

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ АВТОМОБІЛЯ ПРИ ПІДВЕЩЕННІ ШВИДКОСТІ В СИМУЛЯЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Досліджено та проаналізовано поведінку автономного автомобіля, що керується ПІД регулятором, при збільшенні швидкості. Проектування та налаштування пропорційно-інтегрально-диференціального (ПІД) регулятора здається концептуально інтуїтивно зрозумілим, але може бути складним на практиці, якщо потрібно досягти кількох (і часто суперечливих) цілей, таких як короткий перехідний процес і висока стабільність. Зазвичай початкові проекти, отримані будь-якими способами, потребують неодноразового коригування за допомогою комп'ютерного моделювання, доки замкнута система не запрацює або досягне бажаного компромісу. Це стимулює розробку «інтелектуальних» інструментів, які можуть допомогти інженерам досягти найкращого загального ПІД-регулювання для всього робочого діапазону.

Ключові слова: автономний автомобіль, ПІД регулятор.

Abstract

The behavior of an autonomous car controlled by a PID controller at increasing speed has been studied and analyzed. Designing and tuning a proportional-integral-differential (PID) controller seems conceptually intuitive, but can be challenging in practice when multiple (and often conflicting) goals such as short transient and high stability must be met. Typically, initial designs obtained by any means require repeated adjustments through computer simulations until the closed system works or reaches the desired compromise. This encourages the development of "intelligent" tools that can help engineers achieve the best overall PID control over the entire operating range.

Keywords: autonomous car, PID regulator.

Вступ

Автономність автомобілів починає широко використовуватись у сучасному світі. З кожним роком кількість автомобілів оснащених автопілотом стає дедалі більшою.

Метою роботи є дослідження та аналіз даних отриманих в результаті симуляції автономного автомобіля на основі алгоритму ПІД регулятора.

Результати дослідження

Об'єктом дослідження є демонстрація руху безпілотного автомобіля по трасі з перешкодами. Автомобіль повинен намагатись триматись на жовтій лінії (подвійна суцільна лінія розділення на дорозі), але оминати перешкоди, а саме бочки. У користувача є можливість змінювати швидкість автомобіля. При дослідженні швидкість автомобіля буде збільшуватись з 50 км/год до 100 км/год, з кроком в 5 км/год. Дослідження полягає у визначенні скільки разів автомобіль з'їде з жовтої лінії за одне коло.

Автомобіль рухається за допомогою алгоритму ПІД регулятора. ПІД-регулятори, мабуть, найбільш широко використовувані промислові регулятори. Навіть складні промислові системи керування можуть містити мережу керування, основним блоком керування якої є PID модуль управління. Тричленний ПІД-регулятор має довгу історію використання та пережив зміна технології від аналогової ери до цифрової комп'ютерної системи управління цілком задовільно. Це був перший (єдиний) контролер, який масово вироблявся для великого ринку в переробних галузях [1]. Пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) регулятор — найефективніший та найпоширеніший вид регулятора, котрий забезпечує достатню точність під час управління різноманітними процесами. ПІД-регулятором зветься пристрій, котрий застосовується в контурах управління для утворення сигналу

управління в автоматичних системах, що потребують високої якості та точності перехідних процесів [2].

Розробка ПІД-регулювання також призвела до включення деяких передових алгоритмів налаштування в апаратні модулі PID. Відповідно до цих розробок, ця стаття представляє сучасний огляд функціональних можливостей і методів налаштування в патентах, пакетах програмного забезпечення та комерційних апаратних модулях. Видно, що багато варіантів ПІД-регулювання були розроблені для покращення перехідних характеристик, але стандартизація та модульне ПІД-регулювання є бажаними, хоча й складними. Включення системної ідентифікації та «інтелектуальних» методів у програмні системи PID допомагає автоматизувати весь процес проектування та налаштування до корисної міри. Це також має сприяти майбутній розробці ПІД-регуляторів «підключи і працюй», які широко застосовуються, їх можна легко налаштувати та оптимально працювати для підвищення продуктивності, покращення якості та зменшення вимог до обслуговування [3].

PID (Proportional-Integral-Derivative) controller - це електронний регулятор, який використовується для автоматичного управління процесами і системами. Він є одним з найпоширеніших типів контролерів і зазвичай використовується в промислових, технічних та автоматизованих системах. PID-контролер складається з трьох основних компонентів:

1. Пропорційний (P) компонент. Цей компонент пропорційний поточній помилці між виміряною та бажаною величиною. Його завдання - встановлювати величину виходу контролера пропорційно до величини помилки. Чим більша помилка, тим сильніше контролер реагує.

2. Інтегральний (I) компонент. Цей компонент враховує кумулятивну (накопичену) помилку з часу. Він використовується для усунення статичних помилок і приводить до того, щоб вихід контролера зменшувався, коли система відхиляється від бажаного значення протягом тривалого періоду часу.

3. Диференціальний (D) компонент. Цей компонент враховує швидкість зміни помилки з часу. Його завдання - зменшити чи збільшити вихід контролера в залежності від того, як швидко система наближається до бажаного значення.

Комбінація цих трьох компонентів дозволяє PID-контролеру ефективно регулювати систему і підтримувати її в стабільному стані. PID-контролери широко використовуються у таких галузях, як автоматизація, робототехніка, промисловий контроль і автоматизовані процеси.

Опишемо принцип роботи ПІД регулятора на духовці. Принцип роботи ПІД-регулятора полягає в тому, що пропорційні ("P"), інтегральні ("I") і диференціальні ("D") члени повинні бути індивідуально скориговані або "налаштовані". На основі різниці між цими значеннями розраховується поправочний коефіцієнт і застосовується до вхідних даних. Наприклад, якщо в духовці холодніше, ніж потрібно, тепло буде збільшено[4]. Результат досягається в 3 кроки:

1. Пропорційне налаштування передбачає коригування цілі пропорційно різниці. Таким чином, цільове значення ніколи не досягається, оскільки коли різниця наближається до нуля, застосована корекція також зростає.

2. Інтегральне налаштування намагається виправити це шляхом ефективного накопичення результату помилки від дії "P" для збільшення коефіцієнта корекції. Наприклад, якщо духовка залишатиметься нижче температури, "I" діятиме, щоб збільшити тиск. Однак замість того, щоб припинити нагрівання, коли ціль досягнута, "I" намагається звести кумулятивну похибку до нуля, що призводить до перевищення.

3. Налаштування похідної намагається мінімізувати це перевищення шляхом уповільнення поправочного коефіцієнта, що застосовується при наближенні до цілі.

Алгоритм ПІД-регулювання є надійним і простим алгоритмом, який широко використовується в промисловості. Алгоритм має достатню гнучкість, щоб дати чудові результати в широкому спектрі застосувань, і є однією з головних причин його подальшого використання протягом багатьох років [5].

Траса являє собою квадрат з заокругленими кутами (рис. 1). На трасі розташовано 4 перешкоди (рис. 2-5).



Рисунок 1. Трек



Рисунок 2. Перша перешкода

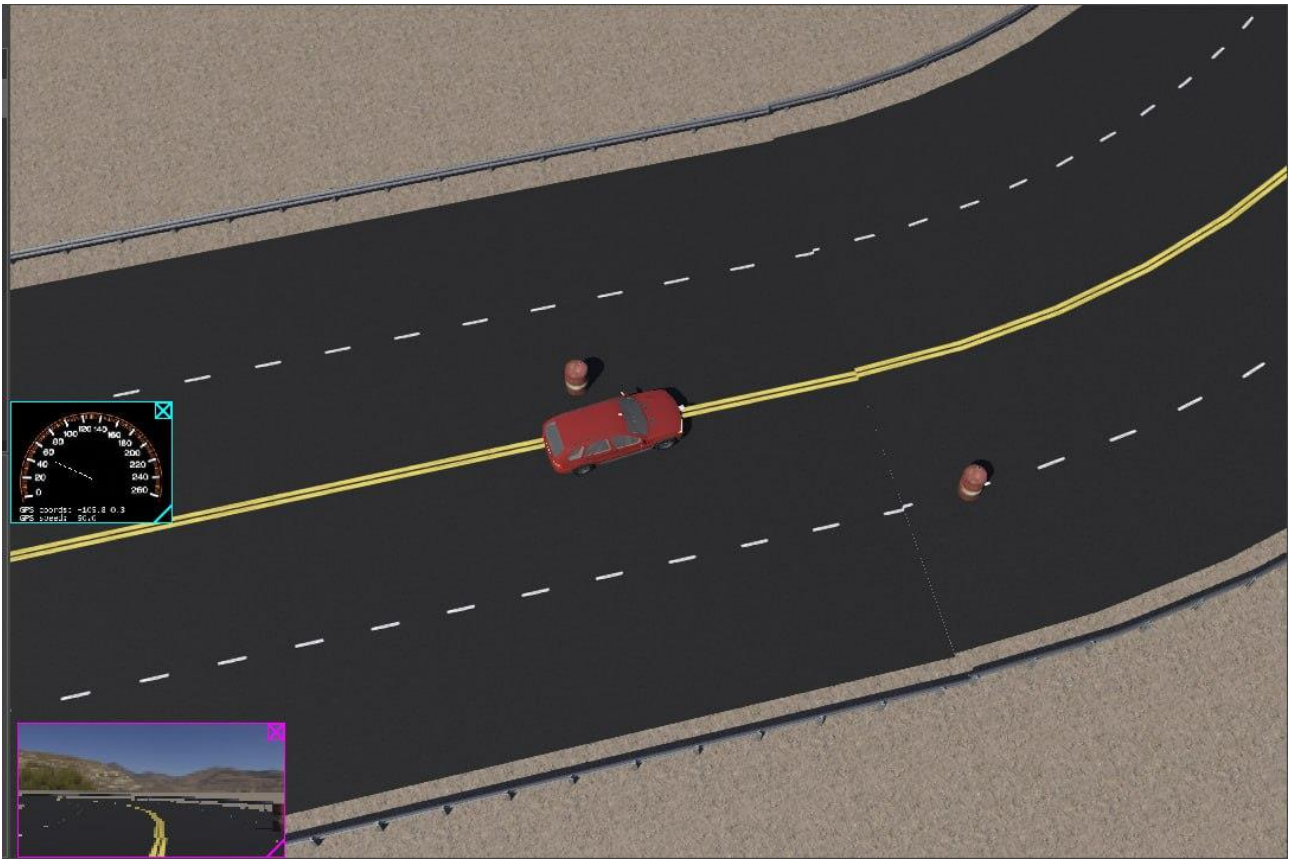


Рисунок 3. Друга перешкода

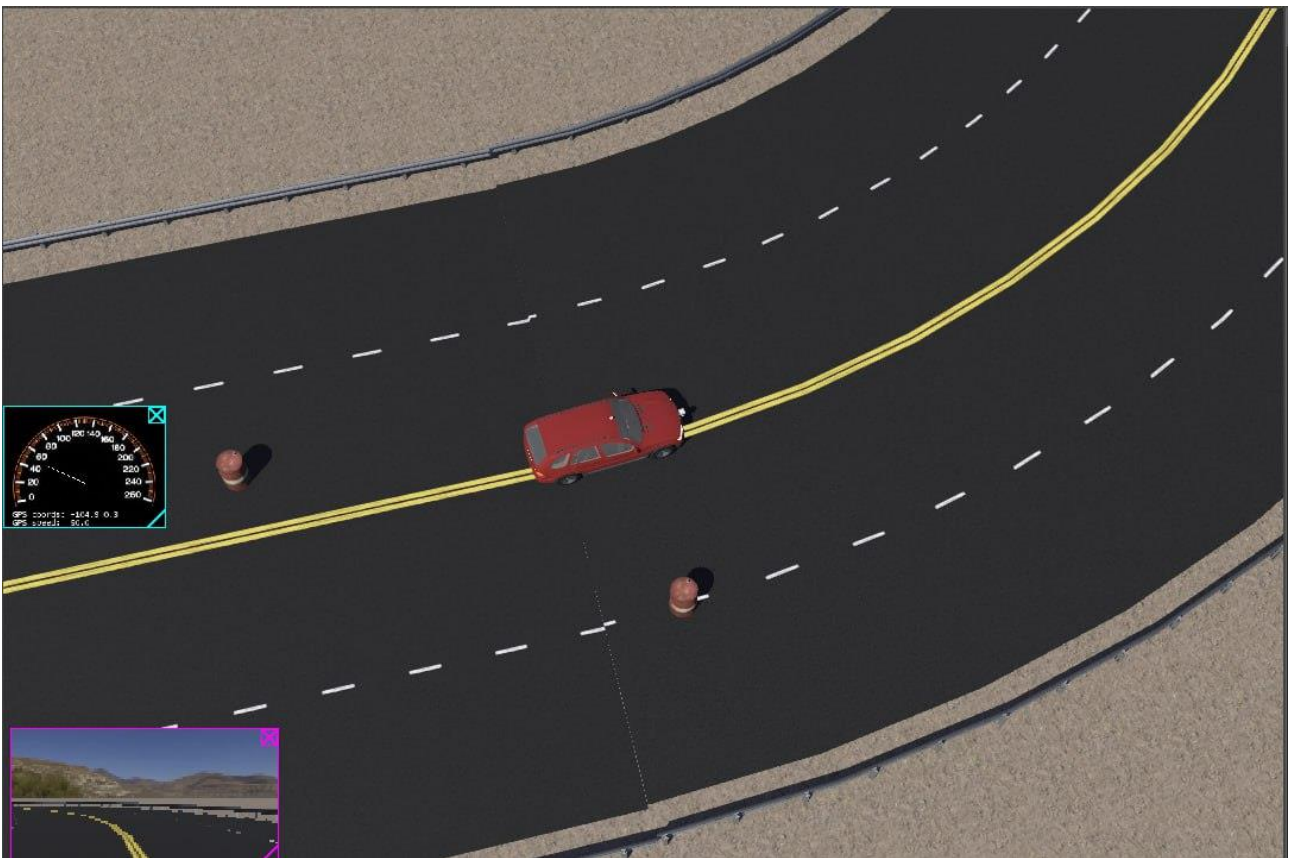


Рисунок 4. Третя перешкода



Рисунок 5. Четверта перешкода

На таблиці 1 зображено статистику за кількістю виїздів за жовту лінію та кількість успішно пройдених кіл. При дослідженні машина повинна була проїхати 3 кола і кожна з симуляцій запускалась 5 разів. Отже максимальна кількість проходжень це 15. Виїзд за жовту лінію відбувається на кожному колі. Момент виїзду з жовтої лінії відбувається на 4 перешкоді (рис. 5), оскільки вона стоїть рівно на жовтій лінії, а отже мінімальна можлива кількість виїздів з жовтої лінії це 1. Також на треку є 2 перехрестя на яких розмітка закінчується, тому вони уявно продовжуються і виїзди на них теж враховуються.

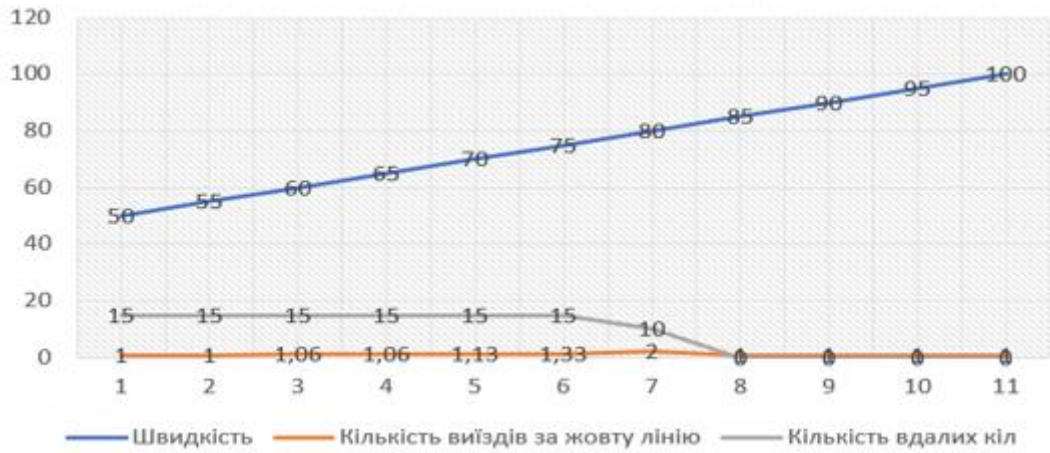
Таблиця 1 – дані експериментів.

Швидкість	Кількість виїздів за жовту лінію	Кількість вдалих кіл
50	1	15
55	1	15
60	1,06	15
65	1,06	15
70	1,13	15
75	1,33	15
80	2	10
85	1	0
90	1	0

95	1	0
100	1	0

Таблиця 1. Дані досліджень

Графік 1 – результати досліджень.



Графік 1. Результати дослідження

Аналізуючи дані з таблиці можна виділити 5 швидкостей:

1. 55 км/год. Максимальна швидкість при якій автомобіль виїжджає за лінію мінімальну кількість разів, а також завжди проходить трек.

2. 60 км/год. Мінімальна швидкість на якій з'являються додаткові з'їзди з жовтої лінії. Це відбувається на правому перехресті (рис. 6).

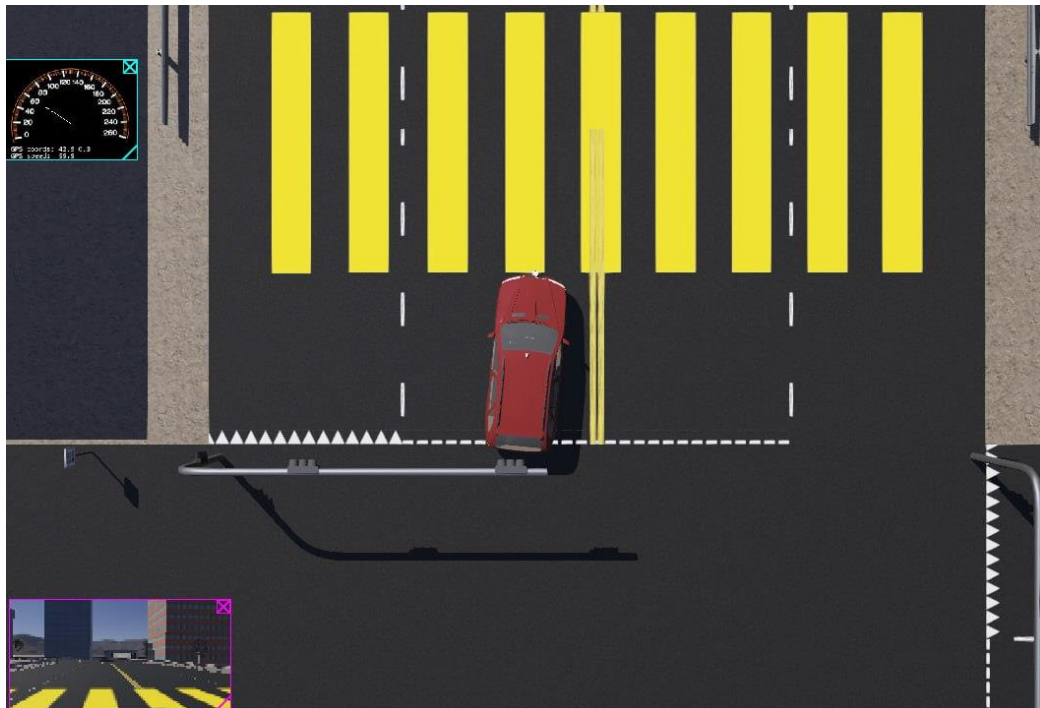


Рисунок 6. Другий з'їзд з лінії

3. 75 км/год. Максимальна швидкість з максимумом успішних спроб.

4. 80 км/год. Швидкість на якій почались з'їзди з траси, а саме перевороти автомобіля, без можливості продовжувати рух (рис. 7). Автомобіль ніколи не доїжджав до кінця 3 кола. Перевороти відбувались на поворотах, автомобіль не міг втриматись на 4 колесах.

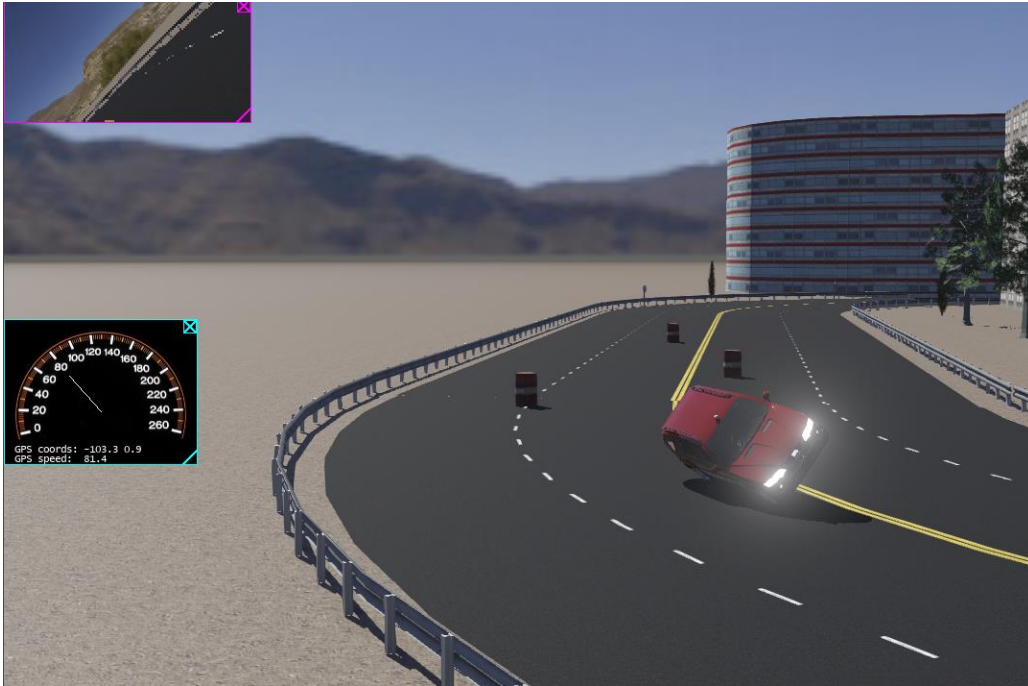


Рисунок 7. Переворот автомобіля

5. 85 км/год. Автомобіль не зміг зробити жодної успішної спроби проїхати коло. Повторювалась ситуація яка відбувалась періодично, коли автомобіль їхав на швидкості 80 км/год, але тепер переворот став постійним.

Висновки

Виконуючи дане дослідження ми використали алгоритм PID регулятора, дізналися про його три основні компоненти, та описали принцип роботи. Провівши симуляції, та зібравши результати вивели статистику вдало пройдених кіл, та виїздів на жовту лінію в таблиці 1. Проаналізувавши дані ми змогли виділити 5 швидкостей, з яких ми вияснили що чим більша швидкість автомобіля тим гірше алгоритм справлявся з її керуванням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. PID Control / J. Crowe, K.K. Tan, T.H. Lee, R. Ferdous, M.R. Katebi, H.-P. Huang, J.-C. Jeng, K.S. Tang, G.R. Chen, K.F. Man, S. Kwong, A. Sánchez, Q.-G. Wang, Yong Zhang, Yu Zhang, P. Martin, M.J. Grimble, D.R. Greenwood - 2005 – С.1.
2. Магістерська дисертація Система управління балансуванням платформи в реальному часі при паралельній реалізації на ПЛІС / Т. В. Посвістак – Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018 – С.6.
3. PID control system analysis, design, and technology. [Електронний ресурс] . – Режим доступу : <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1453566>.
4. What is a PID Controller? [Електронний ресурс] . – Режим доступу : <https://www.omega.com/en-us/resources/pid-controllers>.
5. The PID Controller & Theory Explained [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.ni.com/en/shop/labview/pid-theory-explained.html>.

Галіброда Анатолій Сергійович — студент групи ІСТ-206, кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, факультет комп'ютерних систем і автоматики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця. e-mail: galibrodaa@gmail.com.

Скринник Тарас Васильович — студент групи 2ІСТ-206, кафедра системного аналізу та інформаційних технологій, факультет комп'ютерних систем і автоматики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця. e-mail: tarasskrynyk1@gmail.com.

Павленко Андрій Олександрович — студент групи 2ІСТ-206, кафедра системного аналізу та інформаційних технологій, факультет комп'ютерних систем і автоматики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця. e-mail: pawlenkoandriy40@gmail.com.

Науковий керівник: **Кулик Ярослав Анатолійович** — доцент кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій. Вінницький національний технічний університет, Вінниця. e-mail: kulyk.y.a@vntu.edu.ua.

Halibroda Anatolii Seghiyovich — Faculty of Computer Systems and Automatics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: galibrodaa@gmail.com.

Skrynyk Taras Vasyliovych — Faculty of Computer Systems and Automatics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tarasskrynyk1@gmail.com.

Pavlenko Andriy Oleksandrovich — Faculty of Computer Systems and Automatics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: pawlenkoandriy40@gmail.com.

Supervisor: **Kulyk Yaroslav Anatoliyovych** — Associate Professor of the Department of Automation and Intelligent Information Technologies. Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: kulyk.y.a@vntu.edu.ua.