

ВІЗУАЛЬНА ФІКСАЦІЯ РУХУ ОБ'ЄКТА ЗАСОБАМИ LABVIEW ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Андрій Перекрест

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Університетська, 20,
Кременчук, Полтавська область, Україна, 39600, pks13@gmail.com

ORCID: 0000-0002-7728-9020

Олексій Юрко

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Університетська, 20,
Кременчук, Полтавська область, Україна, 39600, yurkoalexe@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8244-2376

Денис Моспан

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Університетська, 20,
Кременчук, Полтавська область, Україна, 39600, denis.mospan@gmail.com

ORCID: 0000-0001-5473-7874

Валерій Сидоренко

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Університетська, 20,
Кременчук, Полтавська область, Україна, 39600, vnsidorenko@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4449-073X

Кирило Вадурін

аспірант, асистент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Університетська, 20,
Кременчук, Полтавська область, Україна, 39600, kir3337@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7781-5783

Софія Повниця

магістрант кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Університетська, 20,
Кременчук, Полтавська область, Україна, 39600, sofia.445999@gmail.com

ORCID: 0009-0004-4147-0241

Під час проведення дослідних робіт із визначення кінематичних характеристик об'єктів або лабораторного практикуму з кінематики виникає необхідність вимірювати відстані, що проходить рухоме тіло, та фіксувати відповідні проміжки часу. Під час звичайного візуального спостереження за об'єктом результати вимірювання даватимуть значну похибку. Використання датчиків для автоматизованої фіксації положення об'єкта в контрольних точках значно ускладнює обладнання для експерименту і підвищує його вартість. Зазвичай сучасні лабораторії обладнані персональними комп'ютерами та вебкамерами, і в цьому разі є можливість зробити відеозапис експерименту й аналізувати характер руху об'єкта в покадровому режимі. Це значно спрощує вимірювання інтервалів часу під час переміщення об'єкта між маркерними точкам у просторі. Окрім того, можна змодельовати рух об'єкта на площині за допомогою математичних програм та спеціальних програмних симуляторів, що дасть змогу створювати індивідуальні завдання для лабораторного практикуму. Отже, виникає потреба у створенні програмного забезпечення для відслідковування руху об'єктів та визначення його кінематичних характеристик, таких як зміна координат у часі, траєкторія руху, миттєві швидкості та прискорення. У результаті розроблено віртуальний прилад для аналізу тестових відеозображень із метою визначення кінематичних характеристик рухомих об'єктів за допомогою програмного забезпечення Labview. Найкращі результати отримано під час відслідковування об'єкта,

що рухається лінійно прямолінійно. При цьому покадрово визначаються координати та швидкість об'єкта з відповідними графічними побудовами. Під час рівноприскореного руху та малих переміщень пікселізація спричиняє ступінчастий характер руху об'єкта та дає дискретний імпульсний графік швидкості, що не відповідає реальній лінійній залежності. Для часткового усунення даного ефекту була застосована кусково-лінійна апроксимація координатних залежностей переміщення об'єкта та усереднення отриманих значень швидкості. Розроблений віртуальний прилад планується модернізувати для відслідковування рухомих об'єктів за допомогою вебкамери в реальному часі.

Ключові слова: машинний зір, відслідковування об'єкта, вебкамера, кінематичні параметри, Labview.

Актуальність роботи. Під час проведення дослідних робіт із визначення кінематичних характеристик об'єктів або лабораторного практикуму з кінематики виникає необхідність вимірювати відстані, що проходить рухоме тіло, та фіксувати відповідні проміжки часу [1]. Під час звичайного візуального спостереження за об'єктом результати вимірювання даватимуть значну похибку. Використання датчиків для автоматизованої фіксації положення об'єкта в контрольних точках значно ускладнює обладнання для експерименту і підвищує його вартість. Зазвичай сучасні лабораторії обладнані персональними комп'ютерами та вебкамерами [2; 3], і в цьому разі є можливість зробити відеозапис експерименту й аналізувати характер руху об'єкта в покадровому режимі [4]. Це значно спрощує вимірювання інтервалів часу під час переміщення об'єкта між маркерними точкам у просторі. Окрім того, можна змодельовати рух об'єкта на площині за допомогою математичних програм та спеціальних програмних симуляторів, що дасть змогу створювати індивідуальні завдання для лабораторного практикуму.

Отже, виникає потреба у створенні програмного забезпечення для відслідковування руху об'єктів та визначення його кінематичних харак-

теристик, таких як зміна координат у часі, траєкторія руху, миттєві швидкості та прискорення.

Мета роботи – створення віртуального приладу для аналізу відеозображень із метою визначення кінематичних характеристик рухомих об'єктів за допомогою програмного забезпечення Labview.

Матеріал і результати досліджень. Створимо віртуальний прилад для аналізу відеофайлів із записом руху об'єктів із вебкамери або змодельованих тестових відеофрагментів [5–8]. Для покадрового зчитування відеофайлів формату.avi використаємо палітру інструментів AVI [9] (рис. 1).

Пошук та слідкування за об'єктом у кадрі виконується за допомогою блоку Vision Assistant. У вікні сценарію обробки (рис. 2) створено таку послідовність дій: Original Image → Color Location 1 → Set Coordinate System 1. Для опрацювання зображення кадру подамо на вхід Image Dst зображення, що містить шуканий об'єкт. Дане зображення зчитується з окремого файлу.

Інструмент Color Location дає змогу створити кольоровий маркер, який вибирається шляхом виділення області об'єкта на поданому зображенні. У нашому випадку це червоний квадрат, який добре контрастує на білому тлі загального поля. Інструмент Set Coordinate System за вибору режиму Horizontal and Vertical System дає змогу

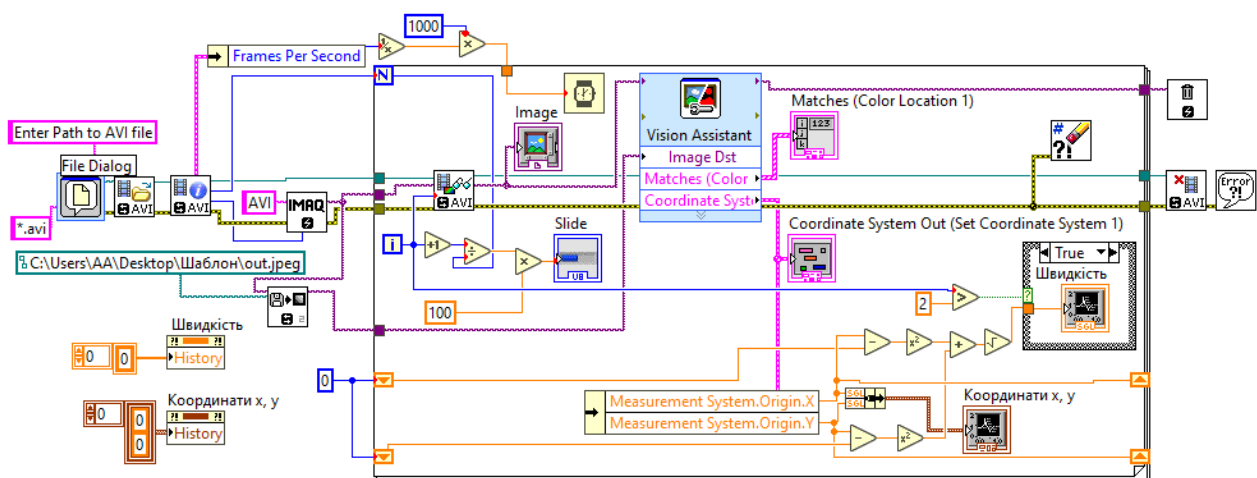


Рис. 1. Фрагмент блок-схеми для покадрового зчитування відеофайлу

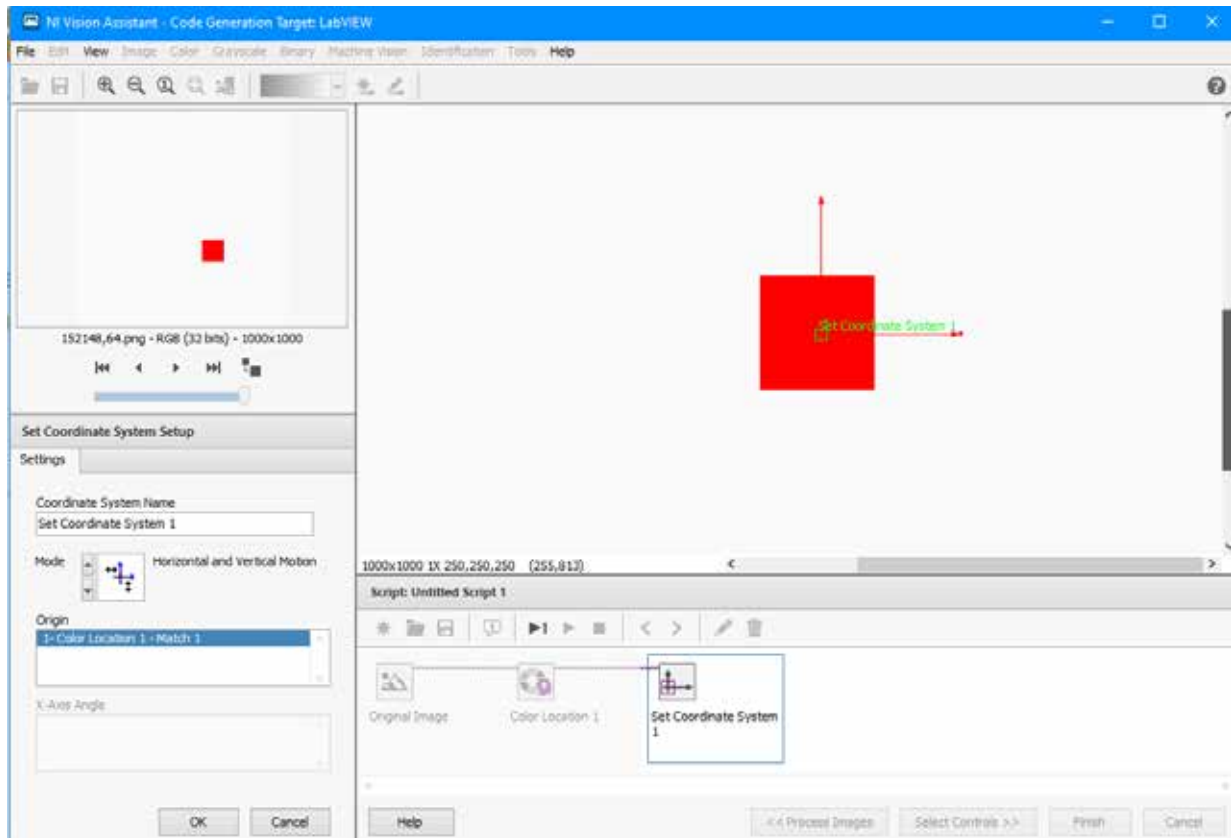


Рис. 2. Вигляд вікна Vision Assistant

отримати на виході блоку Vision Assistant координати x та y у центрі вибраного шаблону. Даний вихід потрібно вибрати для відображення у вікні Select Controls. Розбудова кластера дає змогу виділити дані координати: System.Origin.X та System.Origin.Y (рис. 1). На передній панелі будуть графіки, що показують координати центру об'єкта за x та y у пікселях відповідно до номеру кадра. За сенсом координата – це відповідний номер пікселя у рядку та стовбцю зображення з початком відліку з верхнього лівого кута.

Значення відносної швидкості об'єкта визначатимемо як різницю координат (пікселей) об'єкта за зміни зображення один кадр. Тоді розрахунок швидкості для i -го кадра:

$$v_i = \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}, \quad (1)$$

де x_{i-1} , y_{i-1} та x_i , y_i – координати центру об'єкта в попередньому $i - 1$ та даному i -му кадрах. Розмірність отриманої відносної швидкості – піксель/кадр.

Значення координат надходять до регістрів зсуву, запам'ятовуються, а потім циклічно знаходиться їх різниця. Далі, значення швидкості, отримане за наведеною вище формулою, відо-

бражається на графіку залежності швидкості від номеру кадра.

На рис. 3 наведено графічні залежності зміни координат та відносної швидкості за зміни кадрів у результаті відтворення відеоряду для випадку рівномірного прямолінійного руху по діагоналі екрана. При цьому об'єкт зміщується на один піксель за кадр.

Результати відслідковування об'єкта з рівноприскореним прямолінійним рухом показано на рис. 4. Графік переміщення має характерну параболічну форму, оскільки за нульової початкової швидкості

$$x_i = x_0 + a \cdot i^2 / 2.$$

У цьому разі наведено повільний рух об'єкта: на початку руху за 10 кадрів об'єкт зміщується на 1 піксель. Отже, швидкість має імпульсний характер – вона відмінна від 0 лише в моменти стрибкоподібного зміщення об'єкта. Це можна спостерігати на рис. 5, де більш детально наведено графіки координат та швидкості в межах початкових 35 кадрів. Отже, ступінчастий характер руху об'єкта дає дискретний імпульсний графік швидкості і не відповідає очікуваній лінійній залежності для рівноприскореного руху:

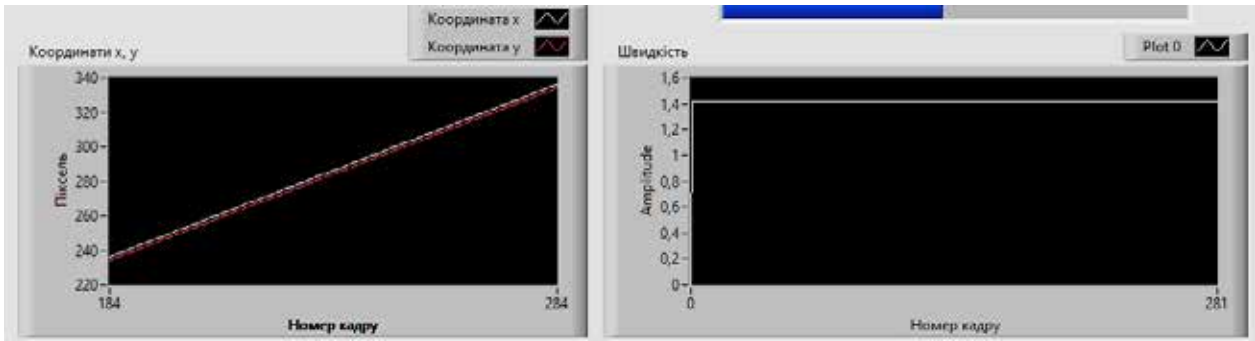


Рис. 3. Вигляд лицьової панелі під час відслідковування об'єкта з рівномірним прямолінійним рухом

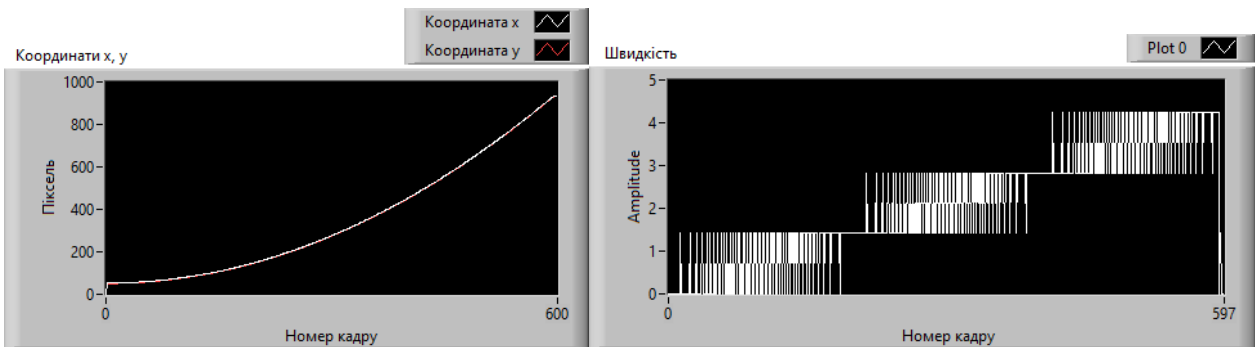


Рис. 4. Розрахунок координат та швидкості об'єкта з рівноприскореним прямолінійним рухом

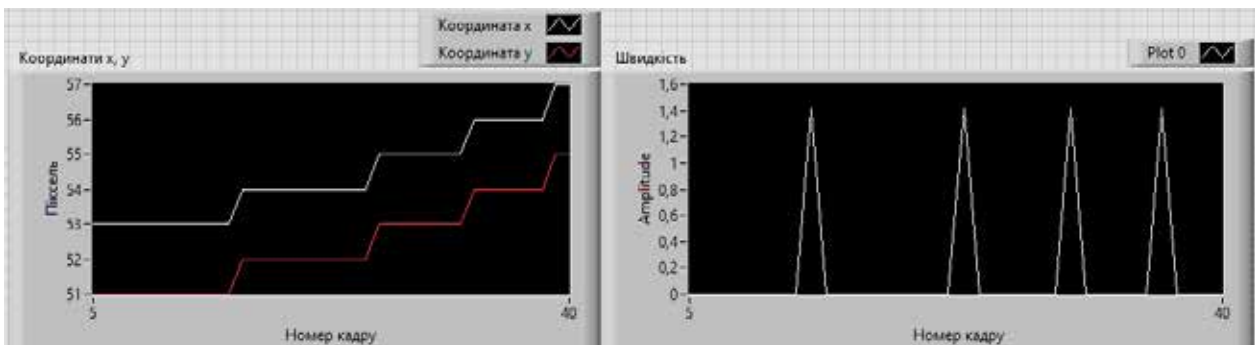


Рис. 5. Особливості визначення швидкості, що спричинені пікселізацією зображення

У результаті отримуємо хибні значення швидкості. Для усунення даного недоліку замінимо ступінчасті графіки координат на кусочно-лінійні [10]. При цьому будемо згладжувати лише виступи в один піксель, які з'являються після ділянок з однаковим значенням пікселів на протязі декількох кадрів, оскільки вони і є наслідком пікселізації та повільного руху об'єкта.

Отже, за опорні точки були прийняті початкові координати ступінчастих ділянок. Отримані сусідні точки (N_{i-1}, X_{i-1}) та (N_i, X_i) з'єднуються відрізками ліній (рис. 6, зліва) згідно з рівнянням для переміщення за координатами x та y :

$$x(n) = \frac{X_i - X_{i-1}}{N_i - N_{i-1}}(n - N_i) + X_i,$$

$$y(n) = \frac{Y_i - Y_{i-1}}{N_i - N_{i-1}}(n - N_i) + Y_i.$$

Таким чином, отримано кусково-лінійну апроксимацію координатних залежностей переміщення об'єкта. Це дає змогу перерахувати масиви даних із плавною зміною значень координат переміщення об'єкта. Результат розрахунку швидкості за формулою (1) наведено на рис. 6 (червоний). До 100 кадрів графік швидкості змінюється плавно, але зі збільшенням швидкості знову спостерігаються імпульси. Для згладжування останніх було застосовано усереднення даних із різною шириною вікна. Результат усереднення за 30 кадрів показано білим кольором

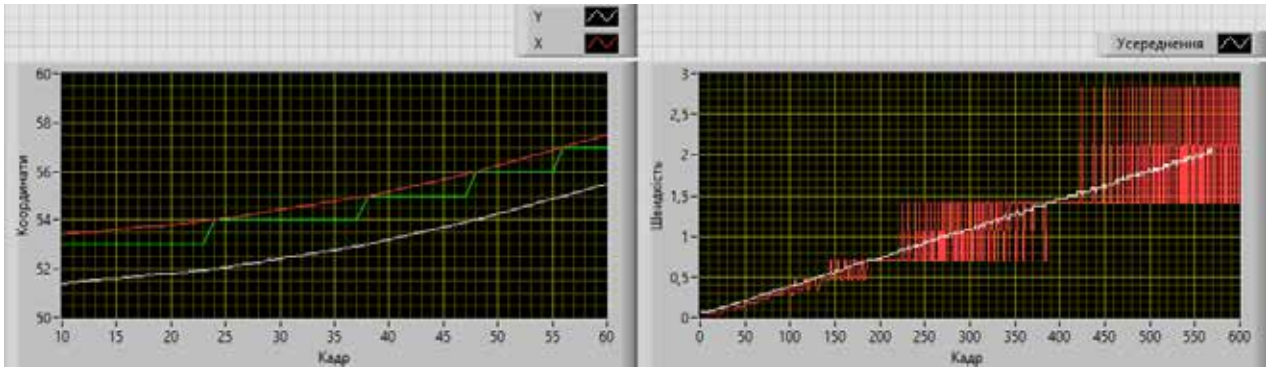


Рис. 6. Графіки координат та швидкості після лінеарізації та згладжування

на рис. 6. Це дало змогу отримати лінійно-наростаючу залежність зміни швидкості, що відповідає рівноприскореному руху.

Висновки. Розроблено віртуальний прилад для аналізу тестових відеозображень із метою визначення кінематичних характеристик рухомих об'єктів за допомогою програмного забезпечення Labview. Найкращі результати отримано під час відслідковування об'єкта, що рухається лінійно-прямолінійно. При цьому покадрово визначаються координати та швидкість об'єкта з відповідними графічними побудовами.

Під час рівноприскореного руху та малих переміщень пікселізація спричиняє ступінчастий характер руху об'єкта та дає дискретний імпульсний графік швидкості, що не відповідає реальній лінійній залежності. Для часткового усунення даного ефекту була застосована кусково-лінійна апроксимація координатних залежностей переміщення об'єкта та усереднення отриманих значень швидкості.

Розроблений віртуальний прилад планується модернізувати для відслідковування рухомих об'єктів за допомогою вебкамери в реальному часі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Комп'ютеризований практикум із моделювання фізичних процесів / Д.В. Мосьпан та ін. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2022. Вип. 6(137). С. 29–35.

2. Кулик А.Я., Нікольський О.І., Ревенко В.І., Мотигін В.В. Створення віртуальних медичних приладів у середовищі NI Labview. *Оптикоелектронні інформаційно-енергетичні технології*. 2021. Т. 42. № 2(2021). С. 66–72.

3. Зюляєв Д.Д. Особливості використання USB та web-камер. *Вісник ЧДУ*. 2010. Вип. 121. Т. 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. 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).

10. Mospan D., Yurko A., Nevliudova V., Kukharenko D., Gladkyi V. Possibility Analysis of preserving the ST segment shift when approximated by Gaussian pulses. «International Conference on MODERN ELECTRICAL AND ENERGY SYSTEMS». Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Ukraine, October 20–22, 2022. P. 518–521.

VISUAL FIXATION OF OBJECT MOVEMENT BY MEANS OF LABVIEW DURING A PHYSICAL EXPERIMENT

Andrii Perekrest

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Head of the Department of Computer Engineering and Electronics

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20 University str., Kremenchuk, Poltava region, Ukraine, 39600, pks13@gmail.com

ORCID: 0000-0002-7728-9020

Oleksii Yurko

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Computer Engineering and Electronics

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20 University str., Kremenchuk, Poltava region, Ukraine, 39600, yurkoalexe@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8244-2376

Denys Mospan

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Computer Engineering and Electronics

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20 University str., Kremenchuk, Poltava region, Ukraine, 39600, denis.mospan@gmail.com

ORCID: 0000-0001-5473-7874

Valery Sydorenko

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Computer Engineering and Electronics

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20 University str., Kremenchuk, Poltava region, Ukraine, 39600, vnsidorenko@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4449-073X

Kyrylo Vadurin

Postgraduate Student, Assistant at the Department of Computer Engineering and Electronics

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20 University str., Kremenchuk, Poltava region, Ukraine, 39600, kir3337@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7781-5783

Sofia Povnytsia

Master's Student at the Department of Computer Engineering and Electronics

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20 University str., Kremenchuk, Poltava region, Ukraine, 39600, sofia.445999@gmail.com

ORCID: 0009-0004-4147-0241

When conducting research work to determine the kinematic characteristics of objects or laboratory work on kinematics, the need arises to measure the distances traveled by the body and record the corresponding time intervals. During normal visual observation of an object, the measurement results will produce a significant error. The use of sensors to automatically fix the position of an object at control points significantly complicates the experimental equipment and increases its cost. Typically, modern laboratories are equipped with personal computers and web cameras, and in this case it is possible to make a video recording of the experiment and analyze the nature of the object's movement in frame-by-frame mode. This greatly simplifies the measurement of time intervals when an object moves between marker points in space. In addition, you can simulate the movement of an object along a plane using mathematical programs and special software simulators, which will allow you to create individual tasks for laboratory practical work. Consequently, there is a need to create software to track the movement of objects and determine its kinematic characteristics, such as: changes in coordinates over time, trajectory of movement, instantaneous velocities and accelerations. As a result, a virtual instrument was developed for analyzing test video images to determine the kinematic characteristics of moving objects using Labview software. The best results were obtained when tracking a linearly moving object. In this case, the coordinates and speed of the object are determined frame by frame with graphical constructions. With uniformly accelerated motion and small movements, pixelation leads to a stepwise nature of the object's movement and gives a discrete impulse velocity graph, which does not correspond to a real linear relationship. To partially eliminate this effect, piecewise linear approximation of the coordinate dependencies of the object's movement and averaging of the obtained velocity values were used. The developed virtual device is planned to be upgraded to track moving objects using a webcam in real time.

Key words: machine view, object tracking, webcam, kinematic parameters, Labview.

REFERENCES

1. Mos'pan D.V., Yurko O.O., Perekrest A.L., Kukharenko D.V., Vadurin K.O. (2022). *Komp'yuteryzovanyy praktykum z modelyuvannya fizychnykh protsesiv [Computerized workshop on simulation of physical processes]*. Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhayla Ostrohradskoho. Kremenchuk: KrNU. 6 (137). 29–35 [in Ukrainian].
2. Kulyk A.Ya., Nikol's'kyi O.I., Revenok V.I., Motyhin V.V. (2021). *Stvorennya virtual'nykh medychnykh pryladiv v seredovyshchi NI Labview [Creation of virtual medical devices in the NI Labview environment]*. Vinnytsia National Technical University. 2 (42). 66–72 [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. Smoliiy V.V., Savyts'ka Ya.A., Misyura M.D., Shkarupylo V.V. (2020). *Systemy vizualizatsiyi ta rozpoznavannya 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].
10. Mospan D., Yurko A., Nevliudova V., Kukharenko D., Gladkyi V. (2022). *Possibility Analysis of preserving the ST segment shift when approximated by Gaussian pulses*. Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University, October 20–22, 518–521 [in English].

Стаття надійшла 18.08.2023