УДК 004.775:625.75

Осадчий В.В.
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

Осадча К.П.
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

Конюхов С.Л.
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

Сердюк І.М.
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

Муждабаєв А.М.
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ДОРОЖНЬОГО ПОЛОТНА ЗА ДОПОМОГОЮ ЗАСОБІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

У статті розглянуто особливості розробки програмного засобу для виявлення пошкоджень дорожнього полотна за допомогою засобів комп'ютерного зору для підвищення рівня безпеки дорожнього руху транспорту. Під час розробки програмного засобу авторами було використано середовище розробки Microsoft Visual Studio, бібліотеку з відкритим кодом OpenCV та доповнення до бібліотеки Emgu CV. Автори описують етапи та особливості розробки програмного засобу, переліковують та доказують доцільність використання обраних ресурсів розробки. У висновках підведено підсумки роботи, наведено результати розробки та визначено напрям подальших доробок програмного засобу з метою підвищення рівня точності та якості сприйняття інформації засобами комп'ютерного зору.

Ключові слова: *штучний інтелект, комп'ютерний зір, пошкодження, аналіз, алгоритм.*

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень показав, що у наш час більшість наукових розробок людства так чи інакше пов'язані зі штучним інтелектом та методами його використання у вирішенні задач будь-якого характеру, що і привернуло велику увагу до теми комп'ютерного зору як одного із способів сприйняття навколишнього світу для машин. Комп'ютерний зір це також спроба копіювання зору людини, де в якості очей виступають камери. Нині кількість нових рішень і актуальних додатків для комп'ютерного зору продовжує стрімко зростати. Сфера комп'ютерного зору може бути охарактеризована як дуже різноманітна, молода та динамічна. Поняття зору можливо розділити на такі сфери, як комп'ютерний зір, фотограмметрія, машинний зір, обробка зображень, розпізнавання та аналіз образів. Багато методів і додатків все ще знаходяться в стадії фундаментальних досліджень, але достатня їх кількість вже застосовується в комерційних продуктах, де вони часто складають частину більшої системи, яка може вирішувати складні завдання, наприклад, у сфері медичних зображень або вимірювання і контролю якості в процесах виготовлення. Також, мабуть, однією з найбільших областей застосування комп'ютерного зору виступає військове застосування. Одними з нових галузей застосування є автономні транспортні засоби, включаючи підводні, наземні (такі як роботи і машини), повітряні. Рівень автономності змінюється від повністю автономних (безпілотних) до транспортних засобів, де системи, засновані на комп'ютерному зорі, підтримують водія або пілота в різних ситуаціях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми створення і застосування методів комп'ютерного зору у різні часи у своїх роботах досліджували Р. Сезеліскі, Дж. Даугман, Дж. Стокман, Л. Шапиро, Чанг Шу (Chang Shu) [9], А. Конушин, Рао Раджеш та інші. Методи комп'ютерного зору для визначення відстані до об'єктів та їх лінійних розмірів розглядали А. Катаєв [3], С. Вовк, В. Гнатушенко, М. Бондаренко. Огляд способів використання відеокамер

в сучасному автомобілі у своїх роботах зробив М. Синдеев [7]. Створенню методів інтелектуального оброблення візуальної інформації сучасними системами комп'ютерного зору присвячено праці С. Гадецької та В. Гороховатського [11].

Постановка завдання. Розробка програмного засобу для виявлення пошкоджень дорожнього полотна за допомогою засобів комп'ютерного зору.

Виклад основного матеріалу дослідження. Комп'ютерний зір це теорія і технологія машин, які зможуть виявляти, відстежувати і класифікувати об'єкти. Комп'ютерний зір належить до технології створення штучних систем, які отримують інформацію з зображень. Відео-дані можуть бути представлені як відео-послідовність зображень з різних камер або тривимірними даними.

Комп'ютерний зір також може бути описано як доповнення біологічного зору. У біології вивчається зорове сприйняття людини і різних тварин, в результаті чого створюються моделі роботи таких систем в термінах фізіологічних процесів. Комп'ютерний зір вивчає і описує системи комп'ютерного зору, які виконані апаратно або програмно [11].

Підрозділи комп'ютерного зору включають відтворення дій, виявлення подій, стеження, розпізнавання образів, відновлення зображень тощо.

Комп'ютерний зір спочатку слугував для відновлення 3D-структури по 2D-зображеням, зараз дане поняття стало значно ширше, тепер його можна вважати засобом для прийняття рішень про фізичні об'єкти, ґрунтуючись на їх зображеннях [9]. Комп'ютерний зір набуває великого значення в медичній сфері, оскільки обробка зображень в медицині є однією з найбільш важливих сфер його застосування. Ця сфера характеризується тим, що отримує інформацію з відеоданих для постановки медичних діагнозів пацієнтам. Здебільшого відеодані отримуються за допомогою рентгенографії, мікроскопії, томографії, ультразвукових досліджень і ангіографії [9]. Ще однією сферою застосування комп'ютерного зору є промисловість. В промисловості комп'ютерний зір використовують з метою отримання інформації для підтримки виробничого процесу. Сучасне військове поняття, таке як «бойова обізнаність», має на увазі те, що різні датчики, включаючи датчики зображення, надають великий набір інформації про поле бою, який може бути використаний для прийняття стратегічних рішень [11]. Збільшується рівень використання комп'ютерного зору у автономних транспортних засобах, в яких системи підтримують водія або пілота в різних ситуаціях за допомогою комп'ютерного зору [9].

Реалізація систем комп'ютерного зору дуже сильно залежить від сфери їхнього застосування, вимог до продуктивності і апаратної платформи [3]. Деякі з цих систем є автономними, тоді як інші системи складають підсистеми великих систем, які вже можуть містити підсистеми контролю механічних маніпуляторів, інформаційні бази даних, інтерфейси людина-машина та інше [11].

Під час роботи систем комп'ютерного зору ведеться робота з цифровими зображеннями.

Цифрове зображення – це двовимірне зображення, представлене в цифровому вигляді. Залежно від способу опису, зображення може бути растровим або векторним [5].

В процесі підготовки розробки було проведено аналіз підходів до реалізації програмного засобу. Для реалізації систем комп'ютерного зору найкраще застосовувати вже готові рішення і методи та оптимізувати їх залежно від потреб. На даний момент вже існує велика кількість методів і рішень, які реалізовано в бібліотеках, наприклад, OpenCV, CCV, scikit-learn, EmguCV.

OpenCV це бібліотека з відкритим вихідним кодом. Вона містить в собі безліч алгоритмів комп'ютерного зору, обробки зображень та чисельних алгоритмів загального призначення з відкритим кодом. Бібліотеку реалізовано на C / C ++, також вона розробляється для Python, Java, Ruby, Matlab, Lua та інших. До цієї бібліотеки існує безліч відеоуроків, лекцій, практик.

Бібліотека CCV написана на C і позиціонується як компактна, легка альтернатива OpenCV, тому що з неї вилучені всі несуттєві функції, таким чином, CCV призначена тільки для використання в конкретних додатках [1].

Emgu CV є кросплатформним Net-доповненням для бібліотеки OpenCV для обробки зображень. Розроблено для роботи з NET-сумісними мовами, такими як C #, VB, VC ++, IronPython тощо. Він може бути використаним в Visual Studio, Xamarin, працює з операційними системами Windows, Linux, Mac OS X, IOS, Android і Windows Phone [1].

Для реалізацій комп'ютерної системи виявлення та аналізу дефектів поверхонь було обрано Emgu CV, яка є кросплатформною платформою Net для бібліотеки обробки зображень OpenCV. Дозвіл OpenCV функцій, які потрібно використовувати в NET сумісних мов, таких як C #, VB, VC ++, IronPython та інших. Оболонка може бути складена Visual Studio, Xamarin, вона може пра-

цювати на операційних системах Windows, Linux, Mac OS X, Android і Windows Phone.

Для реалізації проекту вважаємо найбільш доцільним використовувати бібліотеку OpenCV завдяки тому, що в ній вже присутня велика кількість рішень для різних завдань комп'ютерного зору і обробки зображень. Для цього було використано ряд модулів бібліотеки:

Cxcore – ядро містить базові структури даних і алгоритми: базові операції над багатовимірними числовими масивами; матрична алгебра, математичні функції, генератори випадкових чисел; запис / відновлення структур даних в / з XML; базові функції 2D графіки.

CV – модуль обробки зображень і комп'ютерного зору: базові операції над зображеннями; аналіз зображень; аналіз руху, спостереження за об'єктами; виявлення об'єктів, зокрема осіб; калібрування камер, елементи відновлення просторової структури [2].

Highgui – модуль для введення / виведення зображень і відео, створення призначеного для користувача інтерфейсу: захоплення відео з камер і з відео-файлів, читання / запис статичних зображень; функції для організації UI.

Cvaux – експериментальні і застарілі функції: комп'ютерний зір: стерео-калібрації, саме калібрації; пошук стерео-відповідності, кліки в графах; знаходження і опис рис обличчя

CvCam – захоплення відео: дозволяє здійснювати захоплення відео з цифрових відео-камер (підтримка припинена в останніх версіях).

В процесі розробки після створення проекту та підключення до нього бібліотеки Emgu CV було створено форми. Окрім цього, виникла потреба вирішити проблему отримання даних для системи комп'ютерного зору. У нашому випадку система служить для виявлення пошкоджень дорожнього полотна на підставі відеоданих з відеореєстратора автомобіля. Для отримання даних відео файлу було використано вбудований клас OpenFileDialog. Далі було збережено відео-файл в екземпляр класу від Emgu CV під назвою Capture, який відповідає за захоплення відео-потоку та зберігає відео-файл і дані про нього. З об'єкта Capture ми отримаємо такі дані, як загальна кількість кадрів, FPS і зображення кожного кадру для обробки під час відображення відео.

Перед тим, як на кожному окремому кадрі відео виконувати пошук пошкоджень дорожнього полотна, виникає потреба провести попередню обробку кожного зображення задля подальшого застосування відеоданих з тим, щоб вони задовольняли деяким умовам залежно від використовуваного методу [4]. В нашому випадку було виконано спробу прибрати шуми і збільшити контрастність зображення для виявлення потрібної інформації. Для цього було використано процедури фільтрації.

Процедури фільтрації покликані вирішити конкретні завдання попередньої обробки: усунути адитивні високочастотні перешкоди на оригінальному документі, підкреслити контурні переходи на зображенні, виключити з початкового зображення різкі перепади основного фонового складника та інше. Існує декілька типів фільтрації зображень: широколінійна низькочастотна лінійна фільтрація; спрямована низькочастотна лінійна фільтрація; медіанні фільтри; векторні медіанні фільтри.

Всі алгоритми контрастування так чи інакше виконують обробку зображення, використовуючи гістограму розподілу яскравості елементів зображення в локальній області або всього масиву даних. До таких процедур контрастування відносять: глобальне розтягнення; локальне розтягнення; локальне рівномірне перетворення [7].

Для реалізації пошуку пошкоджень дорожнього полотна в проекті використовувалося два різних методи: пошук за кольором та пошук по контуру.

Найпоширенішим способом виділити об'єкт – є колір. Однією з найважливіших проблем пошуку за кольором – є вплив такого фактору, як освітленість. Не можна також забувати, що видимий колір – це результат взаємодії спектра випромінюваного світла і поверхні, тому для створення методу для виявлення місць пошкоджень дорожнього покриття за кольором ми розбили зображення на шари, що були збережені у відтінках сірого кольору для подальшої обробки на одному з шарів. У цьому шарі пікселі, колір яких вище певного порогу, приймали колір сірого порогу, який можна регулювати в ручну. Даний метод полягає в тому, що пошкоджені ділянки дорожнього полотна будуть темніші, ніж інші, що дозволяє виділити їх чорним кольором. Недоліком даного методу є те, що на нього впливає безліч сторонніх чинників. Наприклад, після дощу в калюжах буде відображатися небо, що зробить неможливим визначення пошкодження цим методом, оскільки пошкоджені ділянки будуть світліші, а також на цей метод дуже сильно впливає освітлення і наявність тіней на ділянці дороги.

Другий реалізований метод – це метод пошуку по контуру.

Контурний аналіз – це один з методів опису, зберігання, розпізнавання, порівняння та пошуку графічних образів / об'єктів [10].

Під час проведення контурного аналізу були виділені потреби:

– контур має містити достатню інформацію про форму об'єкта;

– внутрішні точки об'єкта до уваги не беруться.

Таке положення накладає суттєві обмеження на область застосування контурного аналізу, які зазвичай пов'язані з проблемами виділення контуру на зображеннях: об'єкт може не мати чіткої межі; об'єкт може бути зашумлений перешкодами; перекриття об'єктів або їх угруповання призводить до того, що контур виділяється невірно і не відповідає границям об'єкта. Однак перехід до розгляду тільки контурів об'єктів дозволяє відійти від простору зображення до простору контурів, що істотно знижує складність алгоритмів і обчислень.

Контурний аналіз має досить слабку стійкість до перешкод, і будь-який перетин або часткова видимість об'єкта призводить або до неможливості детектування, або до помилкових спрацьовувань, але простота і швидкодія контурного аналізу дозволяють цілком успішно застосовувати даний підхід.

Метою роботи була розробка програмного модуля, який спрощує виявлення пошкоджених ділянок дорожнього полотна на підставі відео з відеореєстраторів автомобілів. Програмний засіб може бути застосованим Укравтодором або іншими подібними підприємствами для визначення рівня якості дороги або аналізу рівня її пошкодження на підставі відео з відеореєстраторів звичайних користувачів автомобілів.

Для розробки програмного засобу було створено три класи: клас Form1, клас VideoHendler та клас Setings.

Клас Form1 реалізує собою головну форму програмного засобу та реалізує методи відкриття нового відео та методи взаємодії з ним: програти, пауза, стоп [6], методи для взаємодії з класом Setings та VideoHendler (рис. 1).

Клас Setings реалізує собою форму налаштувань в програмному засобі та методи передачі цих значень цих налаштувань до інших класів. У цьому класі вибирається метод пошуку пошкоджень дорожнього полотна та значення фільтрів для роботи цього методу.

Клас VideoHendler представляє собою набір методів, які реалізують обробки кожного окремого кадру або різні методи пошуку нерівностей.

Висновки. Таким чином, дослідивши можливості застосування комп'ютерного зору на практиці, було розроблено програмний засіб для виявлення пошкоджень дорожнього полотна за допомогою засобів комп'ютерного зору.

У ході роботи ми дійшли висновку, що оптимальною мовою розробки програмного засобу є C#, а оптимальним середовищем програмування – є Microsoft Visual C#, тому що воно задовольняє усім вимогам об'єктно-орієнтованого методу програмування, є простим у розробці та подальшому використанні програмного засобу. Для розширення можливостей та функціоналу середовища розробки було вирішено під час розробки програмного засобу використовувати бібліотеку

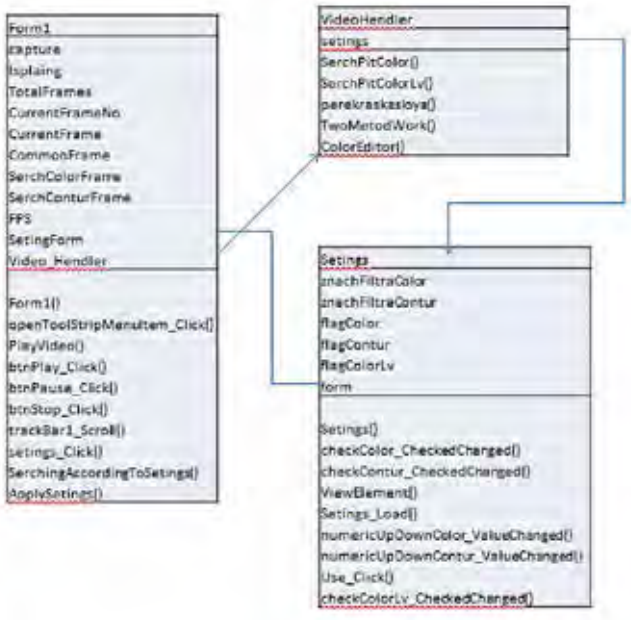

Рис. 1. Архітектура програмного засобу

з відкритим кодом OpenCV та доповнення до бібліотеки Emgu CV. У програмному засобі для виявлення пошкоджень дорожнього полотна було використано два методи пошуку пошкоджень: пошук за кольором та пошук по контуру. Використання двох методів одночасно є доцільним в умовах неповної яскравості освітленості дорожнього полотна та під час обмерзання, засніження та інших умов, які сприяють створенню шумів зображення.

У подальшій роботі планується доробка та розвиток програмного засобу для виявлення пошкоджень дорожнього полотна за допомогою засобів комп'ютерного зору з метою розширення його функціоналу та зменшення рівня похибок у процесі пошуку нерівностей.

Список літератури:

1. OpenCV – Роботы? Это просто! *RoboCraft: сообщество любителей робототехники* URL: http://robocraft.ru/page/opencv/ (дата звернення: 10.02.2019).
2. Bradski G., Kaehler A. Learning OpenCV – Computer Vision with the OpenCV Library. O'Reilly Media, 2008. 580 p.
3. Гадецька С.В., Гороховатський В.О. Методи структурної класифікації зображень на засадах баєсовської теорії прийняття рішень. *Радіоелектроніка, інформатика, управління.* 2018. Вип. 2. С. 90–97.
4. Катаев. А., Алексеев А. Введение в компьютерное зрение. М: Singularis Lab, Ltd., 2016. 40 с.
5. Лукьяница А., Шишкин А. Цифровая обработка видеоизображений. Москва : «Ай-Эс-Эс Пресс», 2009. 518 с.
6. Мейер Б. Объектно-ориентированное конструирование программных систем. Москва : Интернет университет, 2005. 1204 с.
7. Потапов А. Роспознавание образов и машинное восприятие: Общий подход на основе принципа минимальной длины описания. Санкт-Петербург : Политехника, 2011. 548 с.
8. Синдеев М. Анализ Компьютерных систем технического зрения современных автомобилей Системи обробки інформації : зб. наук. пр. / Харк. нац. ун-т Повітр. Сил ім. Івана Кожедуба. Харків, 2014. С. 41-45.
9. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход: Пер. с англ. Москва :Издательский дом «Вильямс», 2004. 928 с.
10. Chang Shu, Rose G. Introduction to Computer Vision. Winter, 2008. 24 с.
11. Шапиро Л., Стокман Дж.С. Компьютерное зрение / пер. с англ. А.А. Богуславского. 3-е изд. (эл.). Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 717 с.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

В статье рассмотрены особенности разработки программного средства для обнаружения повреждений дорожного полотна с помощью средств компьютерного зрения для повышения уровня безопасности движения дорожного транспорта. При разработке программного средства авторами были использованы среда разработки Microsoft Visual Studio, библиотека с открытым кодом OpenCV и дополнения в библиотеку Emgu CV. Авторы описывают этапы и особенности разработки программного средства, перечисляют и доказывают целесообразность использования выбранных ресурсов разработки. В выводах подведены итоги работы, приведены результаты разработки и определены направления дальнейших доработок программного средства с целью повышения уровня точности и качества восприятия информации средствами компьютерного зрения.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, компьютерное зрение, повреждения, анализ, алгоритм.*

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE FOR DETERMINING THE DAMAGE TO THE ROAD CIRCULATION BY COMPUTER VIEWS

The article describes the features of the development of software for detecting damage to the roadway using computer vision tools to increase the level of traffic safety of vehicles. In developing the software, the authors used the Microsoft Visual Studio development environment, the open source library OpenCV, and additions to the Emgu CV library. The authors describe the stages and features of software development, re-create and prove the expediency of using selected development resources. The conclusions summarized the work, the results of the development and the directions for further improvements of the software to determine the level of accuracy and quality of information perception by means of computer vision.

Key words: *artificial intelligence, computer vision, damage, analysis, algorithm.*