

УДК 681.5.013

НЕЙРОМЕРЕЖЕВА СИСТЕМА МАШИННОГО БАЧЕННЯ З АПАРАТНО-ПРОГРАМНОЮ РЕАЛІЗАЦІЄЮ НА ПЛІС

Кравець П.І., Шимкович В.М., Николин О.І.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Розроблено нейромережеву систему машинного бачення з реалізацією на ПЛІС. Проведено аналіз існуючих рішень, спроектовано систему, вибрано компоненти системи. Систему було використано в стенді для розпізнавання положення кульки на платформі.

Ключові слова: нейромережа, машинне бачення, ПЛІС, система управління, контролер.

Постановка проблеми. Будь-яку систему управління можна представити у загальному вигляді, зображеному на рисунку 1.

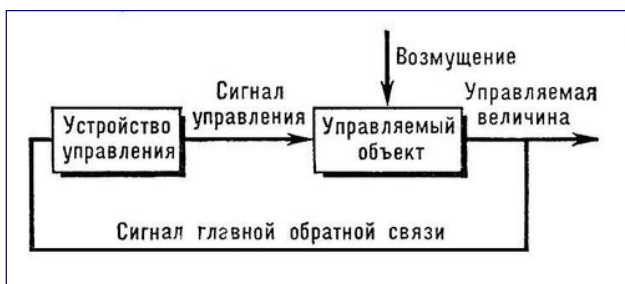


Рис. 1. Структурна схема системи управління

В даному випадку задачею являється керування положенням кульки, яка знаходиться на платформі, за допомогою зміни нахилу платформи кроковими двигунами. Таким чином, сигналом управління будуть служити 2 ШІМ канали, які дозволять змінювати нахил платформи. В якості сигналу головного зворотного зв'язку необхідно використовувати різницю між бажаними та реальними координатами кульки. Для цього потрібно заміряти реальні координати кульки, це можна зробити фізично, за допомогою резистивної сітки або сітки датчиків, за допомогою ультразвукового датчика, або за допомогою цифрової відеокамери. Для макету був вибраний останній варіант, так як він дозволяє отримати достатню точність та швидкодію з мінімальними затратами.

Таким чином, завдання, яке ставилося для системи машинного бачення – це зчитування даних з відеокамери, визначення координат кульки та передача цих даних на контролер.

Оскільки позиціонування кульки передбачає необхідність в швидкому прийнятті рішень, то до системи бачення ставилася вимога визначення позиції об'єкта не рідше, ніж 10 раз/сек та з точність не менше ± 1 см.

Для зручності, система повинна видавати дані про свій стан на веб-інтерфейс з можливістю регулювати параметри та спостерігати за прийняттям системою рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Системи машинного бачення все частіше починають використовуватися на практиці. Значними складовими про обробці відеоданих є відсутність алгоритмічних рішень для класифікації складних об'єктів, визначення їхніх характеристик і координат. Часто такі системи використовують віддалені бази знань або сервери для обробки даних, наприклад такі сервіси, як «Google speech to text», «Google translate».

Такі обмеження можуть створювати значні незручності для вбудованих або автономних систем,

які підключені до глобальної мережі, або таких, які мають обмежений мережевий канал. Загалом де нейромережі є універсальним засобом моделювання складних нелінійних об'єктів керування [5-6]. Навчені нейронні мережі не потребують для обчислень значних часових затрат, а тому системи з нейронними мережами мають значно кращу динаміку. Однією з найбільш перспективних апаратних баз для нейромережевих контролерів можна вважати ПЛІС [7].

Метою роботи є розробка макета системи машинного бачення, обробки зображення, розпізнавання на ньому об'єкта та його координат, для подальшої передачі отриманих даних на нейроконтролер системи стабілізації кульки на платформі з апаратно-програмною реалізацією на ПЛІС.

В даній роботі була розроблена та досліджена нейромережева система машинного бачення, а саме розроблено макет для визначення положення кульки на платформі в режимі реального часу, апаратне та програмне забезпечення даного макету, що демонструє роботу раніше розроблених нейромережевих компонентів систем керування.

Основна частина. Нейронна мережа (НМ) складається нейронами, які самі по собі дуже прості і пов'язані з іншими нейронами. Кожен нейрон перетворює набір сигналів, що надходять до нього на вхід у вихідний сигнал. Саме зв'язки між нейронами, які кодується вагами, грають ключову роль. Одна з переваг НМ, це те, що всі елементи можуть функціонувати паралельно, тим самим істотно підвищуючи ефективність вирішення завдання, особливо в обробці зображень, а так же недолік при реалізації їх на послідовній архітектурі. При апаратно-програмній реалізації НМ на паралельній архітектурі такої як ПЛІС [] можна уникнути даного недоліку. Крім того, що НМ дозволяють ефективно вирішувати багато завдань, вони надають потужні гнучкі і універсальні механізми навчання, що є їх головною перевагою перед іншими методами, такими як імовірнісні методи, лінійні роздільники, вирішальні дерева і т.п. Навчання позбавляє від необхідності вибирати ключові ознаки, їх значимість і відносини між ознаками.

Система балансування кульки на платформі складається з пластикової пластини обклеєної чорною акриловою плівкою на якій буде знаходитись біла кулька для настільного тенісу, приводним механізмом для нахилу пластини навколо двох осей, цифровою відеокамери, для відстеження положення кульки, апаратного та програмного забезпечення, що опрацьовує інформацію та керує системою в режимі реального часу.

Кожен двигун приводить в одну вісь кута пластини обергання і з'єднаний з пластиною, за допомогою просторового механізму зв'язку, як показано на

рисунок 2. Кожна зі сторін механізму просторової ув'язки складається з паралелограма. Це гарантує, що для малих рухів по всьому рівноваги, кути плити дорівнюють відповідним кутам двигуна. Пластина з'єднана з підставкою за допомогою центральної рухомої опори.



Рис. 2. Механізм керування платформою та відеокамера

Для приведення в рух пластина використовуються сервоприводи Tower Pro MG995, які забезпечують стабільність та швидкість в управлінні положенням платформи (технічні характеристики сервоприводів наведені у документації [2]).

У якості камери було використано популярну USB веб-камеру з можливістю видавати відеопотік через USB-порт. При цьому відеозображення можна отримувати як в кольоровому форматі, так і в чорно-білому форматі. Кількість даних в залежності від налаштувань кольору зображення. Якщо не виникає потреби фільтрувати зображення по одному з каналів кольору, то має сенс вибрати чорно-білий режим роботи камери.

В якості плати для первинної обробки відеозображення використано Raspberry Pi (B) [8]. Raspberry Pi – одноплатний комп'ютер, розроблений британським фондом Raspberry Pi Foundation.

Архітектура системи

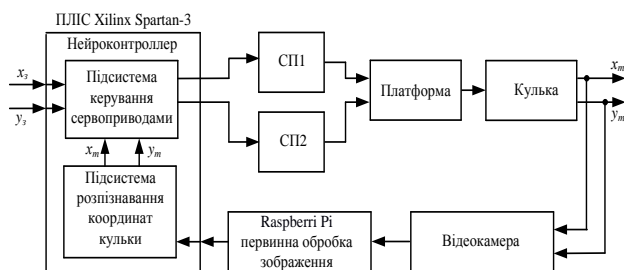


Рис. 3. Структурна схема системи управління кулькою на платформі

Структурна схема системи зображена на рисунку 3. Система складається з окремих апаратно-програмних блоків, які виконують такі задачі:

- Первинна обробка зображення – отримання зображення через USB-порт за допомогою підсистеми video4linux2, розбиття відеопотоку на кадри, фільтрація кадрів на ті, на яких зображений об'єкт та таких, на яких об'єкт відсутній. Подальша передача якісних кадрів на ПЛІС через I2C інтерфейс;
- підсистема розпізнавання координат кульки – визначення координат об'єкта для кожного вхідного кадру;

- підсистема керування сервоприводами – визначення різниці бажаних та реальних координат об'єкту, формування управляючого сигналу, виходячи з отриманої різниці на даному та попередніх кроках;

Проектування системи

Розглянемо підсистему первинної обробки зображення. Для простоти зчитування даних з USB порту через video4linux2 можна використати відкриту систему обробки зображень media-video/ffmpeg-2.6.1. Ця підсистема дозволяє передавати в програму відеопотік в сирому форматі, в залежності від кольору на один піксель кадру може бути відведено від 3 до 1 байтів. Для розбивки потоку на кадри можна зчитувати дані, поки їх не буде достатньо для обробки (розмір одного кадру = висота*ширина*байт/піксель).

Після отримання кадру необхідно визначити, чи являється він якісним, тобто чи можна його використати для знаходження координат об'єкта. Оскільки об'єкт знаходиться на платформі, обтягнутій плівкою чорного кольору, то в якості критеріїв якості можна використати показник яскравості кадру:

- сумарну яскравість кадру;
- середню яскравість пікселя на заданому кадру;
- кількість пікселів, яскравість яких перевищують певний поріг яскравості.

На практиці більш оптимальним виявився третій підхід, так як він забезпечує достатній захист первинної обробки кадру від перепадів яскравості навколишнього середовища та автоматичного підлаштування світлочутливості камери.

Для підсистеми розпізнавання координат кульки було використано нейромережу з $320 \times 240 = 76800$ входами та 1200 виходами, одним внутрішнім шаром та сигмоїдною функцією активації. Топологія мережі зображена на рисунку 4.

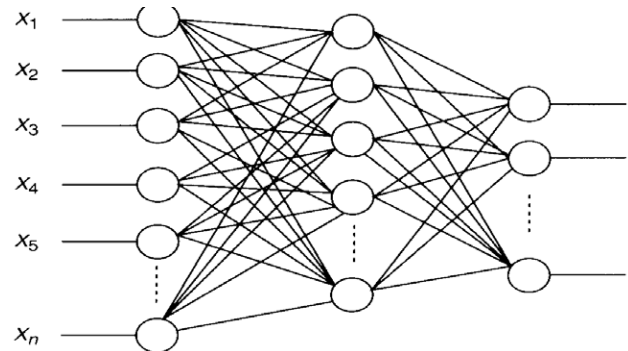


Рис. 4. Топологія нейронної мережі

Кожний вхід відповідає яскравості пікселя в кадрі, а вихід – можливості знаходження кульки в певному секторі. Сектори можуть між собою як перетинатися, так і не перетинатися. Для підвищення точності достатньо зменшити кількість секторів та збільшити кількість виходів.

При проектуванні програмної частини було використано УМ діаграми, які дозволяють просто та наглядно показати взаємодію та взаємодію між програмними модулями та компонентами.

На даній діаграмі (рисунок 5) зображено діаграму станів основної програмної частини системи, яка відповідає за обробку відеокadrів та передачу інформації про позицію об'єкта на контролер.

При створенні діаграми станів для безумовних переходів використовуються стрілки без надписів, а для умовних – над стрілкою, яка позначає пере-

хід пишеться подія, яка має відбутися для відповідної зміни стани системи.



Рис. 5. Діаграма станів

На рисунку 6 зображені кадри, отримані з сирого відеопотоку. Як видно, при високій частоті зчитування веб-камера інколи видає неякісні зображення, які після цього відбраковуються підсистемою фільтрації системи первинної обробки зображення.

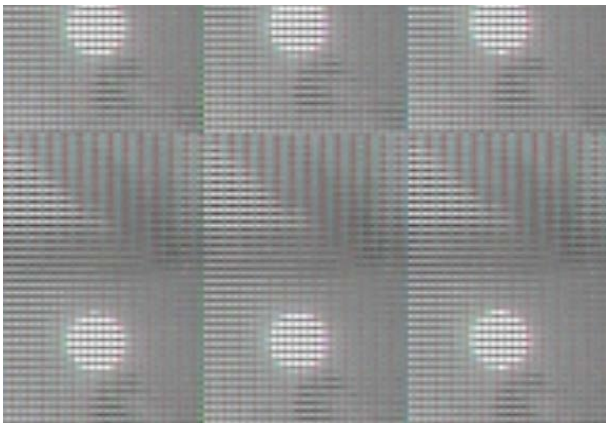


Рис. 6. Приклади отриманих кадрів

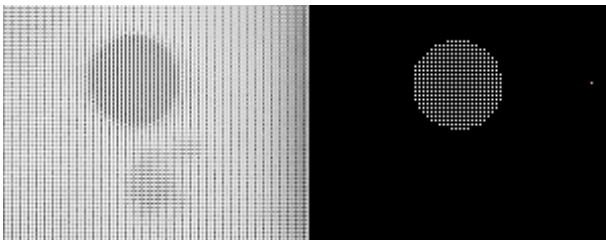


Рис. 7. Кадр до і після первинної обробки

Налаштування плати

Для виконання вимог, поставлених до системи, необхідно налаштувати плату Raspberri Pi таким

чином, щоб вона могла виконувати обробку відео та виступати в ролі веб-сервера.

В якості ОС для системи буде використано Raspbian Linux – це Linux, який оптимізований навмисно для Raspberri Pi. Налаштування ОС на платі можна розбити на такі етапи:

- Завантаження та перевірка контрольної суми образу ОС raspbian;
- розпакування образу та запис його на SD-карту;
- підключення SD-карти до плати та запуск ОС;
- підключення до плати по мережі з використанням користувача за умовчанням, зміна паролю;
- Встановлення програмного забезпечення для отримання відео через USB порт;

За умовчанням на ОС raspbian уже включений DHCP-клієнт, тому для налаштування мережі достатньо підключити плату за допомогою cross-ethernet 10/100 Мб кабеля та налаштувати DHCP сервер на серверній машині. Для цього необхідно встановити та запустити один з DHCP серверів, найпростішим в настройці являється пакет DNS+DHCP net-dns/dnsmasq.

```

root@gt:~# cat > /etc/dnsmasq.conf <<<EOF
# Include all files in a directory which end in.conf
#conf-dir=/etc/dnsmasq.d/*.conf
dhcp-range=192.168.0.100,192.168.0.250
interface=eth0
  
```

Для формування ШІМ-сигналу необхідно установити пакет RPIO:

```

root@raspberrypi:/home/pi# sudo apt-get install python-setuptools
root@raspberrypi:/home/pi# sudo easy_install -U RPIO
  
```

Висновки. Було розроблено систему машинного бачення для використання в макеті, який дозволяє керувати переміщенням кульки на рухомій платформі. Система визначає координати об'єкта в реальному часі, з можливістю відслідковувати стан макету через веб-сторінку. При цьому складні обчислення винесені на ПЛІС, а первинна обробка зображення здійснюється на платі raspberri pi.

Система та програмне забезпечення були розроблені в модульному форматі, що дозволяє покращувати характеристики системи простою заміною лише одного блоку за умови, що інтерфейси та протоколи взаємодії з сусідніми блоками залишаться незмінними.

Список літератури:

1. Кравець П. І., Шимкович В. М. Нейромережевий контролер системи стабілізації рухомого об'єкта з його апаратно-програмною реалізацією на ПЛІС.
2. MG995 High Speed Metal Gear Dual Ball Bearing Servo – сайт за адресою <http://www.electronicoscaldas.com/datasheet/>
3. Кравець П. І., Шимкович В. Н. Метод оптимізації весових коефіцієнтів нейронних мереж з допомогою генетичного алгоритму при реалізації на програмуємих логічних інтегральних схемах / Международный научно-технический журнал «Электронное моделирование». – 2013. – 35, № 3. – С. 65-75.
4. Кравець П. І., Шимкович В. М., Зубенко Г. А. Моделі штучних нейронних мереж при їх апаратно-програмній реалізації на FPGA / Сборник трудов XIV международной научной конференции им. Т.А.Таран «Интеллектуальный анализ информации ИАИ-2014», Киев, 14-16 мая 2014 г.
5. Сигеру Омату. Нейроуправление и его приложения. – М.: ИПРЖР, 2000. – 272 с.
6. Терехов В. А., Ефимов Д. В., Тюкин И. Ю. Нейросетевые системы управления: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высшая школа. 2002. – 183 с.
7. Логовский А. Технология ПЛІС и ее применение для создания нейрочипов. // Открытые системы. – 2000. – № 4. – С. 100-102.
8. Метт Ричардсон, Шон Уоллес Заводим Raspberri Pi: М: Амперка 2013 р. – С. 3-10.

Кравец П.И., Шимкович В.М., Николин О.И.
 Национальный технический университет Украины
 «Киевский политехнический институт»

НЕЙРОСЕТЕВАЯ СИСТЕМА МАШИННОГО ЗРЕНИЯ С АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИЕЙ НА ПЛИС

Аннотация

Было разработано нейросетевую систему машинного зрения с реализацией на ПЛИС. Был проведен анализ существующих решений, проектирование системы и тщательный отбор составляющих компонентов. Систему было использовано в стенде для распознавания положения шарика на платформе.

Ключевые слова: нейросеть, машинное зрение, ПЛИС, система управления, контроллер.

Kravets P.I., Shymkovych V.M., Nykolyn O.I.
 National Technical University of Ukraine
 «Kyiv Polytechnic Institute»

NEURAL NETWORK MACHINE VISION SYSTEM WITH HARDWARE AND PROGRAMMATIC IMPLEMENTATION ON FPGA

Summary

Project describes creation of machine vision system, based on neural networks, which work on FPGA. It contains analysis of existing solutions and selection of system components. System has been used in practice for determining coordinates of ball on auto-balanced platform.

Keywords: neural network, machine vision, FPGA, management system, controller.

УДК 332.54

ВПЛИВ ЛОКАЛЬНИХ ФАКТОРІВ НА ВЕЛИЧИНУ НОРМАТИВНОЇ ГРОШОВОЇ ОЦІНКИ ЗЕМЕЛЬ У МЕЖАХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Маланчук М.С., Коломієць М.Г.
 Національний університет «Львівська політехніка»

При проведенні нормативної грошової оцінки землі виникають питання щодо правильності визначення значень локальних факторів. З цієї причини було поставлено завдання дослідити використання значень коефіцієнтів локальних факторів під час проведення нормативної грошової оцінки земель у межах населених пунктів. В наслідок чого наведені результати досліджень, що дали змогу встановити фактори, що впливають на нормативну грошову оцінку. Проведено дослідження впливу локальних факторів на величину нормативної грошової оцінки землі. Розраховано оцінку земельної ділянки із врахуванням різних значень локальних коефіцієнтів. Запропоновано механізм визначення значень локальних коефіцієнтів.

Ключові слова: земельна ділянка, нормативна грошова оцінка, локальний коефіцієнт, пішохідна доступність, санітарно-захисна зона.

Постановка проблеми. Нормативна грошова оцінка виконується в декілька етапів, останнім з яких є визначення вартості одного квадратного метра земельної ділянки певного функціонального використання з урахуванням локальних факторів. Оскільки величина коефіцієнта локальних факторів має певний діапазон, виникає проблема доцільності використання певного значення коефіцієнта при здійсненні нормативної грошової оцінки земель у межах населених пунктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми. Проведення нормативної грошової оцінки в Україні ґрунтується на основних законодавчих актах, Земельному кодексі, постановвах Кабінету Міністрів України. Зокрема, згідно статті 201 ч. 3 Земельного Кодексу України нормативна грошова оцінка земельних ділянок використовується для визначення розміру

земельного податку, втрат сільськогосподарського і лісогосподарського виробництва, економічного стимулювання раціонального використання та охорони земель тощо [1] Правові засади проведення оцінки земель, професійної оціночної діяльності у сфері оцінки земель в Україні визначає Закон України «Про оцінку землі» [2].

Дослідженням проблеми виконання нормативної грошової оцінки земель у межах населених пунктів в Україні присвячені праці таких науковців, як І.А.Розумний, Д.І. Гнаткович, О.І. Дралаковський, І.Б. Іванова, О.П. Канащ, А.М.Третяк, Ю.Ф. Дехтяренко, М.Г. Лихогруд, Ю.М. Манцевич, Ю.М. Палеха та ін.

У праці «Методичні основи грошової оцінки земель в Україні» [8], розглянуто теоретичні та практичні аспекти земельно-оціночної діяльності в Україні, розроблено науково-методичні підходи до нормативної