

УДК 004.93

Д.В. МОСЬПАН, О.О. ЮРКО, А.Л. ПЕРЕКРЕСТ
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

БІНАРІЗАЦІЯ ЗОБРАЖЕННЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТА В УМОВАХ НЕОДНОРІДНОГО ФОНУ ЗАСОБАМИ LABVIEW

Для проведення дослідних робіт з визначення кінематичних характеристик рухомих об'єктів було створено віртуальний прилад для аналізу потоку відеоданих з веб камери за допомогою програмного забезпечення Labview. У попередній роботі авторів положення об'єкта на зображенні визначалося за кольірною ознакою, шляхом порівняння прямокутної області виділеної з об'єкта з пікселями зображення. При цьому фон робочого поля був однорідним білого кольору, тобто об'єкт добре контрастував на обраному фоні. Але у випадку нерівномірної освітленості та неоднорідного фону з різними структурними включеннями задача виявлення об'єкта сильно ускладнюється. При використанні моделі віртуального приладу для візуальної фіксації руху об'єктів виявлено, що незначна зміна освітленості робочого поля знижує впевненість захвату об'єкта, особливо біля границь обзору веб камери. Для поліпшення умов знаходження об'єкта на зображенні застосуюмо методи гістограмних перетворень. Аналіз зображення щодо кількісного розподілення компонентів кольорів дозволяє провести бінарзацію зображення для виділення контуру об'єкта та ігнорування другорядних деталей. В результаті проведеної роботи було встановлено, що застосування гістограмної обробки зображень із застосуванням HSL кольірної моделі з наступною бінарзацією дозволяє збільшити впевненість виявлення об'єкта, особливо на краях робочого поля та збільшити точність визначення координат у порівнянні з методом застосування маски об'єкта за кольірною ознакою. Також було запропоновано використання різницевого зображення фону робочого поля та об'єкта дослідження на даному фоні, що дозволяє спростити задачу виявлення меж для кольірних компонентів при перетворенні гістограм для бінарзації зображення з метою виділення об'єкта. Було створено віртуальний прилад для: отримання зображень фону робочого поля та об'єкту при наявних умовах освітленості; гістограмного аналізу різницевих зображень при проведенні бінарзації зображення для виділення об'єкта; використання отриманих налаштувань для слідування за об'єктом з потоку відеоданих веб камери та отримання його поточних координат.

Ключові слова: машинний зір, кінематичні характеристики, кольорна модель, гістограма зображення, бінарзація зображення.

D.V. MOSPAN, O.O. YURKO, A.L. PEREKREST
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University

IMAGE BINARIZATION TO FIND AN OBJECT IN CONDITIONS OF AN INHOMOGENEOUS BACKGROUND USING LABVIEW

To carry out research work to determine the kinematic characteristics of moving objects, a virtual device was created to analyze the stream of video data from a webcam using Labview software. In the authors' previous work, the position of an object in the image was determined by color by comparing a rectangular area extracted from the object with the pixels of the image. In this case, the background of the working field was a uniform white color, that is, the object contrasted well against the selected background. But in the case of uneven illumination and a heterogeneous background with different structural inclusions, the task of detecting an object becomes much more complicated. When using a virtual device model to visually capture the movement of objects, it was found that a slight change in the illumination of the working field reduces the confidence of capturing an object, especially at the boundaries of the web camera view. To improve the conditions for finding an object in the image, we apply histogram transformation methods. Analysis of the image regarding the quantitative distribution of color components allows for binarization of the image to highlight the contour of the object and ignore secondary details. As a result of the work carried out, it was found that the use of histogram image processing using the HSL color model with subsequent binarization makes it possible to increase the confidence of object detection, especially at the edges of the working field, and to increase the accuracy of determining coordinates compared to the method of using an object mask based on color. It was also proposed to use a difference image of the background of the working field and the object of study on this background, which simplifies the task of identifying the boundaries of color components when converting histograms to binarize the image in order to highlight the object. A virtual device was created to: obtain images of the background of the working field and the object under existing lighting conditions; histogram analysis of difference images when performing image binarization to highlight an object; using the received settings to track an object from the web camera video stream and obtain its current coordinates.

Key words: computer vision, kinematic characteristics, color model, image histogram, image binarization.

Постановка проблеми

Для проведення дослідних робіт з визначення кінематичних характеристик рухомих об'єктів було створено віртуальний прилад для аналізу потоку відеоданих з веб камери за допомогою програмного забезпечення Labview [1, 2]. У попередній роботі авторів [1] положення об'єкта на зображенні визначалося за колірною ознакою, шляхом порівняння прямокутної області виділеної з об'єкта з пікселями зображення. При цьому фон робочого поля був однорідним білого кольору, тобто об'єкт добре контрастував на обраному фоні. Але у випадку нерівномірної освітленості та неоднорідного фону з різними структурними включеннями задача виявлення об'єкта сильно ускладнюється.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

При використанні моделі віртуального приладу для візуальної фіксації руху об'єктів [1, 2] виявлено, що незначна зміна освітленості робочого поля знижує впевненість захвату об'єкта, особливо біля границь обзору веб камери [3]. Для поліпшення умов знаходження об'єкта з потоку відеоданих застосовуємо методи гістограмних перетворень [4]. Аналіз зображення щодо кількісного розподілення компонентів кольорів дозволяє провести бінарізацію зображення для виділення контуру об'єкта та ігнорування другорядних деталей.

Мета дослідження

Удосконалення віртуального приладу для аналізу відео зображень для підвищення впевненості виявлення рухомих об'єктів в умовах неоднорідного фону засобами Labview.

Викладення основного матеріалу дослідження

Створимо віртуальний прилад для виконання наступних операцій:

– запис зображень фону робочого поля та об'єкта дослідження на даному фоні в окремі файли формату jpeg;

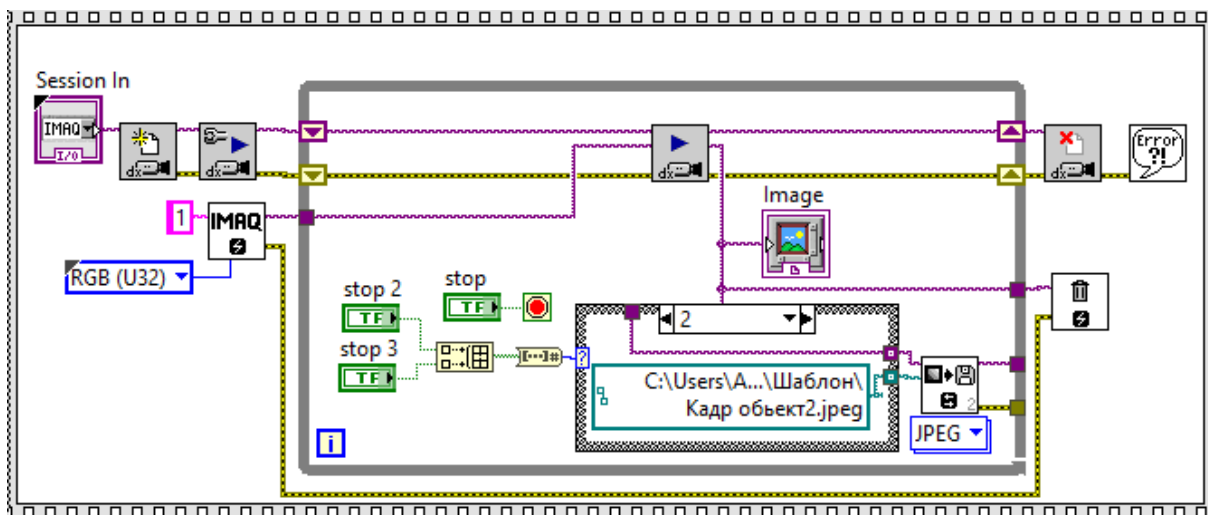


Рис. 1. Отримання кадрів та їх збереження до окремих файлів з потоку відеоданих веб камери

– зчитування зображень з файлів, отримання різниці зображень та побудова їх гістограм;
 – на основі аналізу гістограм проведення бінарізації зображення для виділення об'єкта та отримання його координат;
 – з використанням отриманих налаштувань здійснення слідкування за об'єктом з потоку відеоданих веб камери.

Використаємо структуру Flat Sequence для створення покадрової послідовності дій (рис. 1) [5, 6]. В першому кадрі структури організований перегляд користувачем відеоданих з веб камери з можливістю вибору кадру із записом його до окремого файлу в форматі jpeg. Це здійснюється натисканням на кнопку «Об’єкт» та «Фон» на панелі керування, що задає відповідний шлях для запису файлу. Робочий простір обрано зі вираженою структурою з нерівномірним освітленням (рис. 2). Для завершення роботи першого етапу програми необхідно натиснути кнопку «STOP» для завершення умовного циклу.



Рис. 2. Збережені кадри: «об’єкт + фон» та «фон»

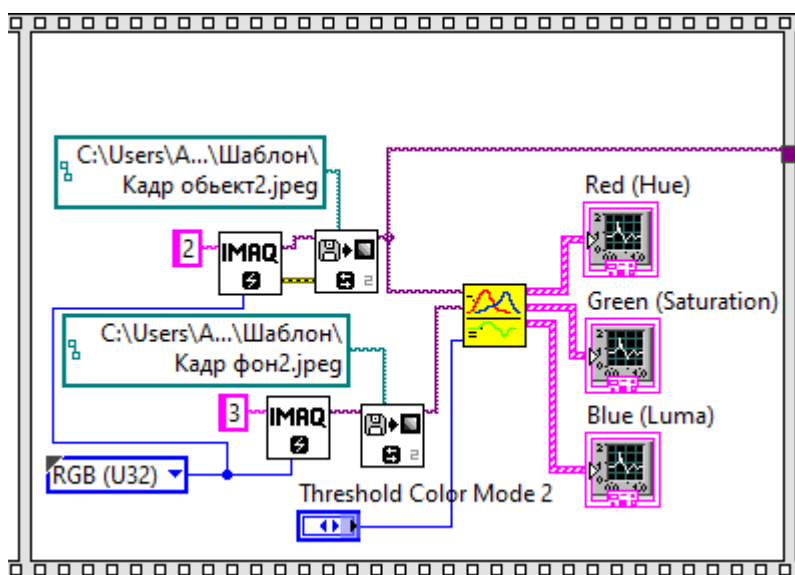


Рис. 3. Отримання накладених гістограм двох файлових зображень та їх різниці за компонентами обраної кольорної моделі

Наступним етапом є зчитування отриманих файлів зображень об’єкта з фоном та самого фону робочого стола (рис. 3). Для аналізу даних зображень необхідно побудувати їхні гістограми та різницю між ними. Остання буде відповідати розподіленню кольорів саме об’єкта відповідно до фону. Для цього створимо окремий підприлад (рис. 4) з використанням інструменту IMAQ ColorHistogram, який обчислює гістограми, отримані з трьох компонентів зображення. Цей ВП може працювати в одному з чотирьох режимів, що відповідають колірним моделям RGB, HSL, HSV і HSI.

Для отримання різницевої гістограми з вихідних кластерів однакових компонентів виділимо складову Histogram, перетворимо до типу даних DBL та знайдемо відповідну різницю. Для сумісності з графіком LabVIEW [7, 8, 9] зберемо у кластер з необхідними даними та об’єднаємо в масив з кластерами об’єкта з фоном та фону. Дані операції виконуються для кожного з трьох вихідних компонентів.

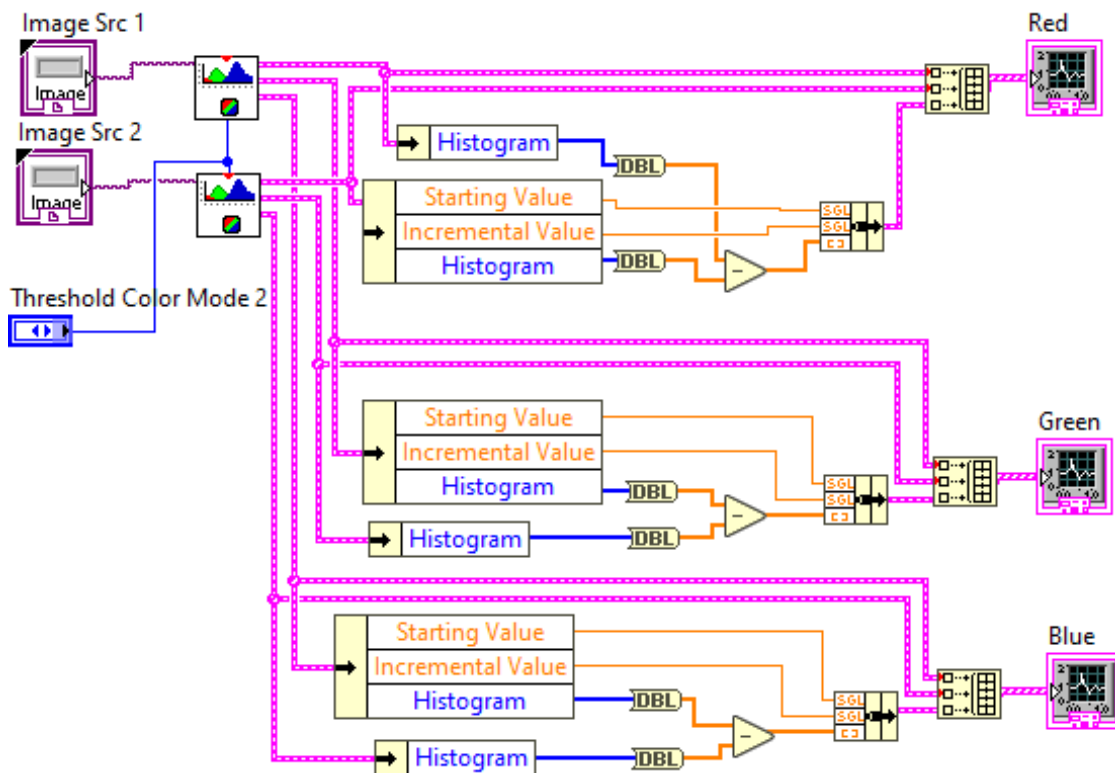


Рис. 4. Блок-діаграма віртуального приладу для компонентного відображення накладених гістограм зображень: Image 1, Image 2 та Image 1 – Image 2.

На панель керування встановлено Radio Button для обрання користувачем колірної моделі для режиму відображення гістограм: RGB або HSL.

HSL (скорочено від англ. Hue, Saturation, Lightness) – колірна модель, в якій будь-який колір визначається трьома характеристиками: кольоровим тоном (англ. Hue), наприклад, синім, червоним, жовтим тощо; насиченістю (англ. Saturation), тобто частиною чистого кольору, без домішки чорної та білої фарб; «світністю» (англ. Lightness), тобто близькістю до білого кольору.

На рис. 5 наведені гістограми отримані в двох кольорових режимах: HSL та RGB, де застосовані наступні кольорові позначення: об’єкт з фоном – білий пунктир; окремо фон – червона лінія; різниця – зелена лінія.

Наступний етап – бінарзація зображення за допомогою гістограмних перетворень для виділення об’єкту дослідження (рис. 6).

Скористаємося інструментом IMAQ ColorThreshold (позиція 1 рис. 6), який виконує бінарзацію кольорового зображення відповідно до заданих порогових значень трьох компонентів RGB або HSL. Результатом обробки є 8-бітне бінарне зображення.

При застосуванні кольорового режиму HSL набагато спрощується виділення об’єкта при бінарзації зображення у порівнянні з режимом RGB (рис. 6). Так, достатньо лише зменшити компоненту кольорового тону Hue, а останні дві можна залишити незмінними. Як показано на фрагменті гістограми компоненти Hue (рис. 8) на ділянці градацій від 5 до 20 присутній сплеск з білого пунктиру та зеленої кривої, а червона крива співпадає з нулем. Тобто ці градації тонів відповідають лише об’єкту і відсутні в фоні. Тому межа 20 компоненти Hue дозволяє виділити бажаний об’єкт з фону при бінарзації.

В режимі RGB також можна виділити об’єкт, але це потребує скрупульозного налаштування меж кожного кольорового компонента, і при цьому більше спотворюється границя об’єкта при бінарзації.

Для покращення розпізнавання форми об'єкта бажано його середину зробити однотонною. Це можна виконати за допомогою інструменту IMAQ FillHole (позиція 2 рис. 6), що заповнює отвори, виявлені в однорідній області. Отвори заповнюються значенням пікселя 1. Вихідне зображення має бути 8-бітним двійковим зображенням. Отвори, виявлені в контакті з межею зображення, не заповнюються, оскільки неможливо визначити, чи належать ці отвори до границі об'єкта.

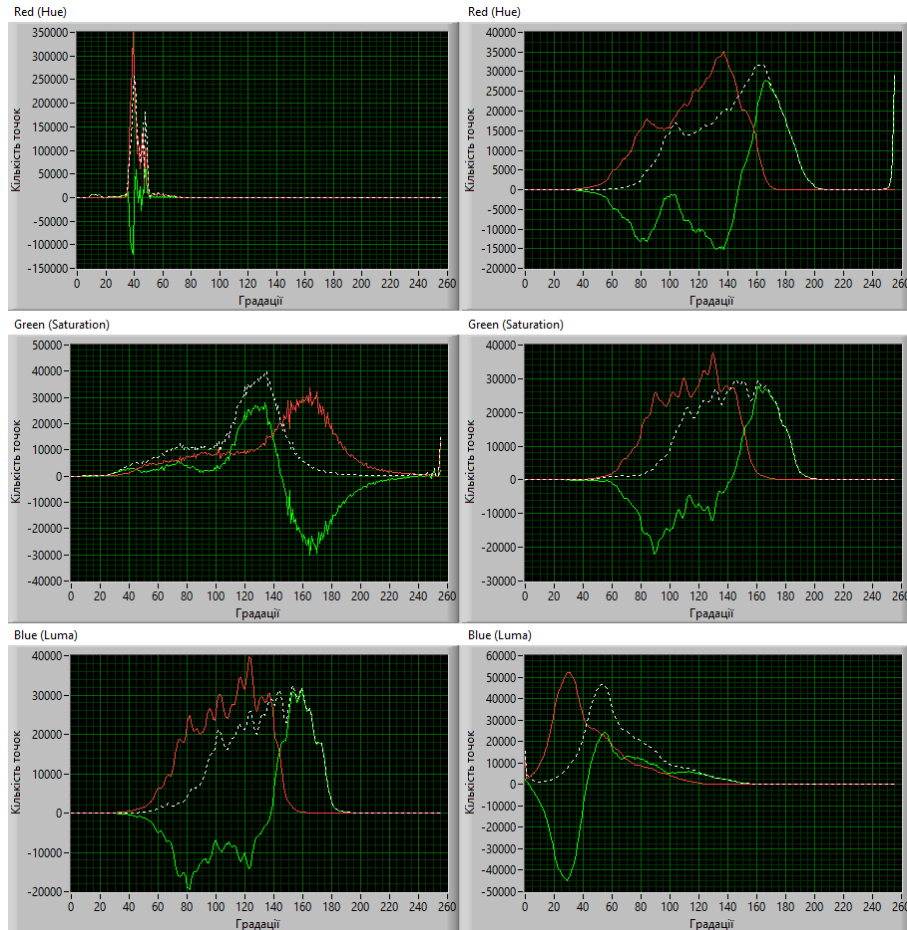


Рис. 5. Гістограми отримані в двох кольорових режимах: HSL (ліворуч) та RGB (праворуч)

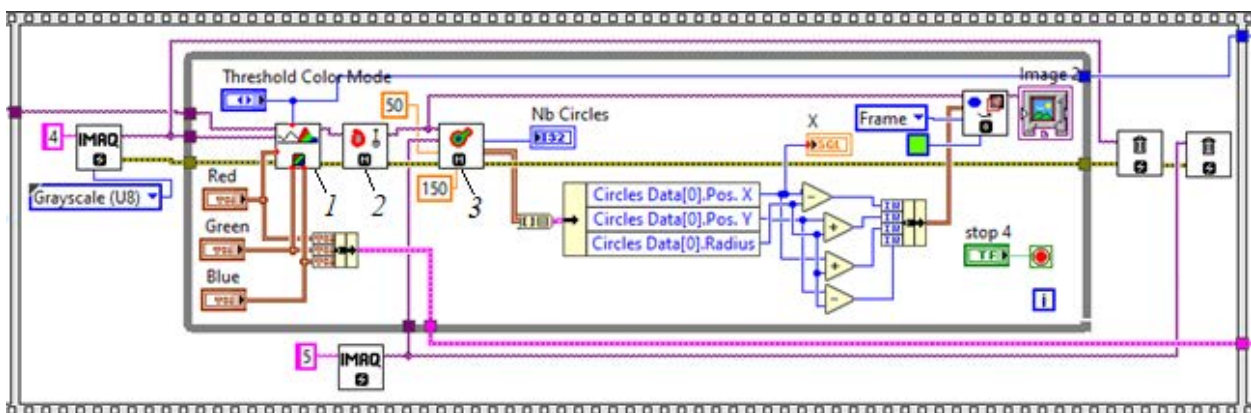


Рис. 6. Блок-діаграма для бінарзації зображення, знаходження об'єкту та отримання координат його центру

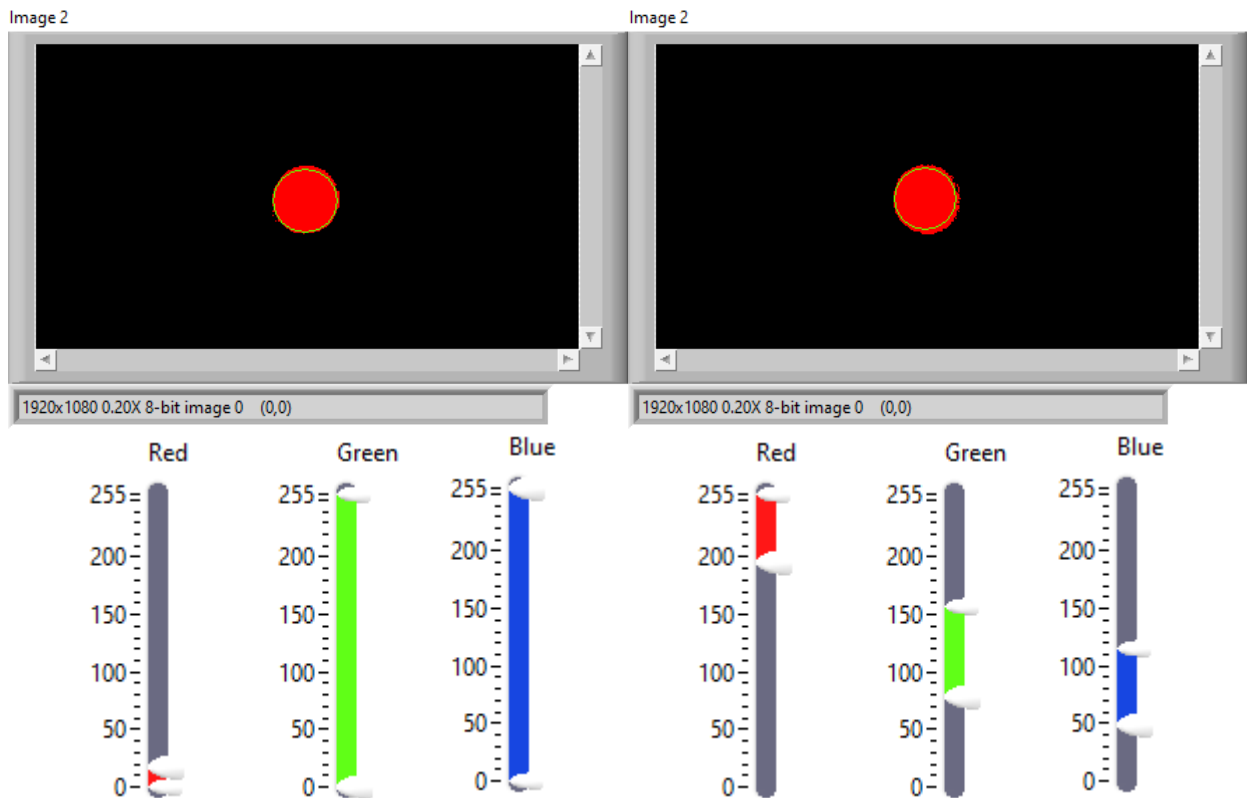


Рис. 7. Настроювання для компонентів в режимах HSL (ліворуч) та RGB (праворуч) для виділення об'єкта при бінарізації зображення

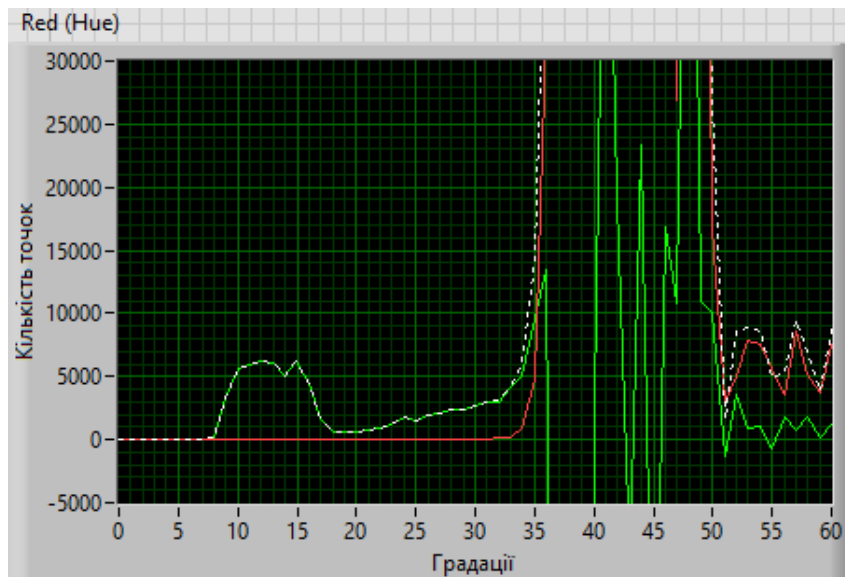


Рис. 8. Фрагмент гістограми компоненти Hue

Пошук об'єкту на бінарному зображенні буде здійснювати інструмент IMAQ Find Circles (позиція 3 рис. 6), який знаходить круглі фігури і класифікує їх за радіусом, площею поверхні та периметром. На бінарному зображенні, він знаходить радіус і центр круглих об'єктів, навіть якщо їхні контури перекриваються. Крім того, цей ВП може відстежувати кола на зображенні. Для того, щоб була однозначність при знаходженні об'єкта, необхідно правильно підібрати

допустимі розміри кола, а саме мінімальний та максимальний радіуси для пошуку. З вихідного масиву даних інструмента виділяємо кластер зі значеннями координат центру та радіусу знайденого кола. Для візуалізації результатів пошуку за допомогою інструмента Overlay Oval створимо накладання визначеного контуру кола зеленим кольором на бінарне зображення об'єкта (рис. 6).

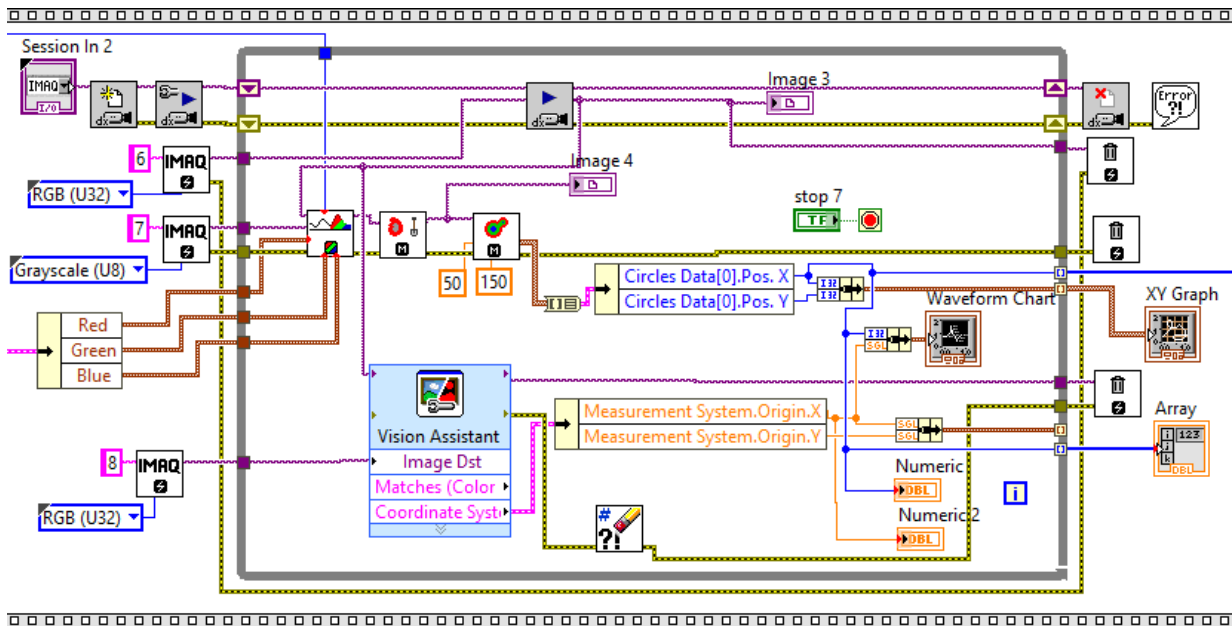


Рис. 9. Блок-діаграма для порівняння двох методів визначення координат об'єкта: при бінарізації та за колірною ознакою

В результаті роботи даного етапу програми користувач обирає колірну модель зображення і за отриманими гістограмами підбирає найкраще співвідношення границь для колірних компонентів для відображення об'єкта на бінарному зображенні.

Отримані значення меж компонентів для обраної колірної моделі надходять у наступний кадр програми для подальшої обробки.

Потік даних з веб камери паралельно надходить на гістограмну обробку з визначеними раніше налаштуваннями для бінарізації зображення, а також на інструмент Vision Assistant для виділення заданої маски об'єкта за колірною ознакою (рис. 9). Це дає можливість для порівняння результатів визначення координат центру об'єкта двома методами, котрі відображаються на індикаторі Waveform Chart (рис. 10).

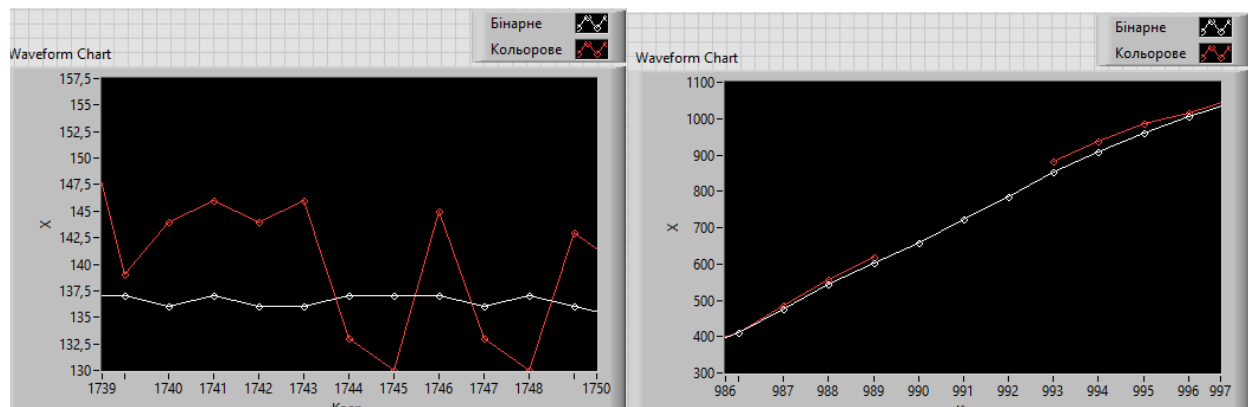


Рис. 10. Відображення поточних координат рухомого об'єкта визначених при бінарізації кадрів та за колірною ознакою

В результаті аналізу отриманих даних виявлення координат за бінарізацією зображення має менше значення розкиду відносно середнього значення і в окремих випадках перевищує в 10 разів аналогічний параметр при застосуванні маски за колірною ознакою. Також на краях діапазону робочого поля виявлення об'єкта за колірною ознакою стає неможливим у зв'язку з повною відсутністю числових даних на відповідному виході ВП. При бінарізації зображення зберігається можливість відслідковувати координати об'єкта навіть при частковому виході його границь за межі поля зору камери.

Висновки

1. Застосування гістограмної обробки зображень із застосуванням HSL колірної моделі з наступною бінарізацією дозволяє збільшити впевненість виявлення об'єкта, особливо на краях робочого поля та збільшити точність визначення координат у порівнянні з методом застосування маски об'єкта за колірною ознакою.

2. Було запропоновано використання різницевого зображення фону робочого поля та об'єкта дослідження на даному фоні, що дозволяє спростити задачу виявлення меж для колірних компонентів при перетворенні гістограм для бінарізації зображення з метою виділення об'єкта.

3. Було створено віртуальний прилад для: отримання зображень фону робочого поля та об'єкта при наявних умовах освітленості; гістограмного аналізу різницевого зображення при проведенні бінарізації зображення для виділення об'єкта; використання отриманих налаштувань для слідування за об'єктом з потоку відеоданих веб камери та отримання його поточних координат.

Список використаної літератури

1. Мосьпан Д. В., Юрко О. О., Перекрест А. Л. Визначення швидкості рухомого об'єкта за послідовністю відеозображень засобами Labview. *Прикладні питання математичного моделювання*. 2023. Том 6, № 2.
2. Мосьпан Д., Юрко О., Перекрест А., Кухаренко Д., Вадурін К., Повниця С. Візуальна фіксація руху об'єкта засобами Labview при проведенні фізичного експерименту. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. Кременчук: КрНУ, 2023. Випуск 4 (141). С. 29–35.
3. Зюляев Д. Д. Особливості використання USB та web-камер. ЧДУ 2010. Випуск 121. Том 134. С. 99–105.
4. Смолій В. В., Савицька Я. А., Місюра М. Д., Шкарупило В. В. Системи візуалізації та розпізнавання образів. Навчальний посібник. Київ: ФОП Ямчинський О. В., 2020. 200 с.
5. NI Vision Assistant Tutorial. Worldwide Technical Support and Product Information. National Instruments Corporation, USA, 2004. 62 p.
6. Machine vision forum. NI Community. URL: <https://forums.ni.com/t5/Machine-Vision/bd-p/200> (дата звернення: 16.10.2023).
7. NI Vision for LabVIEW. User Manual. National Instruments Corporation. November 2005. 149 p.
8. National Instruments [Електронний ресурс] Режим доступу: URL: <http://www.ni.com/> (дата звернення: 16.10.2023).
9. Convert Series of Graph Images to AVI Video. NI Community. URL: <https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA00Z000000kKcMSAU&l=ru-UA> (дата звернення: 16.10.2023).

References

1. Mos'pan, D.V., Yurko, O.O., & Perekrst, A.L. (2023). *Vyznachennya shvydkosti rukhomoho ob'yekta za poslidovnistyu videozobrazhen' zasobamy Labview [Determination of the speed of*

- a moving object by a sequence of video images using Labview*]. KHNTU. Prykladni pytannya matematychnoho modelyuvannya. Odesa: Vydavnychyy dim «Hel'vetyka». 6 (2) [in Ukrainian].
2. Mos'pan, D., Yurko, O., Perekrest, A., Kukharenko, D., Vadurin, K., & Povnytsia, S. (2023). *Vizual'na fiksatsiya rukhu ob'yekta zasobamy Labview pry provedenni fizychnoho eksperymentu [Visual fixation of object movement by means of Labview during a physical experiment]*. Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhayla Ostrohradskoho. Kremenchuk: KrNU. 4 (141). 29–35 [in Ukrainian].
 3. Zyulyayev, D.D. (2010). *Osoblyvosti vykorystannya USB ta web-kamer [Peculiarities of using USB and web cameras]*. Black Sea National University named after Petro Mohyla. 121 (134). 99–105 [in Ukrainian].
 4. Smoliy, V.V., Savyts'ka, YA.A., Misyura, M.D., & Shkarupylo, V.V. (2020). *Systemy vizualizatsiyi ta rozpiznavannya obraziv. [Visualization and pattern recognition systems]*. Kyiv: FOP Yamchynskiy O.V. [in Ukrainian].
 5. *NI Vision Assistant Tutorial* (2004). Worldwide Technical Support and Product Information. National Instruments Corporation, USA [in English].
 6. *Machine vision forum. NI Community*. Retrieved from: <https://forums.ni.com/t5/Machine-Vision/bd-p/200> [in English].
 7. *NI Vision for LabVIEW (2005). User Manual. National Instruments Corporation. USA* [in English].
 8. *National Instruments*. Retrieved from: <http://www.ni.com/> [in English].
 9. *Convert Series of Graph Images to AVI Video. NI Community*. Retrieved from: <https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA00Z000000kKcMSAU&l=ru-UA> [in English].

Моспан Денис Владиславович – к.т.н., доцент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. E-mail: denis.mospan@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5473-7874.

Юрко Олексій Олексійович – к.т.н., доцент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. E-mail: yurkoalexe@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8244-2376.

Перекрест Андрій Леонідович – д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. E-mail: pksg13@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7728-9020.

Mospan Denis Vladyslavovich – Ph.D in Technical Sciences, Associate Professor, Senior Lecturer of the Department of Computer Engineering and Electronics of the Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University. E-mail: denis.mospan@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2151-4858.

Yurko Oleksiy Oleksiyovych – Ph.D in Technical Sciences, Associate Professor, Senior Lecturer of the Department of Computer Engineering and Electronics of the Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University. E-mail: yurkoalexe@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8244-2376.

Perekrest Andrii Leonidovych – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Computer Engineering and Electronics of the Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University. E-mail: pksg13@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7728-9020.