

Міністерство освіти і науки України



NURE

Харківський національний університет
радіоелектроніки

ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2023

(Випуск 2)

[електронне видання]



<http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam>



<http://itez.zntu.edu.ua/>



<http://kafea.kdu.edu.ua>

Харків 2023

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
(КІТАР)



ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2023

(Випуск 2)

[електронне видання]

Харків 2023

- Головий редактор** **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Редакційна колегія:** **Филипенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Цимбал Олександр Михайлович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Андрусевич Анатолій Олександрович**, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету
- Косенко Віктор Васильович**, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».
- Замірець Микола Васильович**, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.
- Свищ Володимир Митрофанович**, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».
- Фомовська Олена Владиславівна**, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.
- Кухаренко Дмитро Володимирович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського
- Демська Наталія Павлівна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Фурманова Наталія Іванівна**, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».
- Відповідальний редактор:** **Євсєєв Владислав В'ячеславович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2023) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Вип. 2. – 386с.

Collection of Students' Scientific Paper «Automation and Development Of Electronic Devices» ADED-2023 Part 2 (Key infrastructure 2023) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Elektronik [electronic edition], 2023. – 386p with.

Рекомендовано рішенням
Науково-технічної ради
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол №6 від 29.11.2018

Рекомендовано рішенням Вченої ради
факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол № 6 від 01.05.2023

Збірник містить наукові статті здобувачів першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.

©ХНУРЕ, 2023 рік

РОЗРОБКА КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ВИРОБНИЦТВІ

Є.В. Шевченко

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, м. Харків, пр. Науки 14

E-mail: yelyzaveta.shevchenko@nure.ua

У роботі виконано розробку кіберфізичної системи моніторингу технологічних процесів на виробництві, проведено аналіз існуючих готових інженерних рішень, описано недоліки та переваги кожного з них, наведено основні параметри систем, детально обґрунтовано вибір показників контролю.

Ключові слова: система, кіберфізична, САПР, МК.

DEVELOPMENT OF A CYBERPHYSICAL SYSTEM FOR MONITORING TECHNOLOGICAL PROCESSES IN PRODUCTION

E. Shevchenko

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, Kharkiv, Nauki Ave. 14

E-mail: yelyzaveta.shevchenko@nure.ua

In the work, the development of a cyber-physical system for monitoring technological processes in production was carried out, an analysis of existing ready-made engineering solutions was carried out, the disadvantages and advantages of each of them were described, the main parameters of the systems were given, and the choice of control indicators was substantiated in detail.

Key words: system, cyber-physical, CAD, MK.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. На сьогоднішній день будь-яке приміщення, адміністративне, виробниче або житлове складається з набору підсистем, що виконують певні функції, які вирішують різні завдання в процесі функціонування цього приміщення або процесу (технологічного процесу на виробництві). В міру ускладнення цих підсистем і збільшення кількості, виконуваних ними функцій, процес управління стає все більш складним. Також стрімко зростають витрати на утримання обслуговуючого персоналу, ремонт і обслуговування цих підсистем. Вперше ці проблеми постали при експлуатації великих адміністративних і виробничих комплексів.

Сучасна будівля такого типу – це велика сукупність систем які об'єднані між собою і керують одна одною. На таких виробництвах зазвичай існує адміністративна служба, яка використовує та обслуговує усі системи контролю практично цілодобово. Однак є багато засобів автоматизації, які керують деякими видами систем, такими, як опалення, вентиляція, підтримка мікроклімату, освітлення, пожежна сигналізація, димо-фільтрація, контроль входу/виходу, але управління і обслуговування всіх цих систем вимагає наявності відповідного персоналу

Типові системи моніторингу за технологічними процесами проектувалися як автономні. Такі системи створювалися окремо для кожної ділянки виробництва і були об'єднані у межах одного корпусу підприємства в цілому. У таких виробництвах встановлювалися системи тільки з тими можливостями і з тим ступенем складності, які були необхідні на поточний момент проектування та виробничих можливостей. Подальше розширення і модернізація була дуже складною і коштовною проблемою, через безліч різних чинників та факторів впливу. Витрати на експлуатацію таких систем складаються з витрат на експлуатацію кожної окремої системи, а також вартості навчання обслуговуючого персоналу. Виходячи з цього, вартість експлуатації цих систем висока, і тим самим вартість навчання персоналу має високий поріг

вартості, так як оператори повинні бути ознайомлені з експлуатацією кожної автономної системи для вміння керувати будь-якою з них[1].

Виробництво із кіберфізичною системою моніторингу виробничих процесів – це виробництво нового типу. В якому виробничий процес організований для комфорту та безпеки персоналу за допомогою сучасних інженерних рішень та технологій.

Принцип кіберфізичної системи моніторингу передбачає абсолютно новий підхід в організації робочих місць та безпеки виробничого комплексу, в якому за рахунок поєднання програмно-апаратних засобів зростає ефективність функціонування і надійність управління всіх систем і виконавчих пристроїв виробництва

Кіберфізична система (КФС) — це механізм, що контролюється або відстежується комп'ютерними алгоритмами і тісно пов'язаний з Інтернетом та його користувачами [2]. Компоненти КФС взаємодіють на різних часових та просторових рівнях та можуть мати різні, відмінні одна від одної, моделі поведінки та взаємодіяти одна з одною різними шляхами, які можуть змінюватися в залежності від контексту, на рисунку 1 наведено приклад структури кіберфізичної системи. У КФС використовується міждисциплінарний підхід, який поєднує теорію кібернетики, мехатроніку, промисловий дизайн та науковий метод. Контроль процесів часто пов'язують з вбудованими системами, в яких більше уваги приділяють обчислювальним складовим, і менше — інтенсивному прив'язуванню обчислень до фізичних об'єктів. КФС дещо схожі за архітектурою на Інтернет речей (IoT), проте вони мають більш високий рівень взаємозв'язку між фізичними та комп'ютерними компонентами.



Рисунок 1. – Приклад архітектури кіберфізичної системи

Кіберфізичні системи моніторингу або контролю використовуються у багатьох сферах життя. Починаючи від простих систем контролю температури у приміщенні і закінчуючи складними та багато-компонентними системами. Наведемо перелік основних галузей використання кіберфізичних систем:

- у виробничому середовищі;
- в інтелектуальних будівлях;
- в обчислювальних середовищах;
- в охороні здоров'я;
- у транспортних засобах;
- у сільському господарстві;
- у відновлювальній енергетиці.

На сьогоднішній день існує велика кількість готових інженерних рішень стосовно кіберфізичних систем. В основному такі системи використовують при побудові «розумних будинків» або в сучасних автомобілях. Оскільки найчастіше кіберфізичні систему контролю та управління використовуються у системах «розумного будинку», то буде доречно за основу розробки брати інженерні рішення стосовно готових систем розумного будинку. Основними виробниками систем розумного будинку є такі компанії: Ajax, BroadLink, Fibaro, Orvibo, Xiaomi. Системи розумного будинку цих виробників мають свої недоліки і переваги, однак одним із найголовніших недоліків є велика вартість та складність розширення функціоналу[3].

Проаналізувавши готові варіанти інженерних рішень можна зробити висновок, що потрібно розробити систему яка б включала у себе переваги всіх систем, і при цьому мала мінімум недоліків, конкуренту вартість та легку модернізацію та розширення функціоналу.

Таким чином предметом дослідження буде – система контролю параметрів технологічних процесів на виробництві. Об'єктом дослідження – процес контролю за параметрами технологічних процесів на виробництві. Метою роботи є розробка кіберфізичної системи моніторингу технологічних процесів на виробництві.

На сучасному виробництві існує безліч факторів які потрібно контролювати та керувати. Через те, що в залежності від різновиду виробничої діяльності фактори, що необхідно контролювати будуть суттєво відрізнятися, доцільно розробити систему, яка буде контролювати основні фактори та показники які використовуються у будь-якому виробництві. А далі при встановлення системи на виробництві додавати необхідні функції контролю та керування відповідно до вимоги конкретного виробництва. Основними показниками контролю будуть такі данні, як:

- температура повітря ззовні;
- температура повітря всередині приміщення;
- вологість повітря у приміщенні;
- освітленість робочих місць;
- наявність шкідливих газів.

Окрім кліматичних параметрів необхідно контролювати процес виробництва. Для цього потрібно розробити алгоритм та процес фіксації завершення виробничого процесу працівником. Наприклад: використовуючи спеціальні штрих-коди, сканери та облікові записи кожного робітника можна створити систему контролю за процесом виробництва; або при прийнятті на роботу видавати працівникам спеціальні електронні ключі, за допомогою яких буде відбуватись фіксація стадії виготовлення на виробництві[4].

Провівши аналіз сучасних інженерних рішень та їх структури було розроблено структурну схему кіберфізичної системи моніторингу на виробництві, рисунку 2.

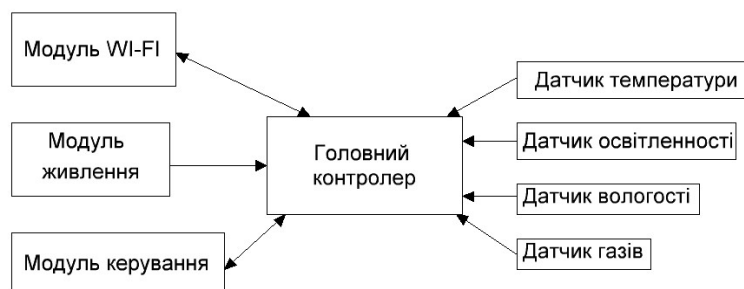


Рисунок 2 – Структурна схема системи моніторингу

Система, що розробляється представляє собою пристрій, в якому будуть встановлені наступні частини та компоненти:

- модуль живлення (МЖ);
- модуль зв'язку WI-FI;
- модуль керування;
- набір необхідних датчиків (згідно вимог використання).

Кожен елемент є складовою частиною системи, на його основі основні властиві функціональні можливості та особливості конструкції в цілому.

Модуль WI-FI необхідний для зв'язку системи з мережею інтернет. У мережі буде відбуватись керування за допомогою веб-сторінки.

Модуль живлення необхідний для перетворення вхідної мережної напруги рівня 220В у постійну напругу рівня 5В для живлення усіх датчиків та елементів системи.

Модуль керування в системі що розробляється буде мати роль допоміжного елемента. Основне керування відбувається за допомогою веб-інтерфейсу, але бувають випадки, коли

доступу до мережі немає, тому потрібен модуль керування, який зможе надати можливість керування системою без доступності до веб-інтерфейсу.

Набір датчиків може відрізнятись в залежності від типу виробництва та необхідності. В даному випадку буде використано датчик температури, датчик вологості, датчик освітленості та датчик наявності шкідливих газів.

Проаналізувавши пропозиції готових рішень, було вибрано в якості головного керуючого контролеру платформу Arduino UNO. Це відкрита і компактна платформа з сімейства Arduino, побудована на мікроконтролері ATmega328. Великою перевагою даної моделі є те, що у порівнянні із іншими моделями, на цій платформі можливо демонтувати головний контролер ATmega328 після програмування та спроектувати пристрій без використання самої плати Arduino. Платформа Arduino UNO має контакти у вигляді гнізд для штирів, тому до неї легко під'єднати різноманітні модулі та пристрої. Для програмування використовується спрощена версія C++. Розробку ПЗ можна вести як з використанням безкоштовного середовища Arduino IDE, так і за допомогою довільного C/C++ інструментарію. Для програмування та передачі даних на ПК потрібен USB-кабель, а для автономної роботи можна використовувати блок живлення, батарейки чи акумулятор з напругою від 7 В до 12 В.

Для під'єднання МК до мережі інтернет обрано модуль розширення на базі мікросхеми ENC28J60 з вбудованим Ethernet портом. Вибраний модуль розширення має декілька недоліків, саме:

- відсутність трансформаторної розв'язки Ethernet роз'єму та цифрової частини;
- високі вимоги до рівня напруги та потужності джерела живлення.

Відсутність розв'язки може мати ключову роль у виборі компоненту, згідно умов використання. Якщо кіберфізична система контролю буде використовуватись у приміщенні, а Ethernet кабель буде під'єднано до маршрутизатору або точки доступу в середині приміщення, то обраний модуль можливо використовувати. Однак, якщо система буде під'єднана до мережі кабелем що проходить ззовні приміщення, на електричних стовпах або в інших місцях де є атмосферний вплив, то такий модуль використовувати не можна, через відсутність трансформатору розв'язки.

Ще одним суттєвим недоліком такого модуля, є високі вимоги до джерела живлення. Мікросхема ENC28J60, на базі якою побудовано модуль, потребує напругу живлення 3.3 В зі струмом до 10 мА. Плата Arduino UNO має вбудований перетворювач напруги, який понижує 5 В до 3.3 В. Однак провівши експериментальні дослідження було визначено, що в момент передачі інформації модуль ENC28J60 може споживати значно більший струм ніж номінальний, тому виникають просадки напруги при яких мікросхема модулю перестає працювати. Через це необхідно підібрати компоненти та розробити окреме джерело живлення для модулю ENC28J60.

Кіберфізична система що розробляється буде мати обмежену загальну функціональність, через це було обрано наступні типи датчиків.

В якості датчику температури повітря обрано модуль на базі мікросхеми SHT20. Модуль цифрового датчика температури SHT20 відкриває новий рівень в технології вимірювань. Датчик SHT20 відрізняється великою довговічністю і стабільністю результатів вимірювань, при відмінному співвідношенні ціни і якості. У функціонал датчика входить схема обробки і посилення сигналу, блок пам'яті калібрування, АЦП, енергозберігаюча схема живлення. Окрім вимірювання температури цей датчик має можливість вимірювати вологість повітря. Тому немає необхідності встановлювати окремих датчик вологості.

Для вимірювання рівню освітленості було обрано цифровий датчик моделі GY-302. Обраний модуль датчика освітленості побудований на мікросхемі BH1750, він призначений для вимірювання фонових освітлень як і потрібно для системи контролю. Цей датчик має досить високу чутливість та інтерфейс зв'язку I2C. Спектр чутливості збігається із кривою чутливості людського зору, що найкраще підходить для кіберфізичних систем моніторингу.

Для вимірювання наявності шкідливих газів обрано модуль датчика AGS02MA. Це високопродуктивний датчик TVOC, оснащений спеціалізованим чіпом ASIC, в якому використовується спеціальна технологія виявлення та аналізу газу. Датчик має гарну продуктивність, високу надійність, довготривалу стабільність, низьке енергоспоживання та високу чутливість. Кожен датчик повністю калібрується та тестується під час виробництва. AGS02MA розроблений для виявлення та моніторингу різних летких органічних газів, таких як етанол, аміак, сульфід, пари бензолу, дим. Його можна застосовувати в очисниках повітря, побутовій техніці, системах подачі свіжого повітря та іншому обладнанні.

На основі підібраних компонентів необхідно спроектувати схему електричну принципову системи в також розробити макет. Після збірки макету проводиться налаштування та калібрування датчиків, а також створення веб-інтерфейсу для зручної роботи з системою в цілому.

ВИСНОВКИ Таким чином, у роботі проведено ретельний аналіз предметної області, зокрема проаналізовано типи кіберфізичних систем та їх галузі застосування, проведено аналіз готових інженерних рішень систем контролю, описано їх недоліки та переваги. Згідно поставлених вимог проведено підбір компонентів для майбутньої системи контролю.

На основі отриманого результату дослідження у подальшому планується розробка схеми електричної принципової всієї системи, створення макету, налаштування та калібрування датчиків, створення веб-інтерфейсу для зручної роботи та контролю. А також тестування системи у різних режимах роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Невлюдов, І.Ш. Основи наукових досліджень [Текст]: навчальний посібник/ І.Ш. Невлюдов, Олександров Ю.М., Андрусевич І.Ш., Чала О.О. – КК НАУ м. Кривий ріг, 2017. – 344 с.

2. Ігнатенко Д. В., Боцман І. В. Розробка автоматизованої системи вимірювання параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 26 листопада 2020. – К.: НУХТ, 2020. – С. 93-94..

3. Кіберфізичні системи моніторингу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vencon.ua/articles/rejting-sistem-umnyy-dom-po-proizvoditelyam> 20.10.2023 р. – Загол. з екрану.

4. Андрусевич А. А., Невлюдов І. Ш., Жарикова І. В. Методи моніторинга технологического обладнання при производстве радиоэлектронных средств // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. – 2012. – № 9. – С. 44-52.

5. Suleiman, Z.; Shaikholla, S.; Dikhanbayeva, D.; Shehab, E.; Turkyilmaz, A. Industry 4.0: Clustering of concepts and characteristics. Cogent Eng. 2022, 9, 2034264

6. Lee, J.; Bagheri, B.; Kao, H. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. Manuf. Lett. 2015, 3, 18–23.

7. Jay Lee, Pradeep Kundu (2022). Integrated cyber-physical systems and industrial metaverse for remote manufacturing. Manufacturing Letters. Volume 34, Pages 12-15. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2022.08.012>

8. Lunyuan Chen, Shunpu Tang, Venki Balasubramanian, Junjuan Xia, Fasheng Zhou, Lisheng Fan. (2022). Physical-layer security based mobile edge computing for emerging cyber physical systems. Computer Communications, Volume 194, Pages 180-188. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2022.07.037>

9. Khalid, M. S., Yevsieiev, V., Nevliudov, I. S., Lyashenko, V., & Wahid, R. (2022). HMI Development Automation with GUI Elements for Object-Oriented Programming Languages Implementation. International Journal of Engineering Trends and Technology, 70.1, 139-145

10. Nevliudov, I., & et al.. (2021). Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems, *J. Math. Comput. Sci.*, 11(1), 520-542.
11. Nevliudov, I., & et al.. (2021). GUI Elements and Windows Form Formalization Parameters and Events Method to Automate the Process of Additive CyberDesign CPPS Development. *Advances in Dynamical Systems and Applications*, 16(2), 441-455.
12. Nevliudov, I., & et al.. (2020). Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(10), 7465-7473.
13. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Demska, N., Kolesnyk, K., & Miliutina, O. (2022, September). Object Recognition for a Humanoid Robot Based on a Microcontroller. In *2022 IEEE XVIII International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)* PP. 61-64. DOI: 10.1109/MEMSTECH55132.2022.10002906
14. Моделі та методи кіберфізичних виробничих систем в концепції Industry 4.0 : монографія / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, А. О. Андрусевич, С. С. Максимова ; – Oktan Print – Prague. 2023. – 321 с.
15. Andrii Bondariev, Svitlana Maksymova, & Vladyslav Yevsieiev. (2023). Automated Monitoring System Development for Equipment Modernization. *Journal of Universal Science Research*, 1(11), 6–16. Retrieved from <https://universalpublishings.com/index.php/jusr/article/view/2484>
16. Yevsieiev V. (2023) Development of a program for modeling the control of a mobile manipulation robot in the unity environment / Yevsieiev V., Starodubcev N. // *Scientific Collection «InterConf»*, (141), P. 331-334.
17. Vladyslav Yevsieiev, Nikolaj Starodubcev (2023). Development of a control algorithm for a small-sized mobile manipulation robot. *Scientific Collection «InterConf»*, (140), P. 648-651.
18. Yevsieiev, V. ., Maksymova, S. ., & Starodubcev, N. . (2022). A ROBOTIC PROSTHETIC A CONTROL SYSTEM AND A STRUCTURAL DIAGRAM DEVELOPMENT. *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*, (August 12, 2022; Zurich, Switzerland), 113–114. <https://doi.org/10.36074/logos-12.08.2022.33>
19. Automation of Flexible HMI Interface Development for Cyber-Physical Production Systems / I. Nevliudov, V. Yevsieiev, N. Starodubcev, N. Demska // *International periodic scientific journal SWorldJournal*. – Issue No9, Part 1. – 2021. – P. 11-27.
20. Невлюдов, И., Стародубцев, Н., Евсеев, В., & Демская, Н. (2021). AUTOMATION OF FLEXIBLE HMI INTERFACE DEVELOPMENT FOR CYBER-PHYSICAL PRODUCTION SYSTEMS. *SWorldJournal*, 1(09-01), 11–27. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2021-09-01-009>
21. Yevsieiev V. Development of A System for the Production Process Monitoring Using Telegram Bot / V. Yevsieiev, S. Maksymova, S. Starikova // *The III International Scientific and Theoretical Conference “The Current State of Development of World Science: Characteristics and Features”* August 5, 2022. Lisbon, Portuguese Republic. P. 70-72.
22. Vladyslav Nikitin, Svitlana Maksymova, & Vladyslav Yevsieiev. (2023). TRAFFIC SIGNS RECOGNITION SYSTEM DEVELOPMENT . *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 3(3), 235–242. Retrieved from <https://mjstjournal.com/index.php/mjst/article/view/225>