

Державний університет одеська політехніка

Інститут штучного інтелекту та робототехніки

Комп'ютерні системи

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему « Дослідження методів забезпечення адаптивного круїз контролю для мобільного робота»

Виконав: студент 2 курсу, групи УК-161____
напряму підготовки (спеціальності)
123 Комп'ютерна інженерія

Лесюк В. М.

(прізвище та ініціали)

Керівник Ступень П.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Одеса – 2021 року

Міністерство освіти і науки України
 Державний університет одеська політехніка
 Інститут штучного інтелекту та робототехніки
 Кафедра комп'ютерних систем

Рівень вищої освіти магістерський
 Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія
 (шифр і назва)
 Спеціалізація/ освітня програма Спеціалізовані комп'ютерні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ситніков В.С.
 “ ” _____ 2020 року

З А В Д А Н Н Я
 НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Лесюк Владислав Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження методів забезпечення адаптивного круїз контролю для мобільного робота

Керівник роботи Ступінь Павел В'ячеславович, доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора ОНПУ

2. Зміст роботи

Вступ, Літературний аналіз, Вдосконалення алгоритму адаптивного круїз контролю,

3. Моделювання за допомогою мереж Петрі, Висновок

3. Перелік ілюстративного матеріалу

Схема загальної структура системи адаптивного круїз контролю, Діограма, Блок схеми базового алгоритма, Блок схеми вдосконаленого алгоритма, Приклад мережі Петрі, Приклад конфлікту у мережі Петрі, Модель мережі Петрі базового алгоритму. Модель мережі Петрі

вдосконаленого алгоритму, Граф розміток мережі Петрі .

. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

5. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз існуючих методів круїз контролю	01.09.2021- 01.10.2021	виконав
2	Вдосконалення процедури забезпечення круїз контролю.	02.10.2021- 01.11.2021	виконав
3	Математичне моделювання.	02.11.2021 01.06.2021	виконав

Здобувач вищої освіти

Лесюк В.М.

Керівник роботи

Ступень П.В.

ЗМІСТ

Вступ

6

1 Літературний аналіз	
1.1 Історія	8
1.2 Види адаптивного круїз контролю	9
1.2.1 Радіолокаційні системи	9
1.2.2 Лазерні системи	10
1.2.3 Біноклярні системи комп'ютерного зору (оптичні)	10
1.2.4 Допоміжні системи	10
1.2.5 Мультисенсорні системи	11
1.2.6 Системи прогнозування	11
1.3 Структура системи управління	12
1.4 Проблема простору и позначення	13
1.5 Висновки по розділу	18
2 Вдосконалення алгоритму адаптивного круїз контролю	19
2.1 Аналіз поставленої задачі	19
2.2 Базовий алгоритм адаптивного круїз контролю	19
2.3 Вдосконалений алгоритм адаптивного круїз контролю	21
2.4 Принцип моделювання з мережами Петрі .	24
2.4.1 Не формальне визначення	24
2.4.2 Формальне визначення	25
2.4.3 Властивості мереж Петрі	27
2.4.4 Паралельні процеси	28
2.4.5 Послідовне оброблення процесів	29
2.4.6 Паралельна обробка процесів	29
2.5 Висновки по розділу	30

3.Моделювання за допомогою мереж Петрі	31
3.1 Моделювання базового алгоритма адаптивного круїз контролю	31
3.2 Моделювання вдосконаленого алгоритму адаптивного круїз контролю	33
3.3. Векторно-матрична форма мережі Петрі.	35
3.4 Висновки по розділу	50
Висновок	51

Список використаних джерел

ВСТУП

З моменту коли індустріальна революція охопила світ, машини почали активно впроваджуватись в людське життя, звільняючи людей від самих небезпечних, фізично складних, і рутинних робіт. Робототехніка галузь яка с кожним роком набирає обертів, інженерні компанії активно ведуть розробки нових роботів, прагнучі зробити життя людства біль комфортним і покращити умови праці.

Серед усіх роботів можна виділити окремий клас - мобільних роботів. Вони щільно зайняли нішу внутрішньовиробничої логістики. У будь-якій сфері діяльності вони прийшли на зміну застарілому вантажопідйомному та транспортувальному обладнанню. Не дивлячись на те що за роки розвитку галузі робототехніки, великих висот досягли технології які забезпечують автономність роботів, велика кількість галузей потребують прямого контролю людини над мобільною системою. Це в свою чергу ставить перед розробниками питання «Як мінімізувати вплив людського фактору? Які запобіжники треба встановити на мобільну систему для запобігання аваріям які можуть призвести до травм та пошкодження обладнання, та полегшити керування оператору ».

Ці питання є актуальними і для автомобільної промисловості. І прагнучі вирішити їх представники цієї галузі винайшли адаптивний круїз контроль.

Круїз контроль– це система допомоги водієві, яка контролює поздовжню динаміку основного автомобіля. Модулюючи сигнал дросельної заслінки автомобіля, він намагається підтримувати швидкість, яку задав користувач. Адаптивний круїз контроль розширює цю систему, виявляючи присутність провідного транспортного засобу та регулюючи швидкість транспортного засобу відповідно. Традиційний круїз контроль був і залишається зручністю для

автомобіліста, що дозволяє заощаджувати сили в дорозі. Адаптивний круїз контроль стежить ще й за безпекою, без кінця перевіряючи ще раз дистанцію до автомобіля, що йде попереду, і утримуючи її на постійному рівні.

Багато колісних мобільних роботів, структурою і типом руху, схожі на автомобілі, значить використання систем круїз контролю може бути доцільна, особливо в середовищах в яких багато рухомих об'єктів таких як люди чи інші роботи і машини.

Об'єкт дослідження це процес. Процес забезпечення функцій круїз контролю.. Предметом дослідження метод забезпечення круїз контролю . Ціль дослідження проаналізувати існуючі системи, і запропонувати вдосконалення алгоритму роботи круїз контролю для мобільного робота.

Результатом цієї роботи стало вдосконалення процедуру круїз контролю для мобільних роботів .

Для досягнення отриманої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Провести аналіз існуючих методів круїз контролю.
2. Вдосконалити процедуру забезпечення круїз контролю.
3. Провести математичне моделювання.

1 ЛІТЕРАТУРНИЙ АНАЛІЗ

1.1 Історія

У 1992 році Mitsubishi першою запропонувала на японському ринку систему виявлення відстані на основі лідарів під назвою Debonair. Ця система, що позиціонується як "попередження про відстань", попереджає водія, не впливаючи на дросельну заслінку, гальма або перемикання передач.

У 1995 році Mitsubishi Diamante представила лазерну систему Preview Distance Control. Ця система контролювала швидкість за допомогою дросельної заслінки та перемикання на знижену передачу, а не за допомогою гальм.. [1]

У 1999 році Mercedes представив "Distronic", перший АКК з радаром на Mercedes-Benz S-Class (W220) [2]. 1999: Subaru представила перший у світі АКК на базі камери на японському ринку Subaru Legacy Lancaster.

2000: Лазерна система АКК Toyota додала "break control", яка також включала гальма.

2001: Infiniti представила лазерний "інтелектуальний круїз контроль" на Infiniti Q45 третього покоління F50 2002 року та Infiniti QX4 2002 року. Перший круїз контроль з динамічним радаром Lexus та система попередження зіткнень із радаром.

2004: Toyota додала "режим стеження на малій швидкості" в радар адаптивний круїз контроль на Crown Majesta. Режим стеження за низькою швидкістю був другим режимом, який попереджав водія і забезпечував гальмування у разі зупинки автомобіля, що йде попереду; він міг зупинити машину, але потім вимкнувся.

2006: Nissan представив «Інтелектуальний круїз контроль із системою дистанційного контролю» на Nissan Fuga. Він притискає педаль газу до ноги, коли система навігації визначає небезпечну швидкість. Якщо використовується автономна система круїз контролю, система допомоги при дистанційному керуванні автоматично знижує швидкість та попереджає водія звуковим сигналом дзвінка.

2006: вересень 2006 Toyota представила свою «функцію відстеження всіх швидкостей» для Lexus LS 460. Система з радаром забезпечує безперервний контроль на швидкостях від 0 до 100 км/год і призначена для роботи в умовах зупинки/руху, таких як затори на шосе. км/год. Системи Stop & Go були розроблені для подальшого розширення ACC для обробки ці нижчі швидкості та відповідний стиль водіння .

2014 року: Tesla представила функцію автопілота для автомобілів Model S, що дозволяє напівавтономний круїз контроль.

2017: Cadillac Super Cruise у CT6 2018 Система використовувала бортовий радар та камери разом з даними лідара, що дозволяло водію користуватися без допомоги рук на автомагістралях з обмеженим доступом. [2]

1.2 Види адаптивного круїз контролю

1.2.1 Радіолокаційні системи

Відповідно до eInfoChips, радіолокаційні системи працюють, розміщуючи радіолокаційні датчики на пластикових панелях або навколо них, щоб виявляти довкілля вашого автомобіля. Кожен радарний датчик працює разом, щоб створити повну картину близькості транспортного засобу до інших автомобілів або потенційно небезпечних об'єктів.[3] У цю категорію входять мікрохвильові та доплерівські радари, а також світлові прилади. Доплерівський радар виявив добре працюють на швидкостях шосе з радіусом дії 100 м. Він також може надати інформацію про дальність, дальність³ та азимут для кількох цілей. Інформація про азимут може бути корисна при визначенні того, що знаходяться в процесі зміни смуги руху. Однак доплерівський радар не може виявити транспортні засоби з нульовою відносною швидкістю. НВЧ-радар, що діє в діапазоні міліметрових хвиль, було виявлено, що він корисний тільки в ситуаціях Stop & Go, тому що він мав лише дальність 40 м. [4]

1.2.2 Лазерні системи

Як згадувалося в Electronic Design, цей тип системи ACC працює з великої чорної скриньки, що зазвичай поміщається в радіаторні ґрати автомобіля. Він використовує лазерну технологію для визначення близькості об'єктів до вашого автомобіля. Він погано працює під час дощу та інших погодних умов.[5]. LIDAR мав недолік, що його вихідні дані представлені у вигляді значень відстані та інтенсивності для площини. В результаті дані мали пройти обробку, перш ніж система змогла отримати розуміння поведінки машини яка їде попереду. Інші системи ACC доповнюють інформацію від свого датчика радіолокації, припускаючи, що провідний автомобіль буде передавати по радіо інформацію про свою швидкість і прискорення.[6]

1.2.3 Бінокулярні системи комп'ютерного зору (оптичні)

За даними ExtremeTech, це відносно нова система адаптивного круїз контролю, введена в експлуатацію у 2013 році. У ній використовуються невеликі камери, які розміщуються на задній частині дзеркала заднього виду автомобіля для виявлення об'єктів, що звернені вперед.[7,8]

1.2.4 Допоміжні системи

Допоміжні системи – це надбудови на основі радара, які клієнти можуть купувати разом. Ці передаварійні системи можуть пропонувати контроль смуги руху, допомогу при гальмуванні, круїз контроль, оповіщення про наближення до таких об'єктів, як кути та підсилювач рульового управління.[8]

1.2.5 Мультисенсорні системи

Згідно Fierce Electronics, адаптивні системи круїз контролю іноді об'єднують більше одного типу датчиків, щоб допомогти у роботі транспортного засобу. Мультисенсорні системи включають кілька різних типів датчиків, щоб надати водієві розширену інформацію. Ці датчики можуть включати обладнання для обробки даних GPS або камери для збору інформації про географічне середовище транспортного засобу та близькість до інших автомобілів.[8,9]

1.2.6 Системи прогнозування

Як згадувалося Autoblog, системи прогнозування - це тип АСС, який використовує сенсорні дані для прогнозування дій сусідніх транспортних засобів. Це означає, що ваш автомобіль може сповільнитися, щоб підготуватися до іншого транспортного засобу, який раптово переключив смугу руху, і тим самим підвищить безпеку пасажирів. [10]

Адаптивний круїз контроль розвивається з кожним роком. Автомобільні компанії постійно вносять корективи в цю технологію і при цьому створюють більш поширені та доступні варіанти, які можна придбати з новим автомобілем або додати до старіших моделей автомобілів, що робить керування більш безпечним для звичайних людей. Незважаючи на їх відмінності, більшість систем АКК мають як мінімум дві спільні риси. По-перше, будь-яка реалізація адаптивний круїз контроль вимагає методу отримання інформації про своє середовище. Інформація необхідна як про транспортний засіб-господар. власний безперервний стан (швидкість, прискорення і т. д.), а також інформацію про наявність та поведінку провідної машини. Інформацію про власний безперервний стан транспортного засобу можна отримати за допомогою датчиків, які є частиною транспортного засобу. Прикладом є датчик швидкості обертання колеса, який надає інформацію водію. про їхню швидкість через спідометр. Отримати інформацію про постійний стан транспортного засобу важче. і вимагає додаткового обладнання.

1.3 Структура системи управління

На рисунку 1.1 зображено загальну структуру системи АКК, яка складається з водія, верхнього контролера рівня, контролера нижнього рівня, основного транспортного засобу та навколишнє середовище. Драйвер вирішує, увімкнена або вимкнена система круїз контролю. Бажана швидкість і бажаний часовий інтервал визначається перевагами водія. Бажана швидкість відноситься до цільової швидкості основного транспортного засобу, коли попереду немає транспортного засобу чи перешкоди. Проміжок часу є проміжок часу, після якого провідний автомобіль і хост транспортний засіб зіткнуться, коли провідний транспортний засіб раптово зупиниться, а провідний транспортний засіб продовжуватиме рух.

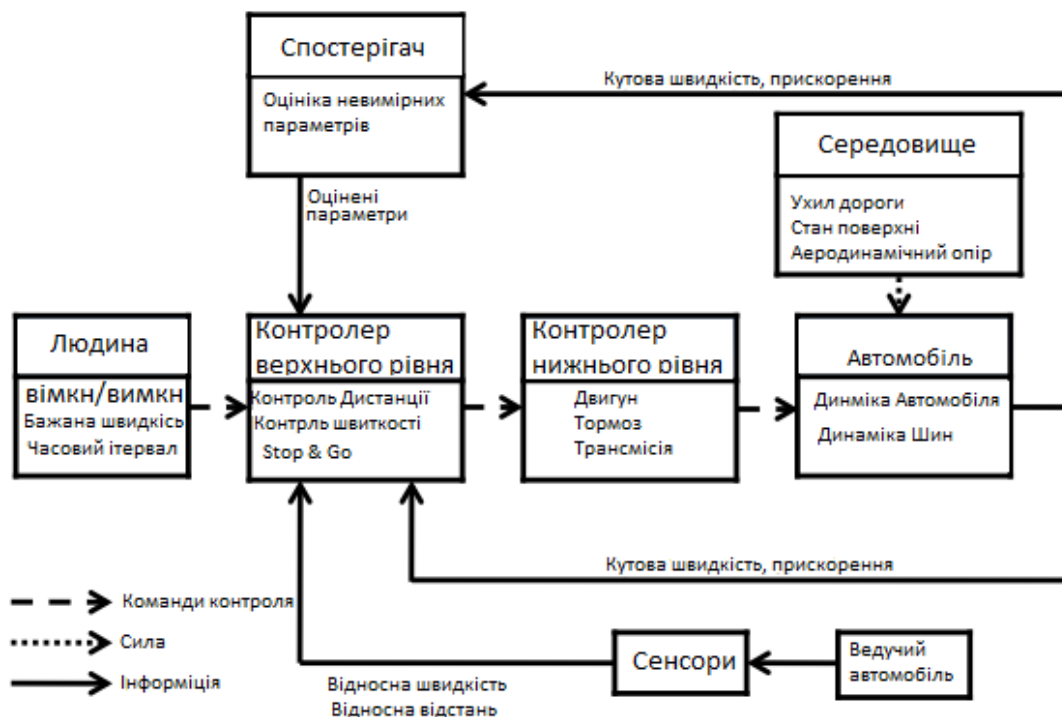


Рис.1.1 Загальна структура системи адаптивного круїз контролю

Система управління складається з спостерігача(observer), контролера верхнього рівня та контролерів нижнього рівня. Спостерігач безпосередньо

використовує виміряні сигнали зворотного зв'язку, такі як кутова швидкість кожного колеса та прискорення, щоб оцінити невимірні параметри, такі як транспортний засіб масу, аеродинамічний коефіцієнт і нахил дороги. Інформація про головну машину також вимірюються такими датчиками, як радар і датчики зору. З виміряним зворотним зв'язком сигналів, вся ця інформація використовується у верхньому контролері. Контролер верхнього рівня аналізує інформацію та вирішує бажані стани головного транспортного засобу та виробляє бажане прискорення основного автомобіля відповідно. Потрібне прискорення команди від контролер верхнього рівня керує контролерами нижнього рівня, такими як блок керування двигуном, контролер трансмісії і контролер гальм. Однак транспортний засіб може не вести себе як передбачено контролером, оскільки існують невизначені параметри навколишнього середовища, такі як нахил дороги, опір коченню та аеродинамічний опір, а також невизначеності в динаміці автомобіля. Щоб подолати таку невизначеність, є продуктивність автомобіля вимірюється і надається в систему управління як сигнали зворотного зв'язку.[11]

1.4 Проблема простору и позначення

Адаптивний круїз контроль - це система допомоги водієві, що відповідає за поздовжню поведінку автомобіля з боку водія. Функціональні вимоги для АКК вказують два режими роботи. Перший режим роботи аналогічний тому, що можна було б виявити у більш традиційній системі круїз контролю. У цьому режимі система АКК управлятиме дросельною заслінкою автомобіля, щоб підтримувати крейсерську швидкість на прохання водія. Однак, якщо кероване АКК використовуватиметься більш повільний автомобіль, тоді використовуватиметься другий режим роботи. У цьому режимі автомобіль, керований АКК, сповільниться і почне йти за провідним автомобілем на підтримку зазору, розмір якого вибирає водій. Оскільки на поведінку машини

впливатиме її близькість до лідера. На малюнку 1 Діаграма показує, що автомобілі рухаються у позитивному напрямку осі x . Це також показує, що значення "Інтервал" буде зменшуватись у міру того, як провідний транспортний засіб ближче до провідної машини. Таким чином, транспортний засіб, що експлуатується в зоні А, матиме більший інтервал, ніж той, який працює в зоні Е.

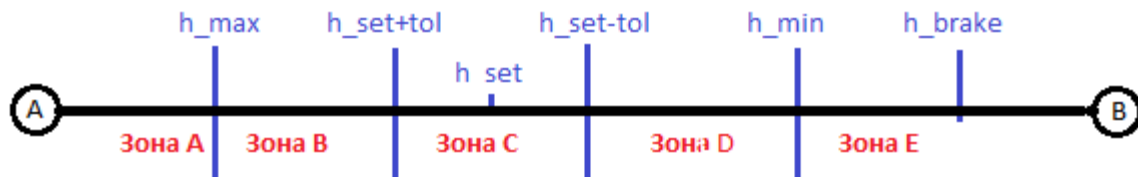


Рис.1.2 Діаграма

h^* , $h_{self}(s)$: Поточна інтервал між автомобілями суб'єкта та лідера.

$h_{brake}(s)$: Поріг, який визначає мінімальний час, необхідний для гальмувати, якщо обидва автомобілі застосовують максимальне гальмівне зусилля в точному в той же час.

$h_{safe}(s)$: Порогове значення кроку, що визначає мінімальний час наступного, потрібно:

1. Розпізнати, що ведучий автомобіль уповільнюється.
2. Прийняти рішення, що треба робити і зробити це (Класифікація і затримки зв'язку).
3. Зупинитись, не зіткнувшись із провідним автомобілем (спрацьовування).

як результат $h_{safe} > h_{brake}$

Примітка: Дальність виявлення радарної системи має бути більшою, ніж у обох $h_{safe} \times V_{self}$ и $h_{max} \times V_{self}$

$h_{min}(s)$: Поріг, що вказує найменше значення для кроку, за якого система має намагатися підтримувати нормальну роботу транспортного засобу без

використання активного контролю гальмування. Щоб система працювати безпечно умова $h_{min} \leq h_{safe}$ має бути вірною.

h_{max} (s): поріг, за яким система повинна поводитися як традиційна система круїз контролю і більше не намагається досягти мети збереження $e_{track} \leq tol_{track}$. Фактори, які необхідно враховувати при виборі цього значення, включають, крім іншого: верхню межу діапазону можливостей системи радіолокації для забезпечення надійних даних датчиків та характеристик поведінки автомобіля водія.

h_{set} (s): значення, встановлене драйвером, яке вказує бажаний наступний час. Це значення може бути вибрано з діапазону значень, встановлених виробником для h^* переконайтеся, що $h_{setmin} > h_{min}$ та $h_{max} > h_{setmax}$. Коли в «режимі слідкування» це значення стане бажаним значенням для h^*

h_{setmax} (s): Верхня межа області просування. Це максимальне значення кроку, у якому помилка відстеження системи вважатиметься прийнятною. - Прийнятно тут означає, що $e_{track} \leq tol_{track}$, або еквівалентно, $h_{setmax} \leq h_{set} + tol_{tracking}$

h_{setmin} (s): нижня межа області руху, описана вище. Тим не менш, тут прийнятний означає, що $e_{track} \leq tol_{track}$, або, що еквівалентно, $h_{setmax} \leq h_{set} - tol_{tracking}$

V_{self} (км / ч): поточна швидкість транспортного засобу суб'єкта.

V_{lead} (км / ч): поточна швидкість ведучого автомобіля.

Примітка: це значення не можна отримати безпосередньо, оскільки немає прямого зв'язку між транспортними засобами щодо станів транспортних засобів. Натомість його слід оцінювати за допомогою датчика радара з урахуванням враховувати швидкість автомобіля за допомогою радарного датчика.

V_{set} (км / ч): значення, яке встановлюється водієм, яке вказує бажану крейсерську швидкість.

Система спробує мінімізувати різницю між V_{self} та V_{set} якщо попереду немає повільнішого ведучого транспортного засобу менш ніж на h_{max} секунд. Поведінка керованого АКК автомобіля залежить від того, наскільки він наближений до лідера. транспортний засіб. Поки система працює, вона використовуватиме свій радарний датчик для вимірювання відстань до лідера. Потім він буде використовувати цю інформацію для класифікації своїх поточних ситуацію в одну із 5 «Зон». Таблиця дає математичне визначення кожної зони.

$erace$ (км / ч): різниця між бажаною швидкістю, заданою параметром V_{set} , і фактична швидкість V_{self} транспортного засобу, що досліджується. Отже, $erace = V_{set} - V_{self}$. Примітка.

$eracerel$ (км / ч): різниця між швидкістю ведучого транспортного засобу V_{lead} та швидкістю предметного автомобіля V_{self} . Отже, $eracerel = V_{lead} - V_{self}$. Примітка: це значення є актуальним лише при «відстеженні».

$etrack$ (s): різниця між бажаним інтервалом, зазначеним у h_{set} , та фактичним інтервалом у системі h *. Отже, $etrack = h_{set} - h$ *. Примітка: це значення є актуальним лише при «відстеженні».

$tolrace$ (км / ч): зумовлене значення, що вказує максимальне значення для $erace$ за межами що система не повинна додатково скорочувати $erace$.

$tolset$ (s): визначене значення, максимальне значення для $etrack$ за межами що система не повинна скорочувати $etrack$

$toltrack$ (s): зумовлене максимальне значення для $etrack$ за межами який система не повинна починати скорочення $etrack$ Зверніть увагу, що $h_{set} + toltrack = h_{setmax} \leq h_{max}$ і $h_{set} - toltrack = h_{setmin} \leq h_{min} \leq h_{safe}$

Поведінка керованого АСС автомобіля залежить від того, наскільки він близький до лідера. транспортний засіб. Поки система працює, вона використовуватиме свій радарний датчик для вимірювання відстань до лідера.

Потім він буде використовувати цю інформацію для класифікації своїх поточних ситуацію в одну із 5 «Зон». Таблиця 1.1 дає математичне визначення кожної зони.

Визначення Зон	
Зона А	$h^* \geq h_{max}$
Зона В	$h_{max} < h^* < (h_{set} + tol_{set})$
Зона С	$(h_{set} + tol_{set}) \leq h^* \leq (h_{set} - tol_{set})$
Зона D	$(h_{set} - tol_{set}) < h^* < h_{min}$
Зона Е	$h^* < h_{brake}$
Прим.	$h_{brake} \leq h_{min}$

Табл.1. 1

Зона А Лідер суб'єкта знаходиться або за межами надійної зони дії AVS, або за її межами. діапазон, при якому наступна поведінка вважатиметься бажаною.

Зона В Транспортний засіб піддослідного знаходиться в межах допустимого діапазону наступної поведінки. Розглядається, але все ще має більший прогрес, ніж запитував користувач.

Зона С Транспортний засіб піддослідного знаходиться у бажаному діапазоні у наступні моменти часу.

Зона D Швидкість транспортного засобу піддослідного менша за бажаний, але все ще в межах безпечного діапазону або він менший за безпечний діапазон, але в ситуації, коли Active Brake Control не слід використовувати

Зона Е: Область м'якого гальмування. Транспортний засіб піддослідного рухається далі безпечно і Active Brake Control повинні використовуватися, але його потужність обмежена якесь зумовлене значення[5].

1.5 Висновки по розділу

В першому розділі було висвітлено існуючі види систем Адаптивного круїз контролю. Описані їх принципи дії.

Шукаючи інформацію про об'єкт дослідження, я дізнався що водії автомобілів які користуються адаптивним круїз контролем очікують що після зменшення швидкості автомобіль знов почне збільшувати швидкість до тієї яку водій встановив для адаптивного круїз контролю, але цього не стається. Система адаптивного круїз контролю запрограмована так, що після того як водій натисне на гальма, система відключається і керувати швидкістю потрібно в ручному режимі. Багато хто через це вважають що користуватись через це круїз контролем не зручно.

Ця проблема ще актуальніша для мобільних роботів. . Оскільки адаптивний круїз контроль це система для допомоги користувачеві а не для заміни його, при її розробці ми маємо передбачити як людина буде користуватись цією системою. Зазвичай роботи не рухаються на великій швидкості і на довгі дистанції, як автомобілі. Вони працюють в середовищі для якого були створені і можна передбачити що мобільній системі буде необхідно оминати перешкоди і змінювати напрямок свого руху. З цього можна зробити висновок що якщо залишити алгоритм адаптивного круїз контролю який застосовується в автомобілях ,це призведе до того що користувачу знадобиться витратити забагато часу і уваги на повторе ввімкнення системи та її переналаштування .Тому моїм вкладом в розвиток технології круїз контролю буде створення нового алгоритму круїз контролю для мобільних роботів.

2. ВДОСКОНАЛЕННЯ АЛГОРИТМУ АДАПТИВНОГО КРУЇЗ КОНТРОЛЮ

2.1 Аналіз поставленої задачі

Для того щоб вдосконалити алгоритм, треба побудувати його модель і дослідити. Серед існуючих методів моделювання, для алгоритма добре підійде мережі Петрі, математичний апарат для моделювання динамічних дискретних систем. Після моделювання базового і вдосконаленого алгоритмів ми зможемо, порівняти моделі і зробити висновки щодо переваг і недоліків нового алгоритма.

2.2 Базовий алгоритм адаптивного круїз контролю

Після ввімкнення режиму адаптивного круїз контролю, загорається лампочка яка сигналізує про ввімкнення цієї системи, користувачеві потрібно розігнати апарат для потрібної швидкості і зафіксувати її натиснувши відповідну кнопку. Після цього система починає працювати, якщо якийсь датчик чи пристрій системи вийшов з ладу, система сигналізує про помилку і вимикається. Якщо все працює справно, за допомогою датчиків встановлюється чи є попереду об'єкт з яким є ризик зіткнутись. Якщо дорога вільна швидкість залишається не змінною, якщо зафіксовано об'єкт, визначається відстань і вираховується швидкість при якій буде неможливо зіткнутись. Якщо користувач натисне на гальма, чи натисне кнопку вимкнення адаптивного круїз контролю, система завершить свою роботу. Блок схему алгоритму можна побачити на рисунках 2.1 і 2.2.

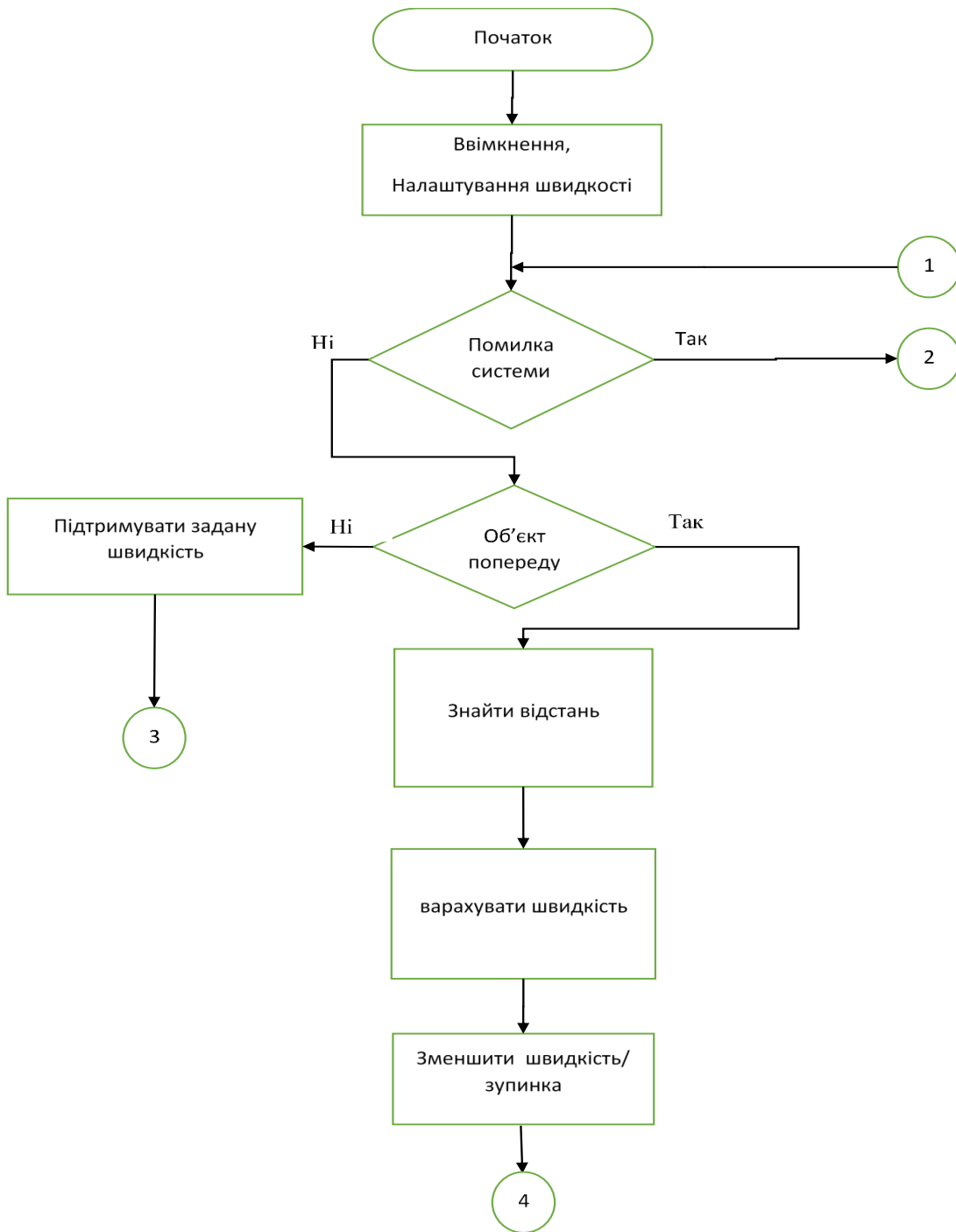


Рисунок 2.1 Перша частина блок схеми базового алгоритма

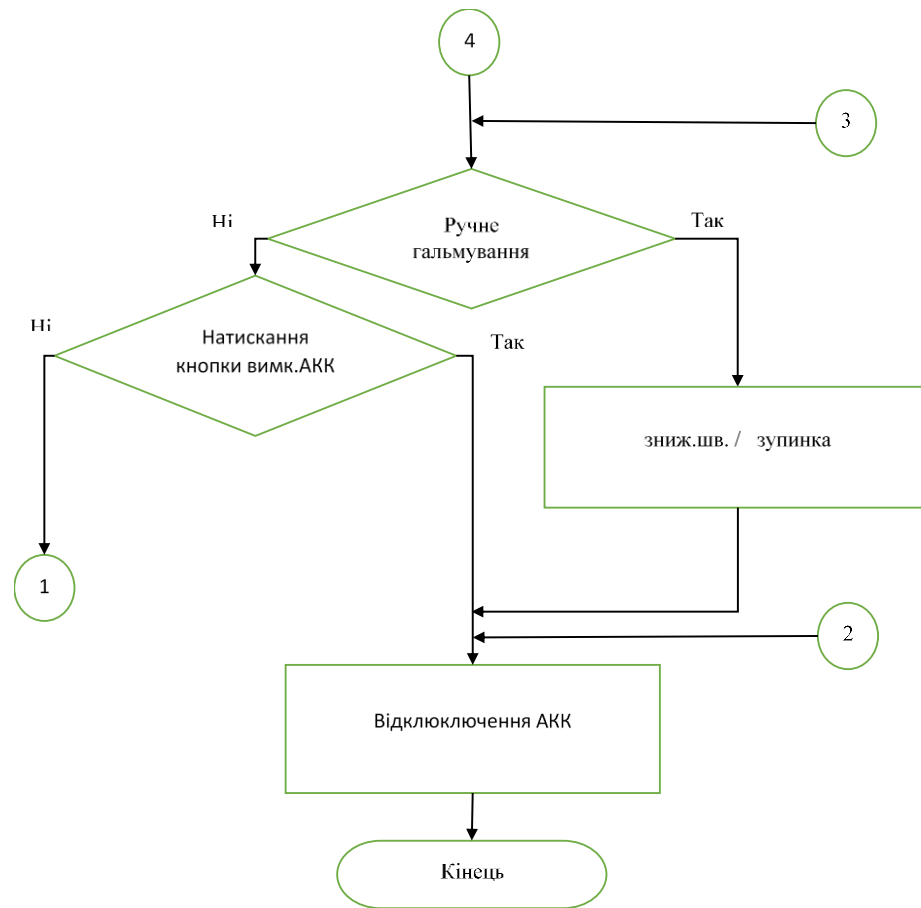


Рисунок 2.2 Друга частина блок схеми базового алгоритма

2.3 Вдосконалений алгоритму адаптивного круїз контролю

Для покращення алгоритму пропонується внести зміни таким чином щоб понижені швидкості чи повній зупинці після відтискання кнопки гальмування АКК не відключався і робот знов повертався до швидкості встановленої користувачем. Так ми покладаєм відповідальність за вимкнення АКК на користувача, окрім випадків несправності системи. Блок-схема вдосконаленого алгоритму показана на рисунках 2.3, 2.4

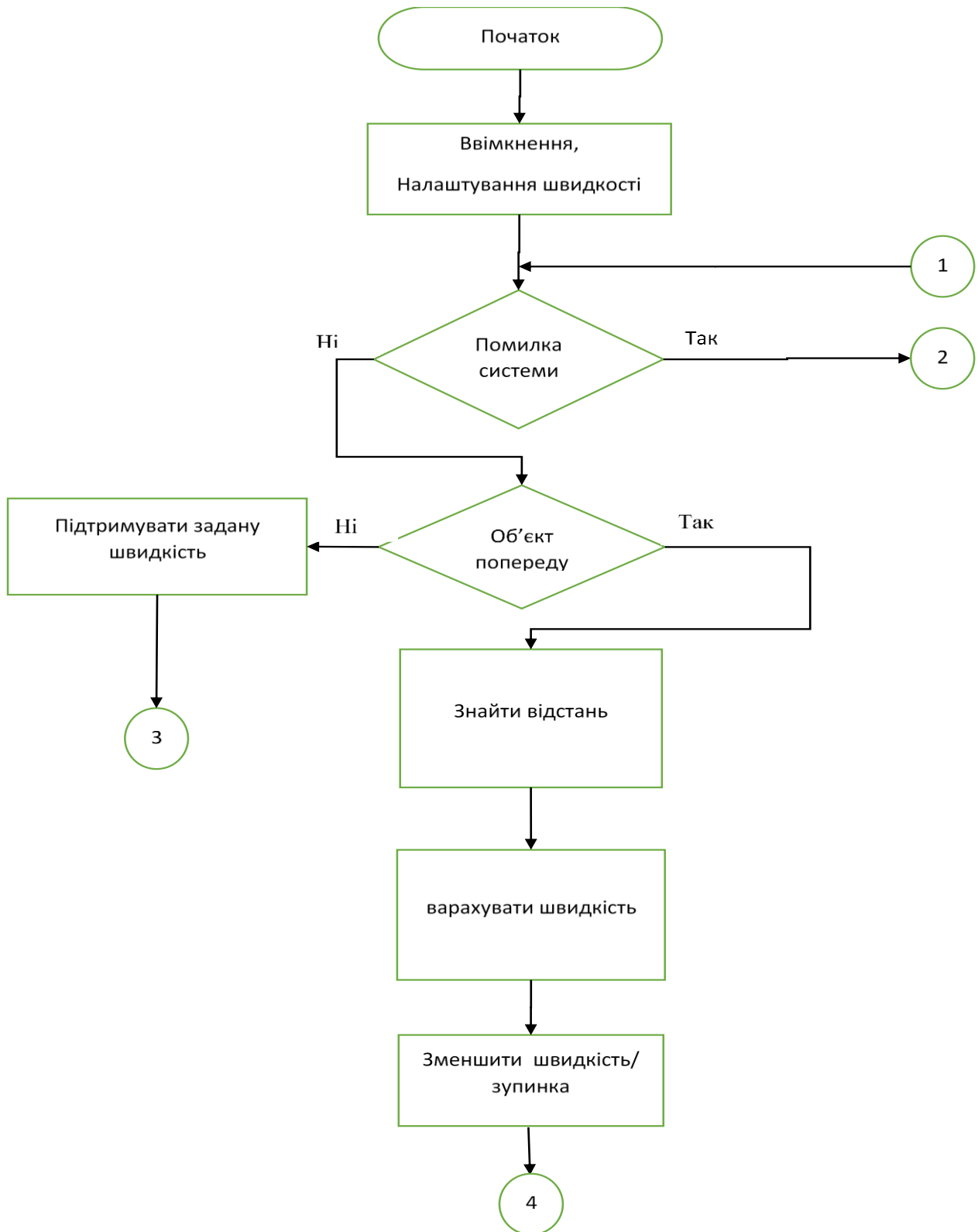


Рисунок 2.3 Перша частина блок схеми вдосконаленого алгоритма

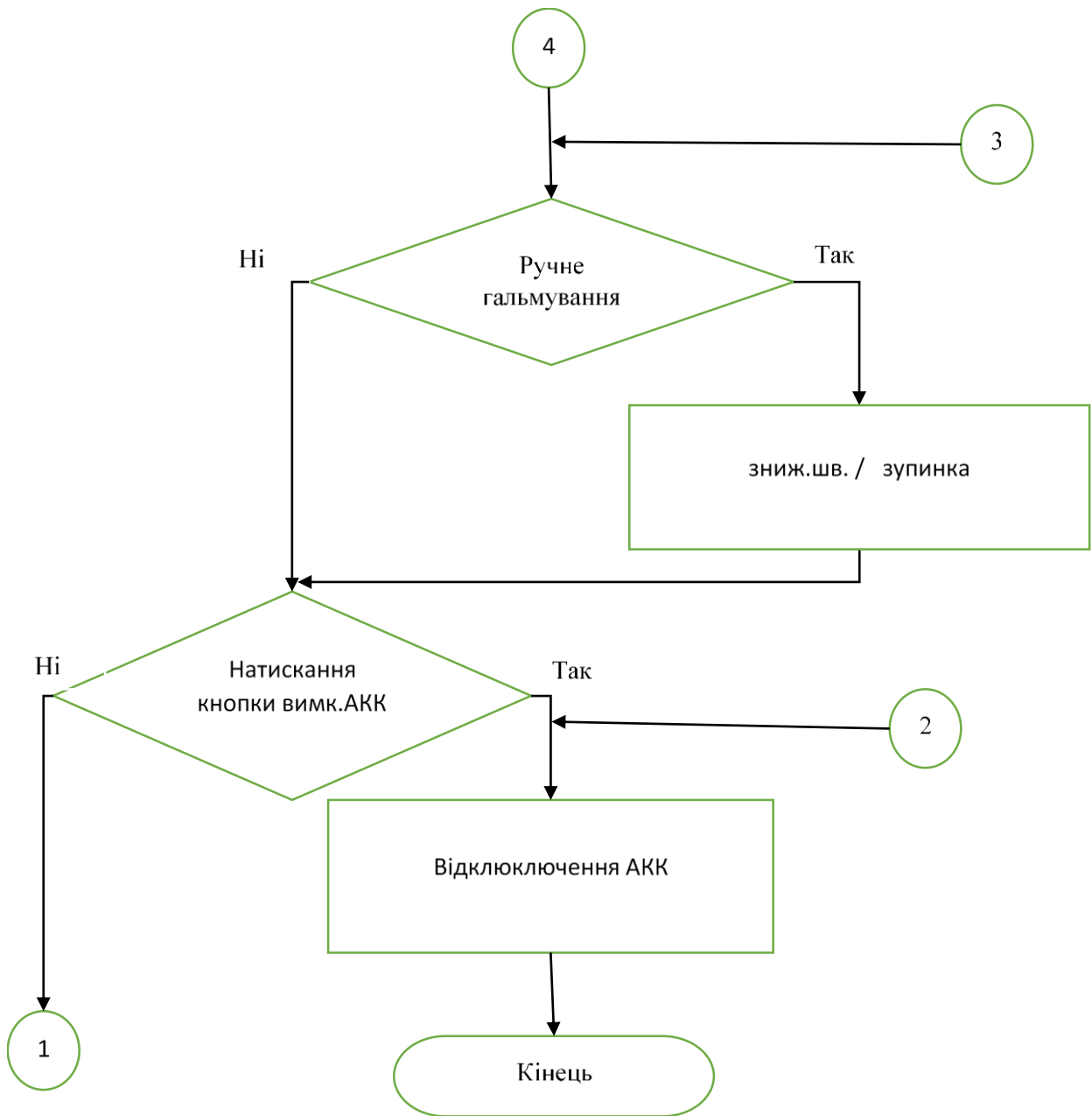


Рисунок 2.4 Перша частина блок схеми вдосконаленого алгоритма

2.4 Принцип моделювання з мережами Петрі .

2.4.1 Не формальне визначення

Мережі Петрі – математичний апарат для моделювання динамічних дискретних систем. Описані в дисертаційній роботі Карла Петрі "Kommunikation mit Automaten" на здобуття ступеня доктора наук у 1962 році. Мережа Петрі є дводольним орієнтованим графом, що складається з вершин двох типів - позицій і переходів, з'єднаних між собою дугами (рисунк2.5) . [12]

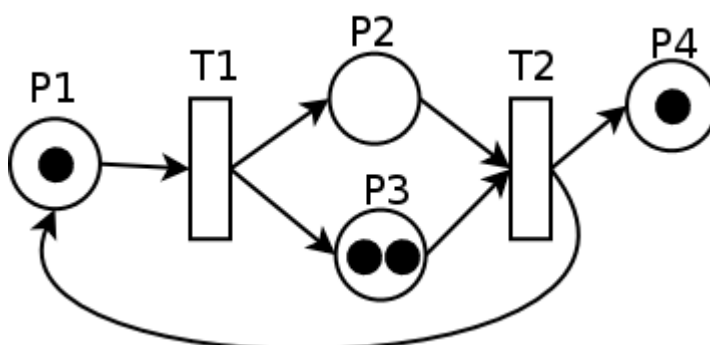


Рисунок 2.5 Приклад мережі Петрі.

Будь-яка дуга веде або від вершини-місця у вершину-перехід, або навпаки. Дуги, що з'єднують два місця або два переходи, заборонені. Місця, які не мають вхідних дуг, називаються вхідними. Місця, які не мають вихідних дуг, називаються вихідними. Кожне місце мережі Петрі може містити нуль або більше міток (маркерів, англ. Tokens). Усі мітки вважаються однаковими та невідмінними один від одного. Розподіл міток по місцях мережі називається її розміткою. Робота мережі починається з початкової розмітки. Мітки можуть переноситися з одного місця на інше. Перенесення міток виконується за наступною схемою.[12]

Перехід є активним, якщо кожне його вхідне місце містить принаймні одну мітку (точніше — по одній мітці на кожен дугу, що входить у цей перехід).

Активний перехід може спрацювати, при спрацюванні перехід поглинає по одній мітці з кожного свого вхідного місця та розміщує по одній мітці на кожне своє вихідне місце (по одній мітці на кожну вихідну дугу).

У кожен момент часу для спрацювання з усіх активних переходів вибирається недетермінованим чином один. Якщо активних переходів немає, робота мережі на цьому завершується. Припишемо кожному переходу мережі Петрі якийсь унікальний символ (наприклад, пронумеруємо їх). Послідовність символів σ , в якій i -ий символ дорівнює символу переходу, що спрацював на i -му кроці роботи мережі, називається послідовністю спрацювань мережі Петрі. Послідовність спрацювань однозначно визначає послідовність розміток μ_i , де μ_0 є початковою розміткою. Той факт, що після спрацювання t -го переходу розмітка μ перетворюється на розмітку μ' , будемо позначати коротко Мережі Петрі приклади матричного синтезу та з використанням дерева досяжності. На малюнку 0.1 показаний приклад роботи мережі Петрі для послідовності спрацювань $\sigma = [t_1, t_3]$. Активні переходи в кожному випадку позначені зірочкою. Зауважимо, що для тієї ж мережі є лише одна можлива послідовність спрацювань $\sigma = [t_1, t_2]$.

2.4.2 Формальне визначення

Формальним чином мережа Петрі визначається як четвірка

(S, T, W, μ_0) , де

- S - кінцева безліч місць ($|S| = n$);
- T — кінцева множина переходів ($|T| = m, S \cap T = \emptyset$);
- $W : (S \times T) \cup (T \times S) \rightarrow Z^+$ — мультимножина дуг;
- $\mu_0 : S \rightarrow Z^+$ — початкова розмітка мереж

Z^+ будемо позначати множину невід'ємних цілих чисел

Мережа Петрі можна поставити і у компактній векторно-матричній формі. В

цьому випадку структура мережі Петрі (тобто її граф) описується двома матрицями W^+ та W^- розміру $n \times m$, що визначають набори дуг, що ведуть від місць до переходів (матриця W^-) та назад (W^+): w_{ik}^- — це ik = числу дуг, що ведуть з i -го місця у k -ий перехід; w_{ik}^+ = числу дуг, що ведуть в i -е місце з k -го переходу. З матриць W^+ та W^- складається ще одна матриця $W = W^+ - W^-$, яка зазвичай використовується для обчислення нового стану (розмітки) мережі після застосування до неї заданої послідовності спрацьовувань. Початкова розмітка мережі задається цілим вектором μ_0 довжини n . Наприклад, для сети, показанной на рисунку 2.5, матрицы W^+ , W^- и W равны

$$W^- = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad W^+ = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad W = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix},$$

Неважко перекопатися, що для розмітки μ перехід $t_k \in T$ є активним, якщо виконується умова

$$w_k^- \leq \mu. \quad (\text{Формула 2.1})$$

В останній формулі символ w_k^- позначає k -ий стовпець матриці W^- , а порівняння двох векторів виконується поелементно (тобто вважається, що $a \leq b$, якщо кожен елемент a менший або дорівнює відповідного елемента b : $a_i \leq b_i$ для всіх можливих i). Для мережі Петрі, показаной в лівій частині малюнку 0.3, легко перевірити, що виконуються такі нерівності:

$$W_1^- \leq \mu : [1, 0, 0, 0] \leq [1, 0, 2, 1] \text{ и } W_2^- \leq \mu : [0, 1, 1, 0] \leq [1, 0, 2, 1].$$

Отже, перший перехід у цьому випадку є активним, а другий — ні.

Нехай для певної мережі Петрі задана коректна послідовність спрацьовувань σ . Позначимо за $v(\sigma)$ вектор, k -ий елемент якого дорівнює числу входження

символу t_k в σ . Наприклад, для мережі з двома переходами (рисунок 0.3) та послідовності $\sigma = (t_1, t_2, t_1)$ вектор $v = [2, 1]$. Тоді легко перевірити, що застосування послідовності σ до початкової розмітці μ призводить до розмітки μ_0 , векторне представлення якої обчислюється за такою формулою:

$$\mu_0 = \mu + W v(\sigma) \quad (\text{Формула 2.2})$$

Наприклад, застосування послідовності $\sigma = (t_1, t_2, t_1)$ до мережі, показаної в лівій частині малюнка 2.5, призведе до розмітки, яка може бути обчислена за формулою (1) таким чином

$$\mu' = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 3 \\ 2 \end{bmatrix}.$$

Видно, що результат такого векторного обчислення повністю відповідає розмітці мережі у правій частині малюнка 2.5.[13]

2.4.3 Властивості мереж Петрі

Окремі елементи мережі Петрі (місця і переходи) можуть мати різні властивості, на основі яких спочатку визначаються властивості самих мереж, та був будується та його класифікація. Найпростішим властивістю місця є кількість міток, які можуть у ньому розташовуватися. Якщо в будь-якій досяжній розмітці число міток у заданому місці буде не більше однієї (0 або 1), таке місце називається безпечним. Мережа Петрі називається безпечною, якщо всі її місця безпечні. У безпечних мережах стан кожного місця описується всього одним бітом, тому такі мережі можуть бути легко реалізовані апаратно, використовуючи ті чи інші види перемикачів (тригерів). До речі, первісний варіант визначення

мережі Петрі, даний самим Адамом Петрі, саме мав на увазі, що мережа є безпечною. Однак, для більшості програм вимога безпеки мережі є надто суворим. Його можна послабити, дозволивши кожному місцю зберігати певну обмежену кількість позначок. Суворіше, місце називається k -обмеженим, якщо в будь-якій досяжній розмітці в даному місці буде не більше k міток. Очевидно, що 1 -обмежене місце є безпечним. Місце називається обмеженим, якщо існує таке k , що це місце є k -обмеженим. Нарешті, мережа Петрі є k -обмежена, якщо будь-яке його місце є k -обмеженим, і просто обмеженою, якщо його місця обмежені. Обмежені мережі також допускають ефективну апаратну реалізацію, у якій кожне місце представляється вже лічильником (наприклад, реєстром) деякою заданою ємністю. Необмежені мережі мають, як правило, лише теоретичний інтерес. Ще однією властивістю мереж Петрі, заснованою на підрахунку числа міток, є властивість консервативності. Мережа називається консервативною, якщо число міток у будь-якій досяжній розмітці зберігається тим самим (Рівним числу міток у початковій розмітці). Така модель використовується, наприклад, у випадках, коли мітки є деякі ресурси системи, які знищуються і створюються. Ці ресурси можуть переходити від однієї частини системи до іншої, але їхня сумарна кількість у процесі роботи системи не змінюється. Неважко показати, що будь-хто перехід, який зустрічається хоча б в одній досяжній розмітці, повинен мати однакову кількість вхідних і вихідних дуг - скільки він вибрав міток, стільки він повинен їх і поставити.

2.4.4 Паралельні процеси

У стандартній інтерпретації мереж Петрі кожен перехід трактується як деякий процес, який бере свої вхідні дані із вхідних місць, обробляє їх певним чином та поміщає результат у свої вихідні місця. Проте, природа цих процесів, зокрема, їх тривалість, не конкретизується. Хоча мережі Петрі мають необхідний потенціал для моделювання паралельно процесів, що відбуваються, очевидно, що

говорити про паралельність процесів має сенс тільки тоді, коли вони мають певну тривалість.[14]

2.4.5 Послідовне оброблення процесів

У найпростішому варіанті мережа Петрі може розглядатися як послідовний пристрій, робота якого полягає в реалізації деякої послідовності спрацьовувань. Така інтерпретація має сенс у кількох випадках. Наприклад, якщо у моделі передбачається безперервне час, а тривалість спрацьовування переходу є нульовою, то можливість одночасного спрацьовування двох переходів може вважатися рівною нулю. Очевидно, що в цьому випадку важливим виявляється саме порядок (послідовність) спрацьовування переходів. Послідовна інтерпретація роботи мережі Петрі застосовується також у тих випадках, коли всі процеси (переходи) обробляються тим самим пристроєм (виконавцем). Прикладом такого роду системи може бути однопроцесорний комп'ютер, у якому виконується відразу кілька різних процесів. Ці процеси логічно можуть бути не пов'язаними один з одним (і розглядатися користувачем як паралельні), однак, реалізуються ці процеси у системі суворо послідовно один за одним.

2.4.6 Паралельна обробка процесів

Адекватнішою в багатьох випадках є інтерпретації мереж Петрі, у яких процеси можуть оброблятися одночасно. У стандартній моделі такої мережі передбачається, що час спрацьовування всіх Переходи є однаковими. Для простоти вважатимемо, що цей час дорівнює одиниці. Також припустимо, що спрацювання будь-якого переходу проводиться в цілий момент часу. Таким чином, час у моделі виявляється дискретним, його відлік будемо вести з нульового моменту. (Початкова розмітка). А, щоб описати паралельне поведінка мережі Петрі, необхідно визначити поняття конфлікту. Конфліктом у мережі

Петрі називається ситуація, коли одразу кілька активних переходів претендують на одну мітку деякого місця. При послідовному спрацьовуванні переходів конфлікти не враховуються, але при паралельній інтерпретації потрібен певний метод їх вирішення. Приклад конфлікту показаний рисунку 2.6, у якому переходи t_1 і t_2 конфліктують через загальну мітку у місці p . [12]

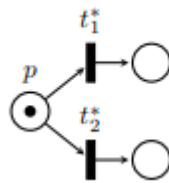


Рисунок 2.6 Приклад конфлікту у мережі Петрі

Стандартна схема паралельної обробки переходів у мережах Петрі виглядає наступним чином: з усіх активних на даний момент часу переходів вибирається деяке їхнє безконфліктне підмножина (ніякі два з обраних переходів не мають взаємного конфлікту); всі ці переходи спрацьовують одночасно. Як і вище, якщо активних переходів немає, то мережа завершує свою роботу

2.5 Висновки по розділу

В цьому розділі були описані базовий алгоритм і вдосконалений, та побудовані їх блоксхеми. Вдосконалений алгоритм відрізняється дією після повороту чи гальмування. Таке рішення призведе прискорення роботи в середовищах, які потребують частих зупинок і поворотів мобільного робота. Також був описано метод моделювання мережами Петрі, який буде застосований в наступному розділі.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕРЕЖ ПЕТРІ

3.1 Моделювання алгоритма адаптивного круїз контролю

Наша початкова позиція P1, в позиції P1 є маркер коли адаптивний круїз контроль вимкнено. Переходом t1(ввімкненням) маркер переходить в P2 означає що адаптивний круїз контроль ввімкнено і він очікує встановлення швидкості. P3 активується коли швидкість встановлена перехід t2. Перехід t3 маркер може перейти в P4 і P5. Якщо він перейде в P5 це буде означити що система знайшла несправність і переходом t7 перейде в позицію P1 що означає вимкнення. Якщо з P3 вона перейде в P4 це свідчить що система справна і вона почне здійснювати пошук об'єктів попереду. Перехід в P86 відбувається коли шлях вільний, після переходить в P10. Перехід в позицію P7 означає був зафіксований об'єктів попереду, почався вимірювання відстані. P8, відстань визначена, враховується швидкість яка не дозволить зіштовхнутись. P9 Швидкість зменшує до необхідної. З Пункта P10 маркер може піти двома шляхами, маркер перейде P12 якщо гальма були натиснуті і в P11 якщо ні. З позиції P11 є лише один перехід в P1, що означає виключення. З P11 маркер піде в P1 якщо кнопка вимкнення АКК натиснута і P3 якщо ні.

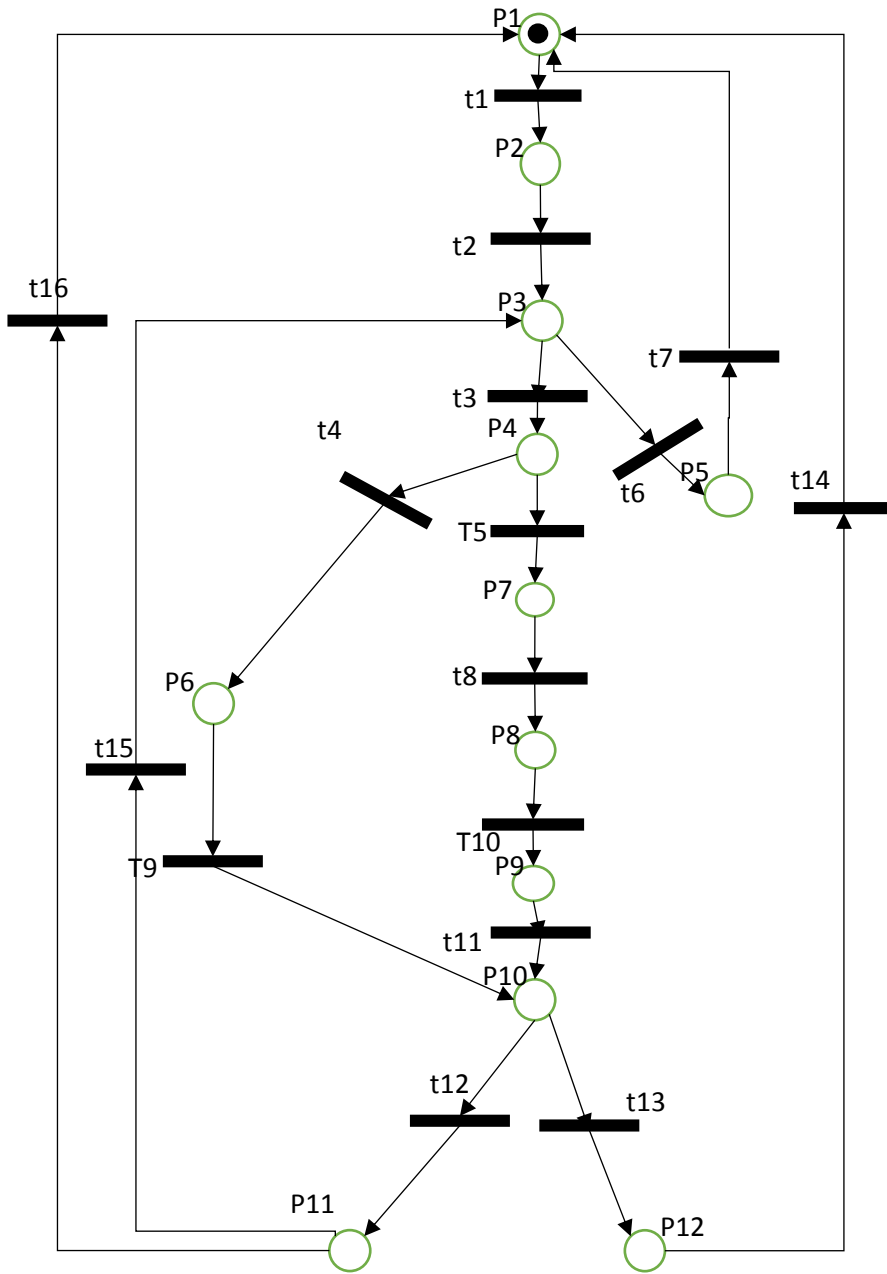


Рисунок 3.1 Модель мережі Петрі базового алгоритму.

3.2 Моделювання вдосконаленого алгоритму

У відповідності до алгоритму описаного раніше змінюємо модель Петрі. Тепер P12 має перехід в позицію P11. (Рисунок. 3.2). Оскільки далі буде відбуватись робота з матрицями, для зручності буде корисно створити граф розмітки, це граф вершинами якого є розмітки а дуги відповідають переходам.

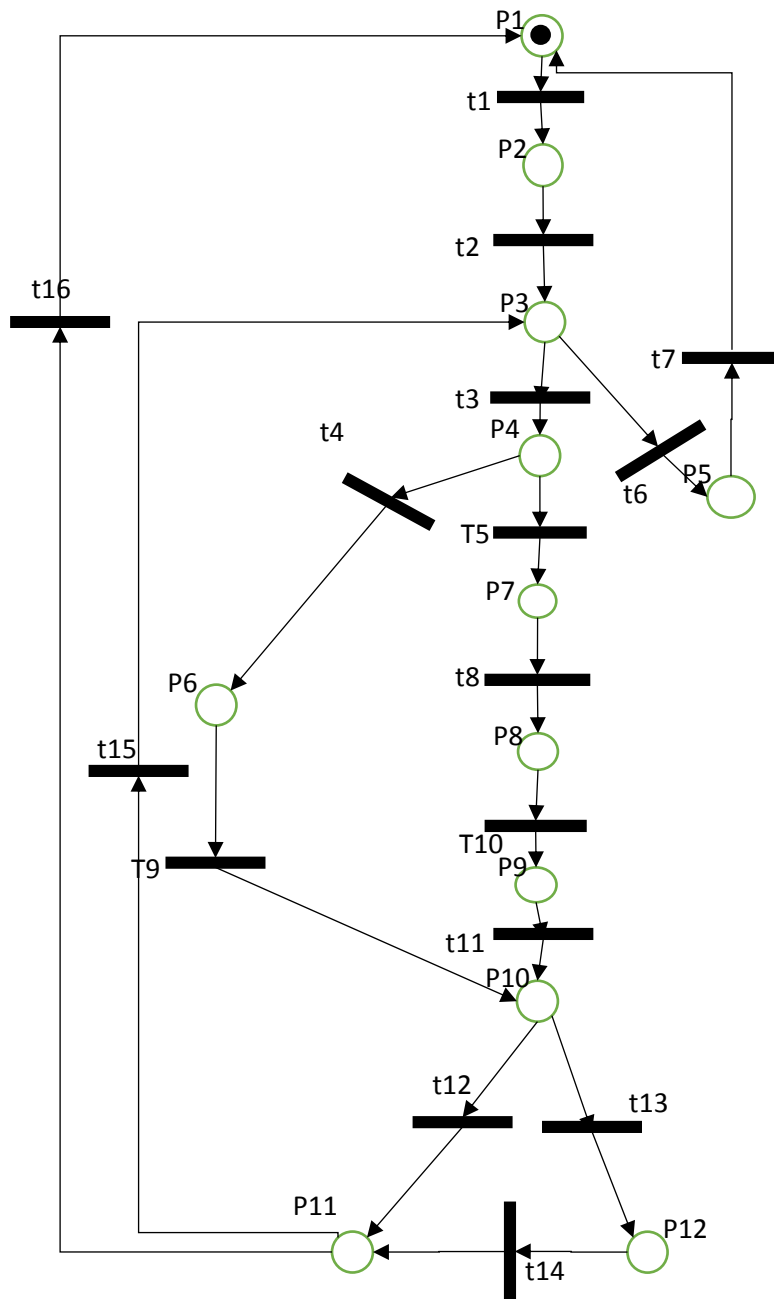


Рисунок 3.2 Модель мережі Петрі вдосконаленого алгоритму

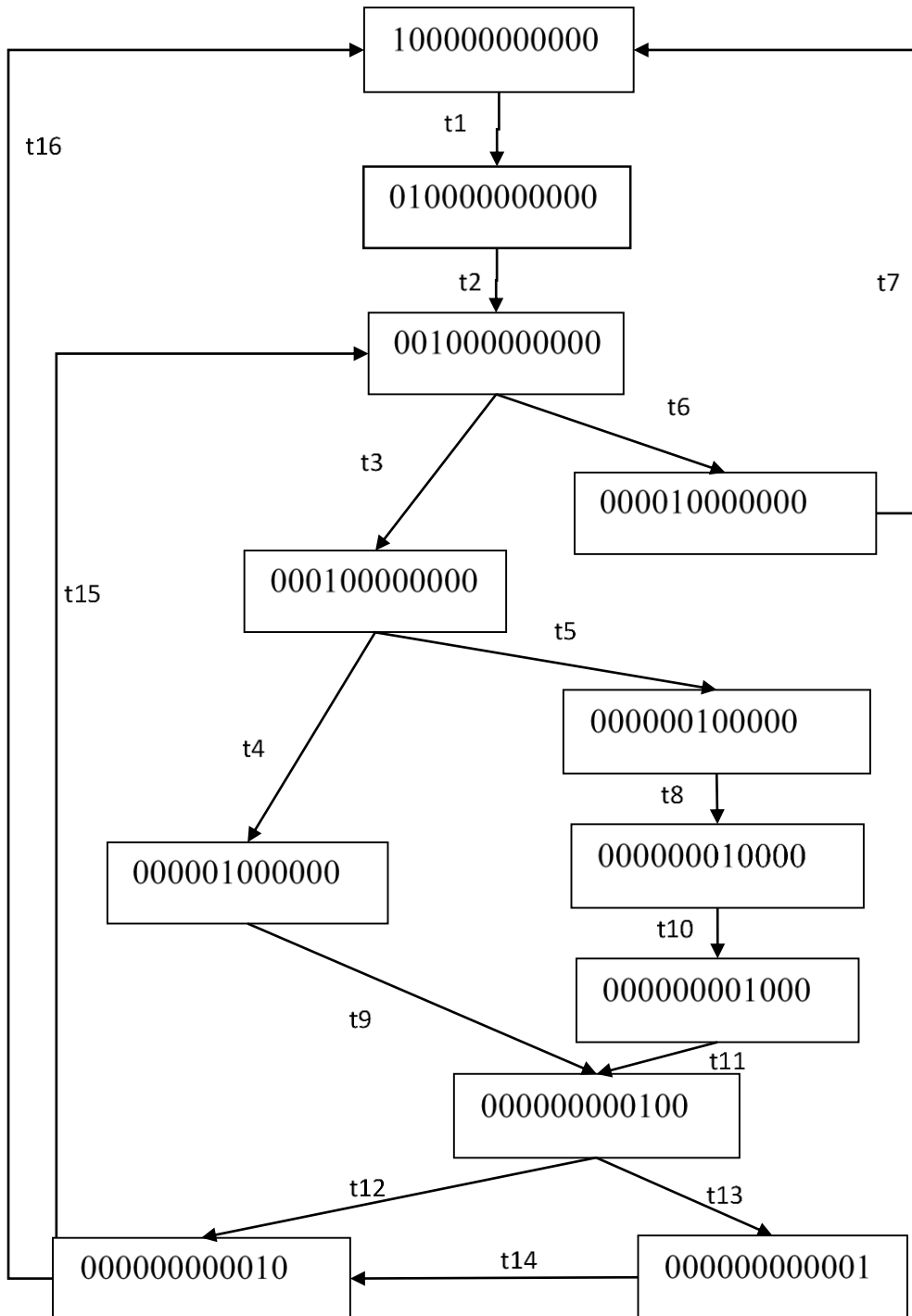


Рисунок 3.3 Граф розміток мережі Петрі

3.3. Векторно-матрична форма мережі Петрі.

B^- і B^+ матриці вхідних і вихідних інцидентів розміром $m \times n$ де n число переходів, а m число позицій. Матриця B матриця, інцидентності. $B = B^+ - B^-$.

$$B^- = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B^+ = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Розрахунок можливості переходів.

Переход можливий якщо $Y_i \leq M_i$, де $Y_i = B^{-1} \cdot t_i$ а M_i це вектор положення мітки.

$$M_{15} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0];$$

$$Y_{15} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0]$$

$$M_{16} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0];$$

$$Y_{16} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0];$$

Розрахунок переноса мітки.

E_i це вектор позиції в яку переміститься мітка з позиції M_i через перехід t_i .

$$E_i = B * t_i + M_i.$$

Для вдосконаленого алгоритма час виконання буде дорівнювати: $T_1+T_2+T_3+T_5+T_8+T_{11}+T_{13}+T_{14}+T_{15}+T_3$. З цього можна зробити висновки що вдосконалений алгоритм став швидший на час $T_1+T_2 -T_{15}$, однак t_{15} це перехід програми в цикл який виконується за долю секунди, а T_1+T_2 це час увімкнення і налаштування швидкості ,ці процеси залежать від оператора, і зважаючи на фізичні властивості людини є сутєво більшими за T_{15} .

ВИСНОВОКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи проведено аналіз предметної області, проаналізовано існуючі аналоги. Побудована модель алгоритма адаптивного круїз контролю, методом мереж Петрі . Було вдосконалено

процедуру круїз контролю. Новий алгоритм був з модельованими мережами Петрі, були проведені матричні рівняння, які описують зміну векторів при здійсненні переходу мітки в мережі

Новий алгоритм коротше за попередній на один крок. Його перевага полягає в тому що при повороті чи гальмуванні адаптивний круїз контроль не вимикається а залишається ввімкнутою, і після відпускання кнопки гальмування розганяється до встановленої швидкості, при цьому у оператора залишається можливість вимкнути круїз контроль в ручну. Це особливо корисно для керованих мобільних роботів, яким тоєба багато пересуватись в різних напрямках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bhatia P. Vehicle Technologies to Improve Performance and Safety [Електронний ресурс] / Pratish Bhatia. – 2003. – Режим доступу до ресурсу: <https://web.archive.org/web/20031011103348/http://www.uctc.net/papers/622.pdf>.

2. Adaptive cruise control explained [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://everything.explained.today/Adaptive_cruise_control/#Ref-8.
3. SAXENA A. Why Automotive Companies Should Adopt RADAR-based ADAS Systems [Электронный ресурс] / ANSHUL SAXENA // 2019 – Режим доступа до ресурсу: <https://www.einfochips.com/blog/why-automotive-companies-should-adopt-radar-based-adas-systems/>.
4. Girard, A. Intelligent cruise control applications: Real-time embedded hybrid control software / A. Girard,, S. Spry,, K. Hendrick, // Robotics Automation Magazine / A. Girard,, S. Spry,, K. Hendrick,, 2005. – С. 22 – 28.
doi: 10.1109/MRA.2005.1411415
5. Nagappan S. Adaptive Cruise Control: Laser Diodes as an Alternative to Millimeter-Wave Radars [Электронный ресурс] / Sevugan Nagappan // Electronic Design. – 2005. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.electronicdesign.com/markets/automotive/article/21797633/adaptive-cruise-control-laser-diodes-as-an-alternative-to-millimeterwave-radars>.
6. Yoshinori Y. Development of an adaptive cruise control system with stop-and-go capability / Y. Yoshinori, T. Masahiko, T. Murakami,, 2001. SAE Technical Paper 2001-01-0798 .
7. Howard B. What is adaptive cruise control, and how does it work? [Электронный ресурс] / Bill Howard // Eextreme tech. – 2013. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.extremetech.com/extreme/157172-what-is-adaptive-cruise-control-and-how-does-it-work>.
8. Canete K. What Is Adaptive Cruise Control? [Электронный ресурс] / Keith Canete // Car and driver – Режим доступа до ресурсу: <https://www.caranddriver.com/research/a32813983/adaptive-cruise-control/>.
9. Rudolph G. Three Sensor Types Drive Autonomous Vehicles [Электронный ресурс] / G. Rudolph, U. Voelzke // Fierce Electronics. – 2017. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.fiercееlectronics.com/components/three-sensor-types-drive-autonomous-vehicles>.

10. Ramsey J. New Honda smart cruise control predicts other motorists' future idiocy [Электронный ресурс] / Jonathon Ramsey // Autoblog. – 2015. – Режим доступа до ресурсу: https://www.autoblog.com/2015/01/14/new-honda-smart-cruise-controlpredictsothermotoristsfuture/?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly91bi53aWtpcGVkaWEub3JnLw&guce_referrer_sig=AQAAAJu7lStg07k5ZnTXQCHbBrfac66qn8MZypNEnwRjhq8Ehlyyq2h3yuhSgMtvijRhdTADXx4L3_zQsRUsKD5dVul127_egGkpjyVOVj2eSpYpCPBdJLIE5CR58-xiuAuPVax-XESDa6U2_KIXQsud6uZuuhC4KEcZIlusSXi2PI.

11. Design of the Adaptive Cruise Control Systems: An Optimal Control Approach :дис. doctor of philosophy in mechanical engineering / Kim Sanggyum, 2012. – 155 с.

12. В. Котов, Сети Петри, М.: Наука, 1984.

13. А. А. Марков, Н. М. Нагорный, Теория алгоритмов, М.: Наука, 1984

14. Achasova, O. Bandman, V. Markova, et al., Parallel Substitution Algorithm. Theory and Application., Singapore: World Scientific, 1994.