

УДК 681.3

Т. Б. Мартинюк, к. т. н., доц.; А. Г. Буда, к. т. н., доц.; Н. В. Фофанова**ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ БЛОКА КЕРУВАННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ДВОВИМІРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

Наведено структурну схему розпізнавання зображень для визначення їх симетричності за моментними ознаками. Запропоновано особливу організацію блока керування, якій виконує не лише функції керування, а також попередню обробку зображень. Наведені результати синтезу блока керування на ПЛІС.

Ключові слова: розпізнавання зображень, блок керування, аналізатор

Вступ

Теоретичні засади, методи й алгоритми розпізнавання досить розповсюджені для вирішення різноманітних задач автоматизації виробництва, у тому числі і в технологічних роботизованих комплексах [1].

Високий ступінь вірогідності розпізнавання, насамперед, залежить від правильної організації тісно пов'язаних між собою систем відчуття та інтелектуалізації управління. Отже, при розробці гнучких роботизованих комплексів ставлять за мету створення ефективних сенсорних систем та алгоритмів обробки інформації. Інформацію, необхідну для виконання цього завдання, забезпечує система відчуття – найголовніша підсистема адаптивного робота, джерелом інформації для якої є система технічного зору (СТЗ).

Через те, що СТЗ забезпечують найбільш високу інформативність щодо сприйняття, аналізу та обробки зображень, область застосування таких систем досить широка: автоматизація операцій збирання, візуального контролю, дефектоскопія деталей, вузлів тощо [2 – 4].

Здебільшого кожна СТЗ являє собою певний рівень ієрархії з відокремленою підсистемою, складовими якої є власні обчислювачі з чітко визначеними цільовими характеристиками [5]. Застосування адаптивного керування значно вдосконалює структурну та функціональну організацію СТЗ та є одним з головних напрямків підвищення її інтелектуальних можливостей через: а) забезпечення одночасної обробки великого обсягу інформації; б) формування команд в реальному часі; в) моделювання процесів функціонування для розробки методів самонавчання систем керування. Отже, основне значення в області “інтелектуалізації” СТЗ надається системі керування.

Метою роботи є оптимізація пристрою керування для системи розпізнавання зображень за його геометричними ознаками з виділенням симетричності зображень об'єктів.

Постановка задачі

Визначальним чинником для виконання функцій СТЗ у реальному часі є ознаки, за якими виконується ідентифікація об'єктів, що здебільшого пов'язано з необхідністю виконання великого обсягу машинних процедур, в тому числі наявності в ЕОМ великого обсягу оперативної й інших видів пам'яті.

Перспективними в СТЗ для промислових роботів є різні алгоритми, які дозволяють створювати еталони на етапі навчання для певних положень об'єкта або особливостей (симетрії) самого об'єкта. В якості еталонів можуть бути не лише окремі ознаки, а шаблони зображень, для ідентифікації яких виконують накладення зображення на еталон. У загальному вигляді процедура складається з об'єднання результатів аналізу зображень або їх геометричних особливостей [1 – 5].

У цій роботі увага приділена особливостям розпізнавання симетричних об'єктів за

моментними ознаками з формуванням еталонів об'єктів [6 – 9]. Сам процес формування результируючих сигналів класифікації вхідних зображень об'єктів передбачає такі етапи розпізнавання (рис. 1).

Відомо, що підхід до вибору математичної моделі зображення передбачає спосіб опису зображення, при цьому наскільки універсальним є спосіб опису зображення, настільки простішим буде виділення системи ознак, які містять інформацію про зображення [8, 10 – 13]. Джерелом інформації поля зору СТЗ служить світловий потік, який в запропонованій системі описується функцією яскравості. Отже, на виході системи формування зображень утворюється відеосигнал, що відповідає яскравості об'єкта, який перебуває в полі зору. Тому функцією такої “інтелектуалізації” є об'єднання процедур обробки зображень оптичними блоками та формування відповідних сигналів блоком керування з врахуванням певних особливостей (симетрії) зображень [14, 15].

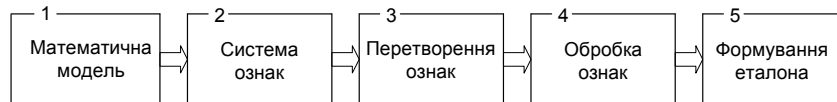


Рис. 1. Етапи розпізнавання

У будь-якій технічній пропозиції ці ознаки повинні бути перетворені в зручну форму для обробки вхідного відеосигналу з подальшим формуванням еталонів. З цією метою попередньо здійснюють первинне та повторні центрування за моментними ознаками, які реалізовані за допомогою способу розпізнавання симетричних зображень об'єктів, блок-схема алгоритму якого показана на рис. 2. Процедура, що подається в кожній операторній вершині цієї блок-схеми, відповідає макрооперації, реалізованій у системі розпізнавання [14, 15].

Первинне центрування дозволяє визначити центр тяжіння об'єкта. Вторинне центрування – нарощувати сукупність ознак для формування конкретного еталону симетричності.

Введене зображення об'єкта з вхідною орієнтацією (оператор 1) формується у вигляді світлового потоку. Світловий потік розмножується й розділяється на два рівних потоки (оператор 2) та обробляється у двох каналах. Для цього кожен з мультиплікованих світлових потоків пропускають через тінюві бінарні маски, що дозволяє здійснити просторову модуляцію зображення (оператор 3). Модуляція здійснюється за допомогою комплекту тінювих масок, що сприяють виконанню первинного центрування (оператор 4), тобто визначенню зважених сум інтенсивностей зображення і їхньому порівнянню (оператор 5). За рівності зважених сум інтенсивностей зображення (оператор 7) фіксується певна інформація, що відповідає тому чи іншому еталону класу симетрії. У протилежному випадку здійснюється зсув зображення (оператор 6) з виявленням додаткових ознак для формування певного еталону симетричного зображення.

Другий етап обробки зображення (повторне центрування) проводиться операторами 8 – 16.

Для первинного зображення фіксується вхідна орієнтація, тобто кут повороту дорівнює $\varphi = 0$ (оператор 8).

Процедури перетворень, які виконуються операторами 9 – 13, аналогічні процедурам (оператори 2 – 6) і відрізняються лише тим, що після первинного центрування по черзі виставляються інші комплекти масок (оператор 10), виконується поворот зображення (оператор 15) у межах кута $0 \dots \pi/2$ з фіксацією комплектів масок (оператор 16), які необхідні для виконання повторних центрувань.

Виконання первинного та повторного центрувань на підставі обраної системи моментних ознак дозволяє виконати їх перетворення та обробку з подальшим формуванням у вигляді результируючих сигналів (оператор 17), що відповідають еталону зображення, для якого виконується розпізнавання.

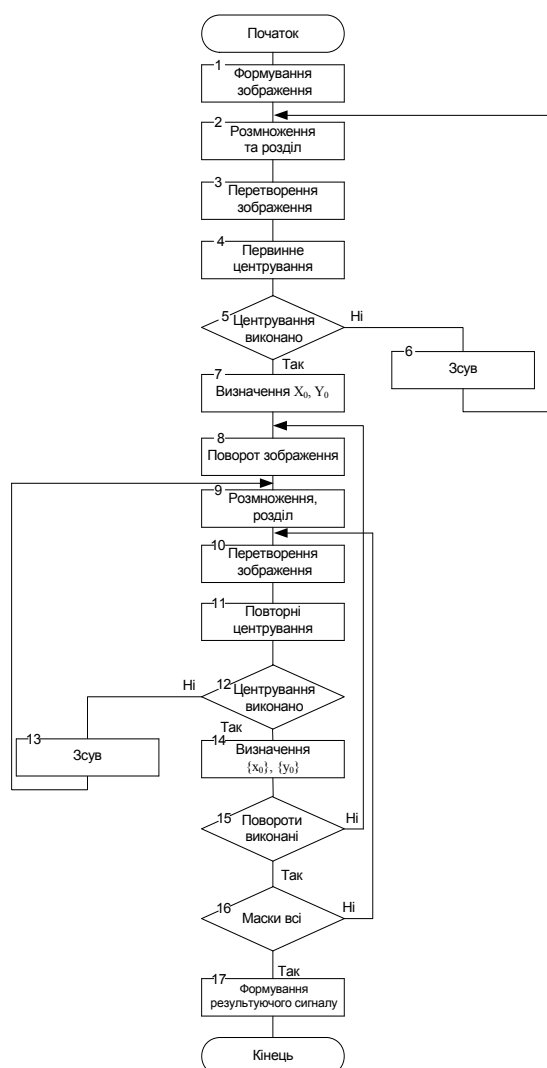


Рис. 2. Блок-схема алгоритму розпізнавання

Структура системи розпізнавання зображень

Система, яка реалізує формування еталонів симетричних зображень у процесі розпізнавання останніх, складається з оптичного блока обробки (БО), який містить перший блок зсуву (центрування) з проєкціовальною оптикою, блок повороту зображення, другий блок зсуву, два канали обробки зображень, кожен з яких містить мультиплікатор світлового потоку, формувач сигналів статичних моментів і блока керування (рис. 3).

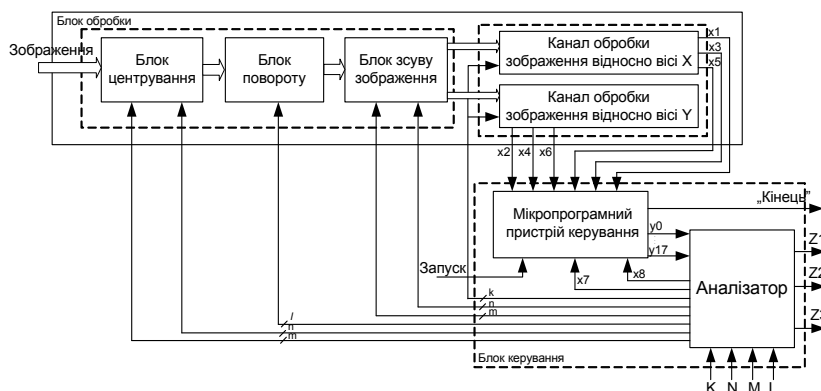


Рис. 3. Структурна схема системи розпізнавання

Робота системи починається з подання сигналу „Запуск” на блок керування, в який по відповідним шинам записуються вхідні величини: N – кількість стовпців; M – кількість

рядків зсуву зображення; L – число поворотів зображень; K – число комплектів масок. Блок керування на відповідному виході формує спочатку адреси в блоках зміни комплектів тінювих масок, що відповідають визначенню та зрівноважуванню статичних моментів першого порядку. Після завершення первинного центрування у двох формувачах для здійснення повторних центрувань блоком керування будуть сформовані конкретні адреси комплектів масок, які однозначно відповідають визначенню та зрівноважуванню статичних моментів більш високих порядків.

Система дозволяє обробляти бінарні й напівтонові зображення, для яких градації яскравості вхідного зображення мають центральну симетрію (якщо розпізнається центральносиметричне зображення) або осьову (зображення з осьовою симетрією). Первинне та повторне центрування можуть виконуватися оптичною системою першого блока зсуву з можливістю керованого зсуву за двома напрямками (двовимірні регістри зсуву) або за допомогою акустооптичних пристроїв (двокоординатний акустооптичний пристрій відхилення). Якщо носієм інформації про зображення є об'єктив або рефлектор, то можна застосовувати акустооптичні рефлектори або пристрої для керування сигналом зсуву [16].

Оптичні зв'язки між блоками системи (між першим блоком зсуву з проєкціовальною оптикою, блоком повороту зображення, другим блоком зсуву, між виходами мультиплікатора, блоком зміни масок і оптичних перетворювачів) можуть забезпечуватися безпосереднім оптичним з'єднанням та узгодженням їх входів або ж за допомогою волоконно-оптичних каналів зв'язку чи волоконно-оптичних джгутів [17, 18].

Принцип роботи й організація блока керування

Особливістю блока керування для описаної системи є можливість виконання ним не тільки функцій керування, але й попередньої обробки інформації про вхідний відеосигнал, в результаті чого формуються ознаки симетричності зображення.

Блок керування (рис. 3) складається з двох частин: мікропрограмного пристрою керування МПК (рис. 4) та аналізатора симетричності об'єктів (рис. 5). До складу МПК входять (рис. 4) такі базові вузли: програмоване ПЗП ROM, регістр RG, дешифратори DC, генератор тактових імпульсів ГТІ, тригер Т і логічні елементи. Аналізатор (рис. 5) містить шість лічильників СТ, дешифратор DC, чотири мікросхеми ОЗП RAM, два компаратори СОМ, три тригери Т і логічні елементи.

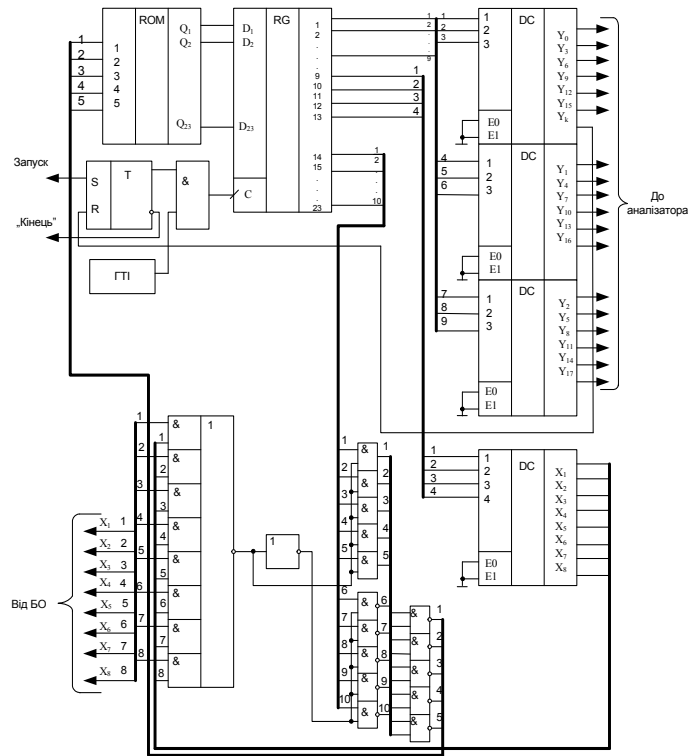


Рис.4. Мікропрограмний пристрій керування

Розділення структури блока керування на два функціонально-самостійних пристрої, МПК й аналізатор, зумовлене не тільки специфікою використання в СТЗ, але й необхідністю перепрограмування блока керування в процесі розширення функціональних можливостей системи розпізнавання. Структура та методика синтезу МПК загальновідомі [19, 20].

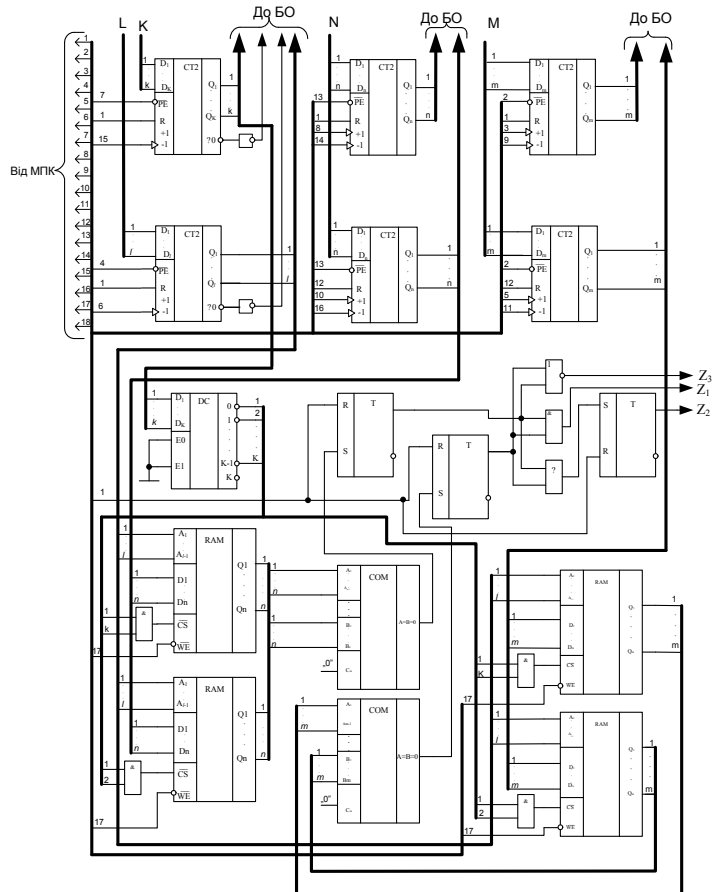


Рис. 5. Аналізатор симетричності об'єктів

Крім того, мікропрограмні пристрої певною мірою інваріантні до особливостей конкретного алгоритму обробки інформації, оскільки пов'язані з його граф-схемою [21, 22]. Тому більш цікавою виявляється організація аналізатора як частини блока керування, що найбільшою мірою орієнтована на реалізацію певного алгоритму розпізнавання зображень. Розглянемо особливості структурної організації та принципу дії аналізатора, які пов'язані з обробкою та аналізом симетричних зображень у пристрої [23, 24].

В аналізаторі симетричності об'єктів (рис. 5) шість лічильників задіяні таким чином: один з лічильників використовується для організації циклу зміни i -го комплекту тінювих бінарних масок; другий лічильник є лічильником кількості поворотів, в якому початково записується величина $L = 90/\Delta\phi$, де $\Delta\phi$ – крок повороту, і який використовується для організації циклу повороту зображення; третій та четвертий лічильники фіксують координати точки відліку $A1 (X1, Y1)$ зображення вздовж вісей X і Y відповідно в процесі первинного центрування вхідного зображення; останні два лічильники фіксують величини $\Delta x1, \Delta x2, \dots, \Delta xk-1$, та $\Delta y1, \Delta y2, \dots, \Delta yk-1$ зсуву зображення вздовж вісей X і Y відповідно в процесі повторних центрувань вхідного зображення.

Чотири схеми ОЗП RAM використовуються для зберігання величини зсуву вздовж вісей X і Y відповідно до комплекту масок при певних кутах повороту, причому адреса комплекту масок використовується для вибору необхідної мікросхеми ОЗП, а адреса кута повороту є адресою, за якою записується певна інформація з відповідних лічильників в ОЗП.

Вихідними сигналами для аналізатора є результуючі сигнали $Z1, Z2, Z3$:

- одиничне значення сигналу $Z1$ свідчить про центральну симетрію зображення;
- одиничне значення сигналу $Z2$ свідчить про осьову симетрію зображення;
- одиничне значення сигналу $Z3$ фіксує несиметричність зображення.

Отже, блок керування (рис. 3) розділений на два функціонально-самостійні пристрої: МПК та аналізатор, що дає можливість кожний з цих пристроїв синтезувати окремо з орієнтацією на перспективну елементну базу – ПЛІС.

У роботі [25] досліджено реалізацію МПК на R-автоматах з одиничним кодуванням його станів, структура яких є оптимальною для використання архітектури ПЛІС. Схема МПК не є складною, тому вибір ПЛІС дуже широкий. Для реалізації було обрано ПЛІС фірми ALTERA MAX7000(E)S, оскільки існує безкоштовний повнофункціональний САПР MAX+PLUS II. Результати моделювання схеми МПК (рис. 4) за допомогою САПР підтвердили можливість його реалізації в одному корпусі ПЛІС MAX7000(E)S [26].

Структура аналізатора містить такі компоненти, як дешифратори, лічильники та запам'ятовуючі пристрої. Більшість ПЛІС містить бібліотеки таких макроелементів, що значно скорочує час їх програмування. Але основну складність реалізації схеми аналізатора в елементному базисі ПЛІС представляють собою елементи ОЗП, тому доцільно схему аналізатора поділити на дві частини: одна з яких складається з таких базових елементів, як дешифратори та лічильники, а інша – зі схем компараторів та ОЗП [24].

Отже, при виборі ПЛІС для моделювання схеми аналізатора інтерес представляють ті ПЛІС, структури яких реалізують внутрішню пам'ять. Оскільки для аналізатора однією з важливих характеристик є параметр швидкодії, то найбільш оптимальною структурою може бути структура ПЛІС фірми ALTERA, оскільки ця фірма при виготовленні ПЛІС реалізує підхід щодо використання вбудованих, крупних модулів пам'яті, які мають реконфігуровану структуру. При моделюванні схеми аналізатора доцільно кожен його частину реалізувати в окремому корпусі ПЛІС. У результаті “розташування” схеми аналізатора на ПЛІС FLEX 10K фірми ALTERA дозволяє використати лише дві ІС [24].

ВИСНОВКИ

Здійснення первинного центрування за статичними моментами першого порядку із застосуванням одного комплекту тінювих бінарних масок у відомих пристроях дозволяє

визначати лише одну точку – центр ваги зображення об'єкта. У запропонованій системі розпізнавання здійснення первинного та повторного центрувань дає можливість визначити не лише одну, а певну кількість точок, аналіз координат яких дозволяє створювати класифікаційні ознаки симетрії [27].

Формування одного з трьох результуючих сигналів (Z_1 , Z_2 , Z_3), який відповідає ознаці центральної, осової симетрії або несиметричності зображення об'єкта, свідчить про можливість класифікації вхідних двовимірних зображень за трьома класами симетрії [28]. Причому для здійснення операції розпізнавання відносно точки координатної прив'язки $A_1(x_1, y_1)$ досить визначити лише кілька точок за допомогою декількох повторних центрувань, щоб судити про наявність ознаки симетрії щодо центра або вісі [29, 30].

Особливість структурної організації блока керування для запропонованої системи розпізнавання зображень, який виконує не лише функції керування, а також попередню обробку зображень, зумовлює розділення його на два функціонально-самостійні пристрої: мікропрограмний пристрій керування та аналізатор, які, в свою чергу, достатньо вдало можна реалізувати на перспективній елементній базі – програмованих логічних ІС (ПЛІС).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Анисимов Б. В., Курганов В. Д., Злобин В. К. Распознавание и цифровая обработка изображений. – М.: Высшая школа, 1983. – 295 с.
2. Куафе Ф. Взаимодействие работа с внешней средой: Пер. с франц. – М.: Мир, 1985. – 285 с.
3. Путятин Е. П., Аверин С. И. Обработка изображений в робототехнике. – М.: Машиностроение, 1990. – 318 с.
4. Генкин В. Л., Ерош И. Л., Москалев Э. С. Системы распознавания автоматизированных производств. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1988. – 246 с.
5. Системы очувствления и адаптивные промышленные роботы / Под общей ред. Е. П. Попова и В. В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.
6. Буда А. Г., Мартынюк Т. Б., Лищинская Л. Б. Структурный переход от исходных признаков к результативным на этапах предварительной обработки изображений // Науково-технічна конференція „Приладобудування – 96”. Ч. 1. – Вінниця – Судак, 1996. – С. 127.
7. Буда А. Г., Мартынюк Т. Б. Конструирование моментных признаков на этапах распознавания классов и подклассов изображений // 3-я Українська конференція з автоматичного керування "Автоматика – 96". – Севастополь: СевГТУ, 1996. – С. 156 – 157.
8. Буда А. Г. Розробка моделей та дослідження прикладних методів обробки геометричних зображень на підставі моментних характеристик: Автореферат дис... канд. тех. наук: 05.13.16 / Вінниц. політехн. ін-т. – Вінниця, 1993. – 23 с.
9. Буда А. Г., Мартинюк Т. Б., Кожем'яко А. В. Створення еталонів класів та підкласів зображень на підставі моментних ознак // Праці третьої Всеукраїнської міжнародної конференції „УкрОБРАЗ – 96”. – Київ, 1996. – С. 79 – 81.
10. Buda A., Martyniuk T., Buda S. Methods of representation of the symmetric images in devices of recognition, in Selected Paper from the International Conference on Optoelectronic Information Technologies, Proceeding of SPIE/ Vol. 4425 (2001), P. 70 – 75.
11. Буда А. Г., Мартинюк Т. Б., Кормановський С. І., Король О. В. Базис геометричних ознак зображень та особливості їх застосування // Матеріали МНПК „Сучасні проблеми геометричного моделювання”. – Львів, 2003. – С. 162 – 166.
12. Буда А. Г., Мартинюк Т. Б. Ознаковий простір моментних характеристик при розпізнаванні класів і підкласів симетричних зображень // Вісник ВПІ. – 2007. – №1. – С. 61 – 66.
13. Буда А. Г., Мартинюк Т. Б., Король О. В. Створення множини ознак при аналізі правильних зображень // Праці восьмої Всеукраїнської міжнародної конференції „УкрОБРАЗ – 2006”. – Київ, 2006. – С.111 – 113.
14. Патент України №3741, кл. G06K9/58, G06K9/52 Спосіб розпізнавання симетричності зображень об'єктів і пристрій для його реалізації/ В. П. Кожем'яко, В. Г. Красиленко, Т. Б. Мартинюк, А. Г. Буда. – №93321261; Заявлено 16.03.93; Опубл. 27.12.94, Бюл. № 6 – 1. – 35 с.
15. Патент України 52678, кл. G06K9/00, G06K9/58, G06K9/52. Пристрій для розпізнавання симетричності зображень об'єктів/А. Г. Буда, Т. Б. Мартинюк, А. В. Кожем'яко, В. І. Андрущенко. – № 99021033; Заявлено 23.02.99; Опубл. 15.01.2003, Бюл. № 1. – 32с.
16. Семенов А. С., Смирнов В. Л., Шмалько А. В. Интегральная оптика для систем передачи и обработки информации. – М.: Радио и связь, 1990. – 224 с.
17. Волоконно-оптические системы передачи информации и кабели : Справочник / И. И. Гроднев и др. – М.: Радио и связь, 1993. – 246 с.

18. Кожем'яко В. П., Павлов С. В., Мартинюк Т. Б., Лисенко Г. Л. Волоконно-оптичні структури комутації та передачі інформації. Навч. посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2002. – 106 с.
19. Каган В. М. Электронные вычислительные машины и системы: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 592 с.
20. Апраксин Ю. К. Теория и проектирование ЭВМ. Синтез управляющих автоматов: Учебное пособие. – К.: ІСДО, 1993. – 80 с.
21. Баранов С. И. Синтез микропрограммных автоматов – Л.: Энергия, 1979. – 216 с.
22. Арсеньев Ю. Н., Журавлев В. М. Проектирование систем логического управления на микропроцессорных средствах: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1991. – 319 с.
23. Мартинюк Т. Б., Кожемяко А. В., Вербицкий И. А., Фофанова Н. В. Реализация анализатора симметричности изображений в элементном базисе ПЛИС FLEX 10K // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: Збірник наукових праць. – Хмельницький: ТУП, 2001. – Вип. № 8 (2001) – С. 55 – 58.
24. Буда А. Г., Мартинюк Т. Б., Лисенко Г. Л. Техническая реализация признаков, полученных на основе исследования функциональных характеристик // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2002. – № 2 (4). – С. 71 – 77.
25. Мартинюк Т. Б., Фофанова Н. В., Шеляков О. Л. Реалізація блока керування на R-автоматі в елементному базисі ПЛІС // Вісник ВПІ. – 2002.- №2. – С. 51 – 55.
26. Лисенко Г. Л., Мартинюк Т. Б., Фофанова Н. В. Особливості реалізації в елементному базисі ПЛІС мікропрограмних R- автоматів // Вісник ЖІТІ. Спецвипуск. – 2002. – С. 203 – 206.
27. Буда А. Г., Мартинюк Т. Б., Буда С. А. Методы представления симметричных изображений в устройстве распознавания // Збірник тез доповідей МНТК „Оптоелектронні інформаційні технології. Photonics – ODS2000”. – Вінниця: „Універсум-Вінниця”, 2000. – С. 37 – 39.
28. Буда А. Г., Мартинюк Т. Б., Король О. В. Алгоритм сжатия изображения и его классификационные признаки // Збірник наукових праць „Геометричне та комп'ютерне моделювання”. Вип. 8. Харківський державний університет харчування та торгівлі. – Харків, 2005. – С. 205 – 210.
29. Буда А. Г., Мартинюк Т. Б., Лисенко Г. Л., Король О. В., Буда С. А. Математичні моделі аналізу контурів плоских симетричних зображень // Праці П'ятої Всеукраїнської міжнародної конференції „УкрОБРАЗ – 2000”. – Київ, 2000. – С. 221 – 222.
30. Буда А. Г., Мартинюк Т. Б., Король О. В. Створення модифікації математичної моделі на підставі геометричних моментів // Материалы второй украинско-российской научно-практической конференции «Современные проблемы геометрического моделирования». – Харьков, 2007. – С. 205 – 210.

Мартинюк Тетяна Борисівна – к. т. н., доцент кафедри лазерної та оптоелектронної техніки, тел. 598-023.

Буда Антоніна Герольдовна – к. т. н., доцент кафедри інженерної та комп'ютерної графіки, тел. 598-065.

Фофанова Наталя Володимирівна – аспірантка кафедри лазерної та оптоелектронної техніки, тел. 279644, 598-587, e-mail: natfo@ukr.net.

Вінницький національний технічний університет.