. — № 5. — С.48 – 52. 3. Любченко В.А. *Применение одномерной нормализации в задачах распознавания изображений при проективных искажениях* // *Сб. научн. тр. по материалам 6-го Межд. молодежного форума «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке». Ч.2.* – Харьков: ХНУРЕ. – 2002. – С.388–389. 4. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. *Элементы теории функций и функционального анализа.* – М.: Наука, 1981. – 542 с.