

**ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЬНОГО
ТРАНСПОРТУ**

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	3
ВСТУП.....	4
1. РОЗВИТОК ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ	5
2. ОСНОВНІ КОМПОНЕНТИ ДЛЯ РОЗРОБКИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ БАЗОВИХ ПІДСИСТЕМ УПРАВЛІННЯ АВТОМОБІЛЕМ.....	13
3. АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ АКСЕЛЕРАЦІЄЮ, ГАЛЬМУВАННЯМ І ПЕРЕМИКАННЯМ ПЕРЕДАЧ.....	19
ВИСНОВКИ	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	29

АНОТАЦІЯ

Об'єкт дослідження –інтелектуальна система вантажного автомобіля

Мета роботи –розгляд існуючих проблем пов'язаних з підвищенням ефективності експлуатації автомобілів, розгляд існуючих інтелектуальних систем автомобілів, визначення оптимального набору сенсорів для системи автоматичного управління.

Метод дослідження - схематичне моделювання інтелектуальних систем управління автомобілем.

Проведено аналіз існуючих і розроблюваних інтелектуальних систем транспортних засобів, який показав загальносвітову тенденцію і необхідність в застосуванні інтелектуального транспорту в різних областях промисловості, сільського господарства і транспортних комунікацій.

Проведено аналіз систем автономного управління та математичного моделювання, що підтверджує актуальність використання інтелектуальних автомобілів.

Визначено найбільш ефективна схема безпілотного автомобіля з оптимальний набір сенсорів для системи автоматичного управління. Обґрунтовано вибір технічних рішень для реалізації систем управління інтелектуальним автомобілем.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА, БЕЗПІЛОТНИЙ АВТОМОБІЛЬ,
СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, НАБІР СЕНСОРІВ,
ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, АВТОНОМНЕ УПРАВЛІННЯ

ВСТУП

В останні роки в автомобілебудуванні приділяється велика увага питанням автоматизації. При цьому, як правило, мова йде про створення локальних автоматичних систем, наприклад, пристроїв автоматичного упорскування палива і турбонаддува, автоматичної трансмісії, антиблокувальних систем і т.п., Що істотно спрощує роботу водія. Проте, обсяги інформації, що надходять від окремих функціональних вузлів автомобіля і з навколишнього середовища такі, що часто перевершують можливості водія по оперативному аналізу цієї інформації і, як наслідок, прийняття відповідних рішень. Тому все більш актуальними стають завдання автоматизації управління автомобілем в цілому. Здійснювана на сьогоднішній день автоматизація автомобіля практично не стосується основних функцій водія - управління рухом автомобіля, забезпечення ефективної роботи і безпечного руху автотранспорту.

До числа функцій водія, автоматизація яких є найбільш важливою, відносяться: вибір маршруту руху; вибір оптимального за витратами палива режиму роботи двигуна і основних агрегатів автомобіля; дотримання правил дорожнього руху (оптимальної швидкості і дистанції до попереду автомобіля, що йде, порядку руху в колоні і т.п.); своєчасне виявлення і розпізнавання дорожніх знаків і перешкод на шляху руху і реагування на них; контроль технічного стану автомобіля та ін.

1. РОЗВИТОК ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Сучасні автомобілі мають телематичні модулі супутникової навігації, вбудовані бортові системи діагностування майже всіх технічних систем, адаптоване керування робочими процесами, розпізнавання і коригування паливної суміші, регулювання витрати пального в ДВЗ. Високий технічний рівень виробництва автомобілів дає можливість підвищити ресурс, технічну й екологічну безпеку, надійність, контролювати дії водія, коригувати періодичність та норми ТО порівняно з традиційними конструкціями автомобілів. Вантажні автомобілі з автоматичним керуванням мають широке призначення (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Класифікація інтелектуального автомобіля за призначенням

Види, кількість і якість засобів автоматизації керування транспортним засобом залежить від потрібного рівня:

- Перший – система допомагає в керуванні водію (адаптивний круїз-контроль, система попередження про з’їзд зі смуги руху);

- Другий – часткова автоматизація (керування автомобілем: прискорення, пригальмування тощо);
- Третій – високий рівень автоматизації (впевнене керування автомобілем за містом: траса, автобан);
- Четвертий – повна автоматизація (впевнене керування автомобілем у місті та за містом);
- П'ятий – без участі людини.

Безпілотний вантажний автомобіль орієнтується завдяки камерам і датчикам (рис. 1.2):

1. Датчики (1) встановлені по всьому периметру вантажівки. Вони визначають якість дороги і умови (наприклад, наскільки погіршилися умови через дощ). Також можуть попередити про зіткнення (як парктронік).

2. Камери (2) розташовані на даху, в кабіні (за лобовим склом), на передньому бампері і з боків. Розташування може змінюватися в залежності від модифікації. Камери стежать за дорогою. Можуть бачити в темряві і при поганій погоді.



Рисунок 1.2 – Схема керування автомобілем

Сигнали з камер, датчиків і радара надходять в бортовий комп'ютер в кабіні, і система вибирає з заздалегідь прописаних сценаріїв дій: гальмування, поворот і т.п. Комп'ютер подає сигнал на блок управління.

Безпілотний вантажний автомобіль вміє:

- розпізнавати перешкоди на дорожньому полотні з відстані 70-100 м (в залежності від погоди);
- здійснювати прості маневри типу змійка, розворот і поворот;
- рухатися в автоколоні (рис. 1.3);
- зупинятися перед перешкодами;
- розуміти дорожню розмітку і знаки та
- розвивати швидкість до 60 км/год.



Рисунок 1.3 – Рух безпілотного вантажного автомобіля в автоколоні

Система автоматизації являє собою комплекс датчиків і приймачів випромінювань різних видів і діапазонів для установки практично на будь-який колісній машині до перетворення її в безпілотне транспортний засіб. Керування автомобілем здійснюється на основі команд, що виробляються на основі даних функціональних систем.

Головні завдання, які розробникам безпілотних автомобілів необхідно вирішити, зводяться до наступних:

- визначення власного місця розташування на дорозі / місцевості;
- моніторинг і аналіз дій оточуючих рухомих і стаціонарних об'єктів;
- інформаційну взаємодію з елементами навколишнього дорожньої обстановки, диспетчерським центром, службою технічного забезпечення;
- дотримання швидкісного режиму потоку, рядності, безпечної дистанції руху;
- екстрене гальмування або зміна траєкторії руху для запобігання ДТП.

Інтелектуальні автомобільні системи розвиваються паралельно з розвитком ІТ-технологій в світі. Основним завданням проектування автомобілів

є здатність оновлень даних інтелектуальних систем через єдиний інформаційний простір.

Програмне забезпечення в автомобілі складається з безлічі компонентів (рис. 1.4). Як і у випадку з персональним комп'ютером, розрізняють «сприймаються функції» програмного забезпечення, прикладне програмне забезпечення і платформне програмне забезпечення, частково залежить від апаратної частини. Взаємодія між усіма функціями визначається в архітектурі. Тут можуть бути різні відображення. Статичне відображення ієрархічно описує функціональні групи, сигнали і розподіл ресурсів. З іншого боку, функціональне відображення описує проходження сигналу через різні функції. Динамічне відображення, тобто залежне від часу, аналізує відгук при виконанні різних завдань. Вже на ранньому етапі введені стандарти для забезпечення взаємодії між окремими компонентами і їх подальшого розвитку. Найбільш важливі стандарти описані нижче.

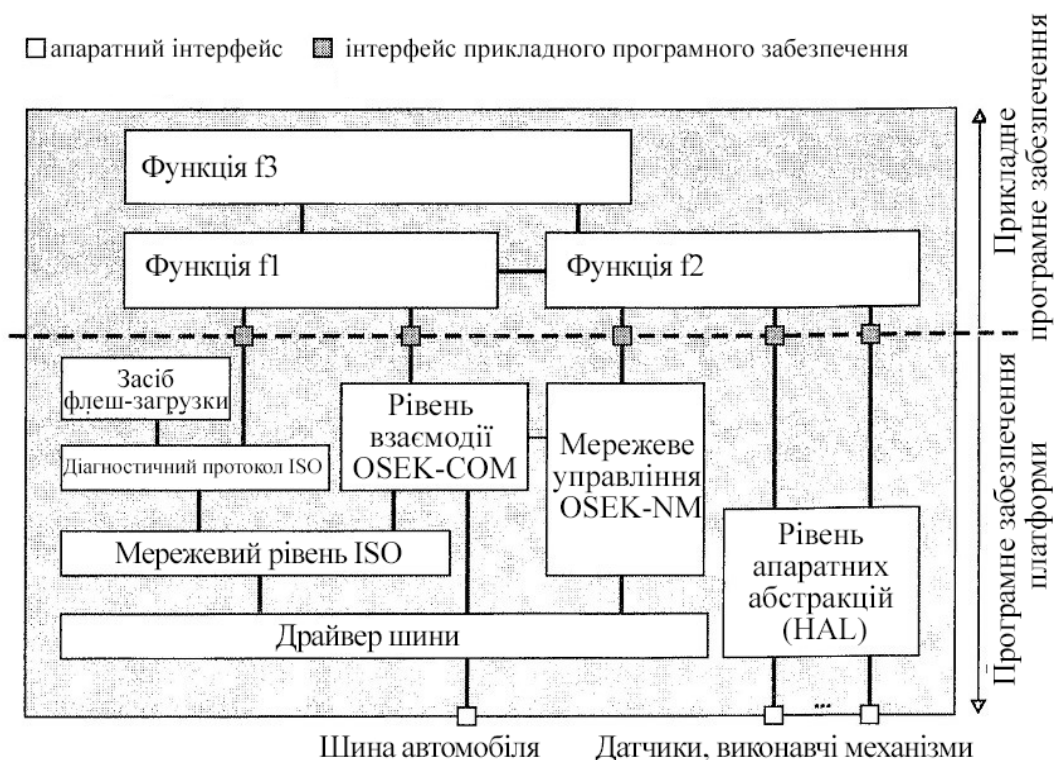


Рисунок 1.4– Основні компоненти програмної архітектури для мікроконтролерів і стандартизованих програмних компонентів

Асоціація стандартизації автоматизованих і вимірювальних систем (ASAM) займається стандартизацією в автомобільній промисловості стосовно моделям даних, інтерфейсів і синтаксису. ASAM розробила різні стандарти для підключення ЕБУ до комп'ютера або терміналу введення даних. Стандарт ASAM-MCD1 (MCD - вимір, калібрування і діагностика) підтримує різні протоколи передачі даних. При використанні специфікацій ASAM-MCD2 можна звертатися до двійковим даними в ЕБУ і одночасно відображати відповідні дані у вигляді фізичних значень і обробляти їх. Стандарт ASAM-MCD3 також дозволяє автоматизувати такі процеси, наприклад, для автоматичного калібрування даних. Є й інші стандарти ASAM, які регламентують, наприклад, обмін функціональними описами і даними (рис. 1.5).

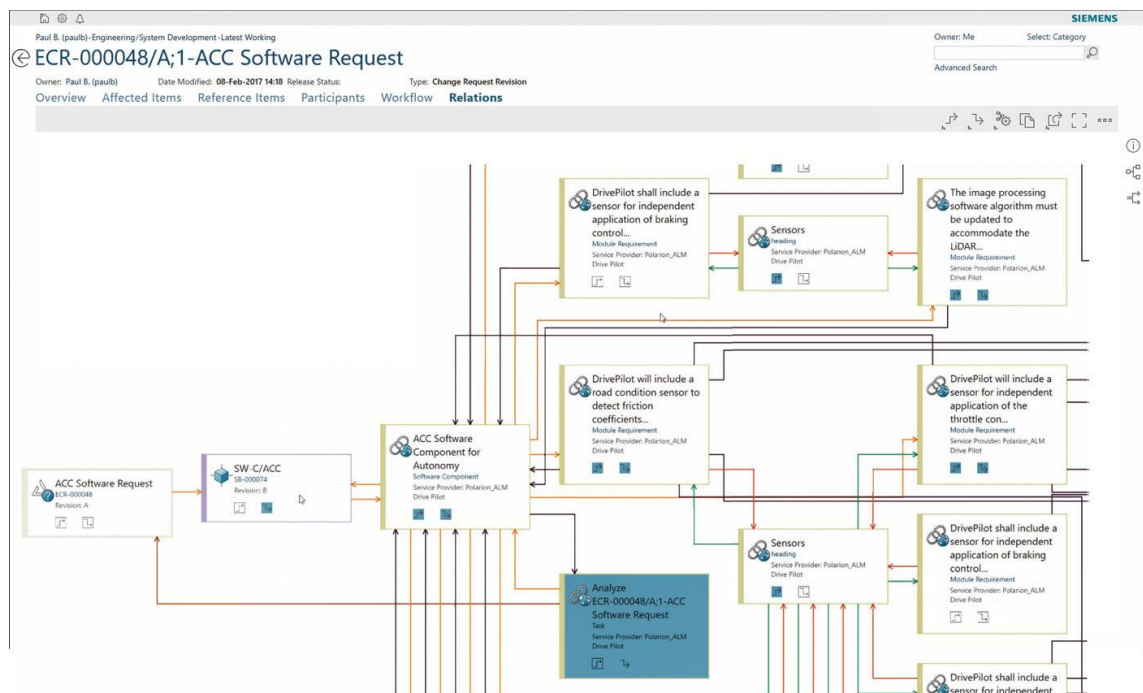


Рисунок 1.5—Графічне представлення взаємозв'язків між конструкцією виробу і його програмним забезпеченням

Консорціум FlexRay розробив специфікацію для польової шини FlexRay для регулювання по розімкненим і замкнутому (зі зворотним зв'язком) циклу в

автомобілях. Завдяки високій швидкості передачі даних із запрограмованим арбітражем шини і відмовостійкої конструкції вона особливо підходить для використання в системах активної безпеки і в системі приводу.

Міжнародна електротехнічна комісія (IEC) встановлює стандарти в галузі електротехніки та електроніки. IEC пропонує три системи аналізу, за допомогою яких можна перевірити відповідність міжнародним стандартам. IEC працює в тісній взаємодії з міжнародною організацією зі стандартизації (ISO), міжнародним телекомунікаційним союзом (ITU) і численними органами стандартизації (в тому числі Інститутом інженерів-електриків і електроніків, IEEE).

Асоціація розробників програмного забезпечення для автомобілів (MISRA) – організація в автопромисловості, що встановлює правила для розробки і впровадження надійного програмного забезпечення в автомобільних системах. Найвідомішим є стандарт програмування MISRA-C, розроблений компанією MISRA. Він наказує правила надійного програмування на мові C. Мета цього стандарту - уникнути помилок періоду виконання і виникнення слабких місць в структурі через нерозуміння між програмістами, і захистити правильність виразів. Багато правила можуть автоматично перевірятися і враховуватися при генеруванні кодів.

Застосування автороботів призводить до високої ефективності перевезень, підвищення пропускної спроможності, підвищення середньої швидкості руху та інше, економія палива, підвищення безпеки руху.

Перелік промислових технологій з програмного забезпечення:

1. Алгоритми розпізнавання дорожньої обстановки в реальному часі:
 - обробка відеопотоку і розпізнавання та класифікація навколишніх об'єктів;
 - обробка і розпізнавання звукових сигналів і керуючих команд;
 - обробка даних зі скануючих сенсорних систем (лазерних, радарів, ультразвукових);
 - обробка даних діагностики та моніторингу систем автороботів.

2. Алгоритми системи управління роботом в реальному часі:

- об'єднання даних сенсорних систем, технічного зору, навігації, самодіагностики;
- ухвалення рішення про подальший рух і обробка колійного завдання;
- вироблення управляючих сигналів на мехатронні виконують системи автомобіля.

3. Алгоритми обробки і передачі телеметричної інформації на оператора-контролера

- зшивання відеозображення кругового огляду в 360°;
- доповнена реальність (накладення додаткової інформації для оператора на відеопотік);
- відображення тактичних карт і взаємодія робота в складі групи, підрозділи.

Перелік промислових розробок зі створення систем управління автомобілем, енергоефективні компоненти:

1. Розробка енергоефективної версії ДВЗ, що входить до складу комбінованої енергоустановки, що оснащується магнітними штовхачами клапанів ГРМ з вбудованим генератором, відключення циліндрів на часткових навантаженнях, електротурбокомпресором (можливо механічний компресор з електроприводом першого ступеня), електротурбокомпаундом, масляний насос змінної продуктивності з електроприводом, термоелектричним рекуператором тепла вихлопних газів по циклу Ренкіна, термоелектричним рекуператором тепла вихлопних газів по прин ІПУ Зейбека, вентилятор системи охолодження з електроприводом, насос ГУР з електроприводом;

2. Розробка електромеханічного підсилювача рульового управління;

3. Розробка пневмокомпресору з електроприводом, що відрізняється високими питомими показниками, для електричних транспортних засобів (ТЗ), що відключається пневмокомпресор для гібридних ТЗ;

4. Розробка інноваційних провідних матеріалів електричних високовольтних систем дозволяють знизити матеріалоемність і втрати енергії в

провідниках; розробка джгутів проводів з урахуванням інноваційних матеріалів;

5. Розробка пневматичних шин з низьких опором коченню;

6. Розробка системи управління автомобілем оснащеного тяговим електроприводом або гібридним приводом, побудованої на інноваційних алгоритмах і логіці управління досягти максимальної енергоефективності та екологічності. Розробка програмного забезпечення та апаратної частини для одиночних автомобілів і автопоїздів;

7. Розробка системи управління розширником, побудованої на інноваційних алгоритмах і логіці управління дозволяють досягти максимальної енергоефективності та екологічності. Розробка програмного забезпечення та апаратної частини.

8. Розробка програмного забезпечення дозволяє моделювати гібридні й електричні системи.

2. ОСНОВНІ КОМПОНЕНТИ ДЛЯ РОЗРОБКИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ БАЗОВИХ ПІДСИСТЕМ УПРАВЛІННЯ АВТОМОБІЛЕМ

Двигуни постійного струму завдяки наявності механічного перетворювача частоти - колектора - допускають плавне і економічне регулювання частоти обертання. Ця перевага перед двигунами змінного струму забезпечує застосування двигунів постійного струму в електроприводах з широким діапазоном зміни частоти обертання. Двигуни постійного струму знаходять застосування в приводах прокатних станів, верстатів, на транспорті і у всіляких системах автоматизованого електроприводу.

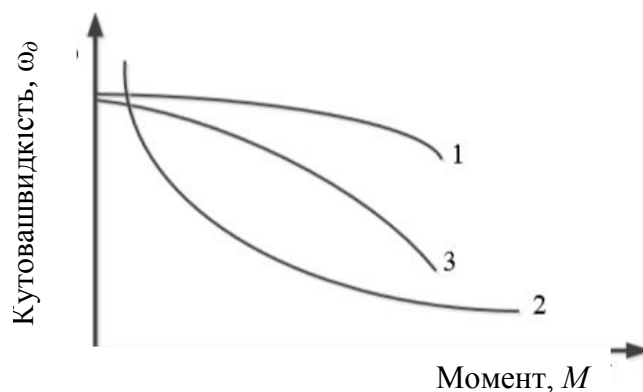
Основні вимоги, що пред'являються до виконавчих двигунів постійного струму: лінійність механічних характеристик і забезпечення стійкості роботи у всьому робочому діапазоні кутових швидкостей; лінійна залежність кутової швидкості обертання ротора від електричного сигналу управління і широкий діапазон регулювання швидкості; відсутність самоходу (явище самоходу полягає в тому, що двигун продовжує розвивати крутний момент і його ротор продовжує обертатися при знятому сигналі управління); високу швидкодію; мала потужність управління при значній механічній потужності на валу (вимога викликана обмеженою потужністю джерел сигналу управління, в основному електронних).

Залежно від способу збудження розрізняють двигуни постійного струму з незалежним, паралельним, послідовним і змішаним збудженням.

У двигунах послідовного збудження струм збудження дорівнює струму якоря, тобто

$$M = k I \Phi, \quad (2.1)$$

де M – момент, що розвивається двигуном; k – коефіцієнт, що залежить від конструктивних параметрів двигуна; I – ток в якорного ланцюга двигуна; Φ – магнітний потік.



1 - паралельне збудження; 2 - послідовне збудження; 3 - змішане збудження при згодному включенні обмоток

Рисунок 2.1 - Механічні характеристики двигунів постійного струму

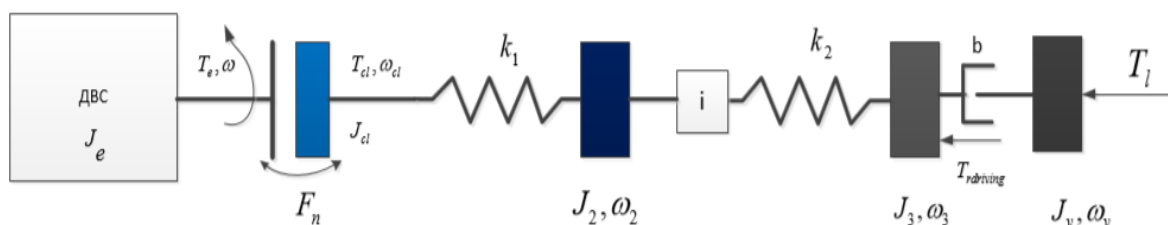
У двигунах паралельного збудження момент пропорційний потоку, а в двигунах послідовного збудження - квадрату струму, тому двигуни послідовного збудження мають великий пусковий момент і велику перевантажувальну здатність.

Двигуни послідовного збудження через особливості своєї механічної характеристики не можуть застосовуватися в електроприводах, в яких можливе зменшення моменту опору до нуля, що призведе до зменшення струму в якорі і зниження потоку, і двигун в даному випадку піде в рознос. При цьому збільшиться частота обертання, і машина може вийти з ладу.

Вибір електроприводу постійного струму для реалізації керованого електромеханічного приводу зчеплення, газу і гальмування автомобіля обумовлений такими перевагами двигунів постійного струму: гнучкість - двигуни за своїм устроєм допускають плавне регулювання швидкості в широких межах; велика допустима перевантаження по струму дозволяє створювати двигуни з високою перевантажувальною здатністю та можливість позиціонування елементів приводу зчеплення з великою точністю (до декількох міліметрів), що необхідно для ефективного управління зчепленням.

В даному розділі представлений огляд різних елементів трансмісії (рисунок 2.1) і принципів їх функціонування з метою оптимального вибору

елементів для управління системи зчеплення. У даній моделі можна виділити наступні компоненти: двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ), привід зчеплення, коробка перемикавання передач (КПП), привід коліс. Крім цього, при аналізі необхідно враховувати зовнішні сили.



T_e, T_d – крутний момент двигуна і ведучого диска зчеплення відповідно; T_l – крутний момент навантаження; $T_{driving}$ – момент опору обертанню; J_e – момент інерції вала ДВЗ; J_d – момент інерції ведучого вала зчеплення; J_2 – момент інерції вала КПП; J_3 – момент інерції ведучих коліс; J_v – момент інерції автомобіля; F_n – сила тертя, спрямована по нормалі, з якої впливають один на одного диски зчеплення; k_1 і k_2 – коефіцієнти жорсткості торсіонних з'єднань; i – передавальне число КПП; b – коефіцієнт сили тертя між колесами і дорогою, який визначається як сила лінійного гальмування

Рисунок 2.1 - Розрахункова динамічна схема трансмісії автомобіля з фрикційним зчепленням

Двигун внутрішнього згоряння. В даний час двигун внутрішнього згоряння є основним видом автомобільного двигуна. Двигуном внутрішнього згоряння (ДВЗ) називається теплова машина, що перетворює хімічну енергію палива в механічну роботу.

Залежно від виду застосовуваного палива розрізняють наступні поршневі ДВЗ: бензинові двигуни та дизельні двигуни.

Принцип роботи двигуна внутрішнього згоряння заснований на ефекті теплового розширення газів, що виникає при згорянні паливно-повітряної суміші і забезпечує переміщення поршня в циліндрі.

Робота поршневого ДВЗ здійснюється циклічно. Кожен робочий цикл відбувається за два оберти колінчастого вала і включає чотири такту (чотиритактний двигун): впуск; стискування; робочий хід; випуск.

Двигун внутрішнього згоряння розвиває крутний момент T_e , вал якого обертається з кутовою швидкістю ω і з'єднаний з ведучим диском зчеплення.

Фрикційне зчеплення за рахунок тертя ведучого і веденого дисків передає крутний момент T_{cl}

$$T_e = [0, T_{max} - 5 \cdot 10^{-4} (\omega_{T_{max}} - \omega)^2], \quad (2.2)$$

де T_{max} – крутний максимум моменту на валу двигуна ДВЗ.

Зчеплення. Існує два основних типи автомобільного зчеплення: «сухе» і «мокре». При використанні «мокрого» зчеплення фрикційні диски занурені в масло і їм же наводяться в дію, в той час як в «сухому» зчепленні масло відсутній. В «сухому» зчепленні привід є, як правило, механічним.

Для того щоб описати зчеплення математично, ми візьмемо силу F_n як силу прямого тиску на диск в якості вхідної величини. Наведемо зчеплення математично, висловивши T_{cl} з використанням моделі тертя Кулона

$$T_{cl} = F_n N \mu R_a \operatorname{sign}(\dot{\varphi}_e - \dot{\varphi}_{cl}), \quad (2.3)$$

де μ – коефіцієнт тертя; R_a – приведений радіус активної поверхні зчеплення; $\dot{\varphi}$ – перша похідна за часом відповідного параметра φ ; φ_e – кутове положення вала ДВЗ; φ_{cl} – кутове положення провідної пластини зчеплення.

Коробка передач і вал. Коробка передач і вал з'єднуються з фрикційної пластиною зчеплення через торсіонне з'єднання. Ці компоненти моделюються як одне тіло. Передавальне число, вибране всередині коробки передач, позначається як, решта зниження після коробки як i_d . Загальне передавальне число в моделі може бути записано як

$$i = i_g \cdot i_d. \quad (2.4)$$

F_{ext} – сила опору руху автомобіля складається з третіх складових: сила опору повітря F_w , сила опору з боку дороги F_g і опір коченню ведених коліс з

силою $F_{rdriven}$. Крім того, сила, що діє на провідні колеса, позначається як $F_{rdriving}$.

Зовнішні сили враховуються як

$$F_{ext} = F_w + F_{rdriven} + F_g ; \quad (2.5)$$

$$F_w = 0,5 \xi A_f C_w V_2 ; \quad (2.6)$$

$$F_{rdriving} = (1 - \alpha) x_r m g \cos \gamma ; \quad (2.7)$$

$$F_{rdriven} = \alpha x_r m g \cos \gamma ; \quad (2.8)$$

$$F_g = m g \sin \gamma . \quad (2.9)$$

де ξ – безрозмірний коефіцієнт аеродинамічного опору, що залежить від форми тіла; A_f – площа миделевого перетину автомобіля, м; C_w – щільність повітря, кг/м; V – швидкість автомобіля, м/с; γ – кут транспортного засобу по відношенню до горизонтальної площини; m – маса транспортного засобу; α – вказує на розподіл ваги на передні і задні колеса відповідно ($0 < \alpha < 1$); g – гравітаційна стала; x_r – важіль опору коченню.

Момент інерції автомобіля проектується на величину J_v , при цьому вводиться відповідний параметр кутового положення φ_v , а крутний момент, викликаний опором обертанню коліс, позначається як T_1 . Сила тертя між колесами і дорогою враховується як сила лінійного гальмування с коефіцієнтом b .

Для даної системи рівняння руху можна описати як

$$J_e \varphi_e'' = T_e - T_{cl} ; \quad (2.10)$$

$$J_{cl} \varphi_{cl}'' = T_{cl} - k_1(\varphi_{cl} - \varphi_2) ; \quad (2.11)$$

$$J_2 \varphi_2'' = k_1(\varphi_{cl} - \varphi_2) - ik_2(\varphi_2 - \varphi_3) ; \quad (2.12)$$

$$J_3 \varphi_3'' = k_2(\varphi_2 - \varphi_3) - b(\phi_3 - \phi_v) - F_{driving} R_w ; \quad (2.13)$$

$$J_v \varphi_v'' = b(\phi_3 - \phi_v) - T_l. \quad (2.14)$$

Ідентифікація параметрів описаної динамічної моделі трансмісії в складі автономної системи управління транспортного засобу викликали ряд труднощів через значну не стаціонарний і складності вимірювань деяких величин. Тому розглянута модель була узагальнена з використанням математичного апарату нечіткої логіки. Режимми роботи зчеплення. Можна виділити три основні режими роботи зчеплення автомобіля:– зчеплення повністю включено;– зчеплення повністю вимкнено;– перехідний режим - тертя ведучого і веденого дисків один об одного до моменту повної синхронізації їх обертання.

3. АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ АКСЕЛЕРАЦІЄЮ, ГАЛЬМУВАННЯМ І ПЕРЕМИКАННЯМ ПЕРЕДАЧ

Для трансформації звичайного автомобіля в автономного, необхідно підключити до педаль газу, гальма і рульового механізму вбудовану систему. Крім того, необхідно передбачити привід перемикач коробки передач. Модифікація стандартного автомобіля під автономне управління включає наступні етапи:

Газ. Підключитися до дросельної заслінки автомобіля досить просто. Майже всі сучасні машини вже мають електронні акселератори - так звану «електронну педаль» (gas-by-wire) (рисунок 3.1). У старих машинах педаль газу з'єднується з карбюратором за допомогою троса, а в сучасних машинах на кінці педалі газу є датчик, який відсилає сигнали системі управління двигуном через шину CAN або k-line.

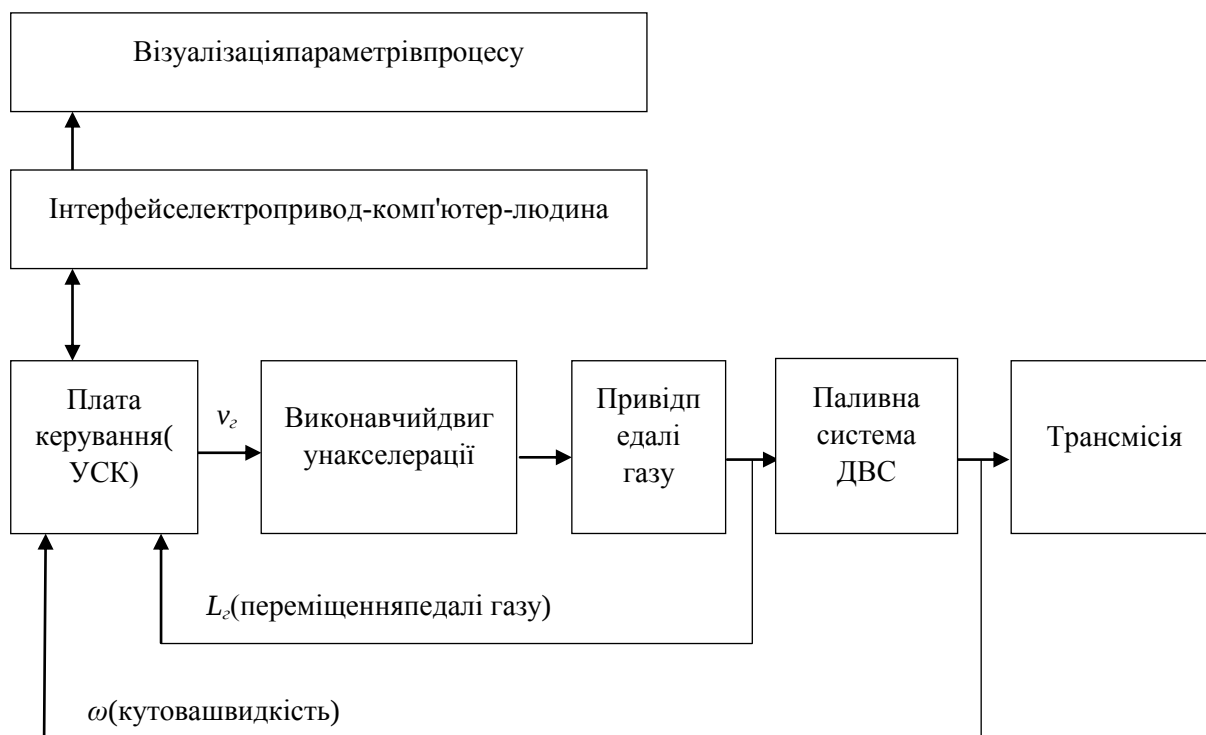


Рисунок 3.1 – Схема структурна системи автоматизації управління газом

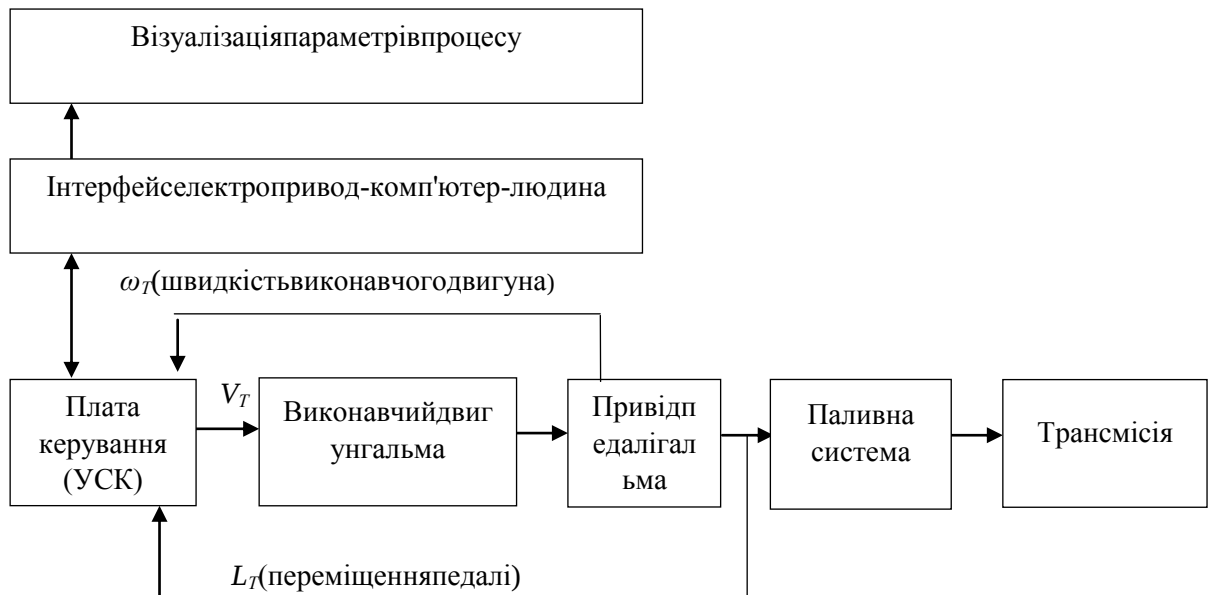


Рисунок 3.2 - Схема структурна системи автоматизації управління гальмом

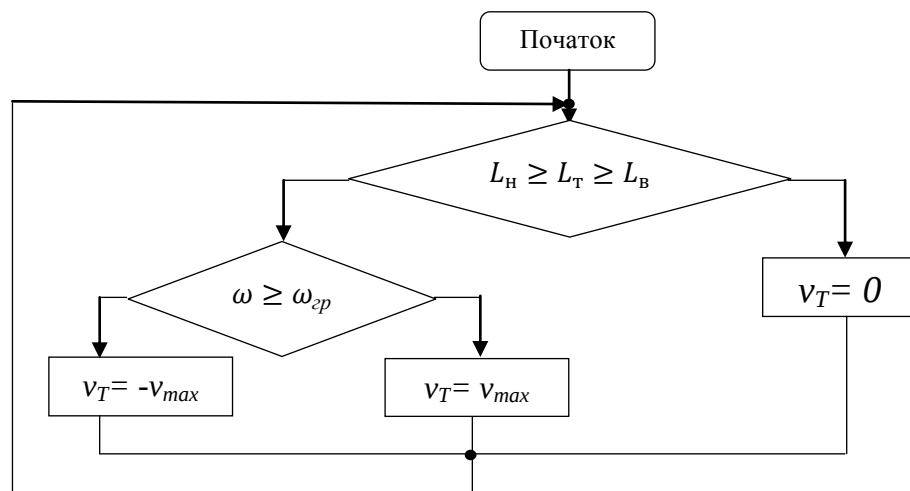


Рисунок 3.3 - Фрагмент алгоритму роботи підсистеми управління гальмом

Підключитися до гальмівної системи автомобіля набагато складніше. Незважаючи на те, що в сучасних машинах підсистеми ABS і ESP вже пов'язані з гальмівною системою, закони забороняють використовувати «електронну систему гальмування» (break-by-wire) з міркувань безпеки. Саме тому в

сучасних машинах досі педаль гальма фізично з'єднується з гальмівним механізмом, хоча гальмівна система з підсилювачем є стандартом для сучасних машин. Якщо досить обмеженою гальмівної сили, то можна скористатися тим же способом, як і ваш для акселератора: передавати через шину CAN або *k-line* сигнали, що моделюють дані ABS і ESP.

З появою перших прототипів автомобілів-роботів, роботів- андроїдів, адаптованих до неможливим для перебування людини умовам роботи, мобільних роботів - домашніх асистентів, роботів для забезпечення безпеки безпілотних літальних апаратів, підводних роботів і т.п. еволюціонує і саме поняття «робот». Його смисловий зміст, на противагу ситуації, асоціації з промисловими ЧПУ-верстатами, у все більшій мірі співвідноситься з штучним інтелектом, здатним порівняно з людиною аналізувати інформацію, що надходить, робити на її основі висновків і реалізовувати стратегії поведінки, а також приймати в реальному часі оптимальні рішення в умовах крайньої невизначеності сцен в слабоструктурованих середовищах.

У зв'язку з цим когнітивних роботів відрізняє, по-перше, розвинена бортова інформаційно-вимірювальна система (IBC), яка містить надмірну кількість часто дублюють один одного вимірювальних каналів, а по-друге, застосовуваний для обробки вимірювальної інформації та реалізації різних стратегій поведінки математичний апарат, заснований на так званому імовірнісний підході. Наведемо приклад такого підходу при вирішенні в загальному вигляді завдання локалізації мобільного робота в індетермінованих середовищі.

Де $\vec{l}$ – випадковий вектор положення, що виражає позицію мобільного робота на прямокутному робочому просторі і його орієнтацію на ній, $\vec{l} \in L$, де L – безліч всіх можливих положень робота, $\vec{l}_k$ – значення випадкового вектора положення в k -й момент часу, $v(\vec{l})$ – функція розподілу щільності ймовірності над простором всіх можливих значень вектора $\vec{l}$, виражає ступінь довіри оцінці становища робота $\vec{l}$, $v(\vec{l}_k)$ – ймовірність того, що робот знаходиться в $\vec{l}_k$ в k -й

момент часу, $\vec{d}_k = [\vec{r}_k \quad \vec{a}_k]^T$ – вектор даних, отриманих в k -й момент часу від датчиків бортовий ІВС робота, складається з векторів відносних $\vec{r}_k$ і абсолютних $\vec{a}_k$ вимірювань, $\vec{d}_k \in D$, де D – безліч всіх можливих результатів вимірювань, $v(\vec{l}_{k|k})$ – щільність ймовірності довіри оцінці локалізації мобільного робота, заснована на об'єднанні апіорної інформації і всієї історії вимірювальних даних до k -го моменту часу включно, $v(\vec{l}_{k|k-1})$ – також, але до $(k-1)$ -го моменту часу включно. Мета рішення задачі локалізації полягає в отриманні оцінки цієї щільності ймовірності, як можна менше відрізняється від реального розподілу, що представляє собою дельта-функцію в фактичних координатах робота і рівну нулю над іншим простором вектора $\vec{l}$.

Величина $p(\vec{l}_k | \vec{l}_{k-1}, \vec{u}_{k-1})$ – модель руху, являє собою ймовірність того, що робот виявиться в положенні $\vec{l}_k$, якщо в момент часу $(k-1)$ виконає котра управляє вплив $\vec{u}_{k-1}$. Іншими словами, робот, перебуваючи в позиції $\vec{l}_{k-1}$, може спрогнозувати своє нове положення $\vec{l}_k$ на основі певної дії $\vec{u}_{k-1}$. У більшості випадків управління інваріантної в часі, тому номер тимчасового відліку часто опускають.

Величина $p(\vec{d}_k | \vec{l}_k)$ – модель вимірювання, являє собою ймовірність того, що бортова ІВС мобільного робота, що перебуває в позиції $\vec{l}_k$, зафіксує вимірювальні дані $\vec{d}_k$. Як і модель руху, модель вимірювання часто інваріантна в часі, тому індекс k можна опустити. Однак на відміну від щільності ймовірності моделі руху ймовірність моделі вимірювання важко обчислюваних.

Вимірювальна інформація $\vec{d}_k$ бортовий ІВС, як правило, використовується для формування вектора ознак, який потім використовується для класифікації різних стратегій поведінки мобільного робота. Наприклад, вимірювальні дані відеодатчики представляють собою масив значень яскравості пікселів сфокусованого оптичною системою зображення на світлочутливої матриці. Сама по собі ця інформація марна, однак виділення контурів об'єктів, розпізнавання образів на зображенні, різні геометричні вимірювання на ньому

дозволяють оцінити вектор ознак $\vec{d}_k = f(\vec{d}_k)$, где f – оператор переходу з простору всіх можливих результатів вимірювань D в простір ознак Z .

При формуванні вектора ознак попереду стоїть завдання вибору найбільш інформативних ознак – відображення вихідного n -мірного простору в простір меншої розмірності $m < n$ при збереженні якості розподілу розподілів, що відповідають різним класам. Функція $v(\vec{l}_{k|k-1})$ має максимум в найбільш ймовірне місце перебування робота. Припустимо, що мобільний робот після своїй ініціалізації не має інформації про своє становище, тоді початкова щільність ймовірності $v(\vec{l}_0)$ буде рівномірною. На основі $v(\vec{l}_0)$ робот обчислює управління $\vec{u}_0$ і змінює своє положення відповідно до перехідної щільності ймовірності $p(\vec{l}_1|\vec{l}_0, \vec{u}_0)$. Далі на кожному часовому інтервалі $(k-1)$ робот виконує дію $\vec{u}_{k-1}$, яке змінює його положення відповідно до перехідної щільності ймовірностей $p(\vec{l}_k|\vec{l}_{k-1}, \vec{u}_{k-1})$. Крім того він отримує інформацію, виробляючи відносні і абсолютні вимірювання, і витягує з неї вектор ознак $\vec{z} = f(\vec{d})$, який розподілений відповідно до $p(\vec{d}_k|\vec{l}_k)$. Робот оновлює ступінь довіри наявної у нього інформації на кожному кроці k для отримання кращої оцінки свого реального становища $\vec{l}$. Тоді (3.15) попередня ступінь довіри оцінці становища робота $\vec{l}_k$ до отримання нових вимірювальних даних на k -му кроці і вилучення з них вектора ознак $\vec{z}_k$, ступінь довіри оцінці становища робота $\vec{l}_k$ з використанням вектора ознак $\vec{z}_k$ розраховується за формулою (3.16)

$$v(\vec{l}_{k|k-1}) = p(\vec{l}_k|\vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1}), \quad (3.1)$$

$$v(\vec{l}_{k|k}) = p(\vec{l}_k|\vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1}, \vec{z}_k). \quad (3.2)$$

Згідно з теоремою про повну ймовірності в інтегральній формі ймовірність результату дорівнює інтегралу від ймовірностей залежних від нього приватних результатів

$$v(\vec{l}_{k|k-1}) = \int_L p(\vec{l}_k | \vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1}) \cdot p(\vec{l}_{k-1} | \vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1}) d\vec{l}_{k-1} \quad (3.3)$$

Це рівняння апіорної ступеня довіри оцінці становища k є інтеграл від ймовірностей переходу з положення $\vec{l}_{k-1}$ в $\vec{l}_k$ з урахуванням всіх раніше зроблених вимірів (3.18) помножених на ймовірності знаходження робота в положенні $\vec{l}_{k-1}$ за всіма доступними даними до $(k-1)$ -го кроку включно

$$p(\vec{l}_k | \vec{l}_{k-1}, \vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1}), \quad (3.4)$$

Однак фізично розташування робота в позиції $\vec{l}_{k-1}$ не залежить від дії $\vec{u}_{k-1}$, яке він виконав на цьому кроці, тому

$$v(\vec{l}_{k|k-1}) = \int_L p(\vec{l}_k | \vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1}) \cdot p(\vec{l}_{k-1} | \vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1}) d\vec{l}_{k-1}$$

або

$$v(\vec{l}_{k|k-1}) = \int_L p(\vec{l}_k | \vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1}) \cdot v(\vec{l}_{k-1|k-1}) d\vec{l}_{k-1} \quad (3.5)$$

Гіпотеза Маркова, згідно з якою знаходження робота в поточній позиції і наявність всієї інформації про цю передбачає незалежність розташування на попередньому кроці від позиції на майбутньому етапі, тобто «майбутнє» випадкового процесу залежить від «минулого» лише через сьогодення, дозволяє ще спростити останній вираз. З урахуванням попередньої локалізації $\vec{l}_{k-1}$, стає неважливим як робот виявився в поточній позиції $\vec{l}_k$ і які результати вимірювань він при цьому отримав

$$p(\vec{l}_k | \vec{l}_{k-1}, \vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1}) = p(\vec{l}_k | \vec{l}_{k-1}, \vec{u}_{k-1}) \quad (3.6)$$

Тоді отримаємо рівняння, яке дозволяє ефективно включити модель руху мобільного робота в ступінь довіри оцінці його локалізації

$$v(\vec{l}_{k-1|k-1}) = \int_L p(\vec{l}_k | \vec{l}_{k-1}, \vec{u}_{k-1}) \cdot v(\vec{l}_{k-1|k-1}) d\vec{l}_{k-1} . \quad (3.7)$$

Таким чином, завжди апіорна ступінь довіри оцінці локалізації $\vec{l}_{k-1}$ після закінчення дії $\vec{u}_{k-1}$ є результат інтегрування твори ймовірності того, що ця дія перенесе робота в позицію $\vec{l}_k$ на апостеріорну ступінь впевненості в оцінці $\vec{l}_{k-1}$.

Припустимо, що робот має апіорну ступінь впевненості $v(\vec{l}_{k-1|k-1})$ після закінченого дії $\vec{u}_{k-1}$. Далі він робить поточні вимірювання та витягує вектор ознак $\vec{z}_k$, який потім необхідно врахувати в апіорній інформації для формування апостеріорної ймовірності ступеня впевненості $v(\vec{l}_{k|k})$.

Використовуючи правило Байеса і гіпотезу Маркова, можна записати

$$v(\vec{l}_{k|k}) = \frac{p(\vec{z}_k | \vec{l}_k, \vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1}) \cdot p(\vec{l}_k | \vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1})}{p(\vec{z}_k | \vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1})} ,$$

$$v(\vec{l}_{k|k}) = \frac{p(\vec{z}_k | \vec{l}_k, \vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1}) \cdot v(\vec{l}_{k|k})}{p(\vec{z}_k | \vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1})} . \quad (3.8)$$

Правило Байеса показує, як робот повинен змінити свою ступінь впевненості в оцінці своєї позиції, якщо отримані нові результати вимірювань. тобто апостеріорна ступінь довіри є умовна ймовірність спостереження вектора ознак $\vec{z}_k$, помножена на апіорну ймовірність впевненості в локалізації $\vec{x}_k$, обумовлену всієї доступної до цього кроку інформацією.

Для спрощення останнього виразу знову застосуємо гіпотезу Маркова. Для цього використовуємо таку передумову: показники датчиків залежать тільки від поточної реальної локалізації робота. Якщо відомо поточний стан робота $\vec{l}_k$, то майбутні результати вимірів не залежать від минулих і навпаки: $p(d_{k+1}, d_{k+2}, \dots | \vec{l}_k, d_0, d_1, \dots, d_k) = p(d_{k+1}, d_{k+2}, \dots | \vec{l}_k)$.

Ймовірність спостереження вектора $\vec{z}_k$ не залежить від дій і вимірювань, які були зроблені раніше

$$p(\vec{z}_k | \vec{l}_k, \vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1}) = p(\vec{z}_k | \vec{l}_k) , \quad (3.9)$$

тоді

$$v(\vec{l}_{k|k}) = \frac{p(\vec{z}_k | \vec{l}_k) \cdot v(\vec{l}_{k|k-1})}{p(\vec{z}_k | \vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1})} . \quad (3.10)$$

Знаменник цього рівняння являє собою нормалізує інтеграл щільності ймовірності до одиниці константу

$$p(\vec{z}_k | \vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1}) = \int_L p(\vec{z}_k | \vec{l}_k) \cdot v(\vec{l}_{k|k}) d\vec{l}_k . \quad (3.11)$$

Вираз (3.24) показує, як можна обчислити апостеріорну ступінь впевненості, використовуючи апріорну ступінь довіри. Воно також дозволяє оновити апостеріорну впевненість за допомогою включення нових вимірів. Підставляючи вираз (3.24) в (3.25), отримуємо

$$v(\vec{l}_{k|k}) = \frac{p(\vec{z}_k | \vec{l}_k) \cdot v(\vec{l}_{k|k-1})}{p(\vec{z}_k | \vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1})} =$$

$$\frac{p(\vec{z}_k | \vec{l}_k) \cdot \int_L p(\vec{l}_k | \vec{l}_{k-1}, u_{k-1}) \cdot v(\vec{l}_{k-1|k-1}) d\vec{l}_k}{p(\vec{z}_k | \vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1})} ,$$

тобто

$$v(\vec{l}_{k|k}) = \eta_k p(\vec{z}_k | \vec{l}_k) \cdot \int_L p(\vec{l}_k | \vec{l}_{k-1}, u_{k-1}) \cdot v(\vec{l}_{k-1|k-1}) d\vec{l}_k , \quad (3.12)$$

де $\eta_k = \frac{1}{p(\vec{z}_k | \vec{z}_1, \vec{u}_1, \vec{z}_2, \vec{u}_2, \dots, \vec{z}_{k-1}, \vec{u}_{k-1})}$ — нормалізатор щільності ймовірності.

Для використання формули локалізації (2.26) потрібно задати модель руху $p(l_k | \vec{l}_{k-1}, u_{k-1})$, модель вимірювання $p(\vec{d}_k | \vec{l}_k)$ і щільність ймовірності довіри оцінці початкового положення мобільного робота $v(\vec{l}_{0|0})$.

Розвиток когнітивної робототехніки вимагає одночасного вдосконалення та інструментальної бази. Вона повинна більшою мірою відповідати запитам розробників, що стосуються масштабованості, універсалізму, гнучкого модульного підходу до побудови мехатронних систем з розширенням набору конфігурацій, підтримуваних кожним модулем окремо.

ВИСНОВКИ

Автомобільний транспорт являє собою досить складну техніку, що характеризується високим ступенем автоматизації та комп'ютеризації. У сучасних автомобілях включення в конструкцію автомобіля складних електронних пристроїв управління різними системами на базі бортового комп'ютера привело до необхідності розвитку різних форм і методів надання послуг з діагностики, ремонту та налаштування компонентів бортової електроніки на етапі експлуатації автомобіля.

Особливості перерахованих вище завдань свідчать про необхідність побудови систем управління автотранспортом з використанням інтелектуальних алгоритмів, за допомогою яких стає можливим забезпечувати високу швидкість, комфортність і економічність руху в широкому діапазоні зміни зовнішніх умов руху, вибирати оптимальні маршрути і режими руху з автоматичною адаптацією до можливих змін маршрутного завдання і порушень в роботі агрегатів автомобіля, що в підсумку гарантує високу якість і безпеку управління рухом. При побудові інтелектуальних систем управління рухом автомобіля перспективно використовувати нейронні мережі, що є ефективним апаратом корекції каналів управління, а також мультиагентні обчислювальні системи, здатні забезпечити принципово нові якості адаптації, самоорганізації і інтелектуального поведінки, реалізуючи, фактично, бортові розподілені інформаційні системи. При цьому особливе значення має розробка людино-машинного інтерфейсу, що забезпечує адаптивну фільтрацію інформаційних потоків: в зону уваги водія повинна вводитися лише істотна оперативна інформація, що відповідає поточним завданням управління.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів : монографія [Електронний ресурс] / В. Д. Мигаль. – Харків : Майдан, 2018. – 262 с.
2. Бажинов О.В., Бажинова Т.О., Кравцов М.М. Основиефективноговикористанняекологічно-чистихавтомобілів: монографія. Х.: ФОП Панов А.М., 2018. – 200 с.
3. БажиноваТ.О.
Інтелектуальнітаінтелектуалізованіінформаційнісистемиавтомобілів / Бажинова Т.О. // Міжнародноїнауково-практичноїконференції "Новітнітехнологіїрозвиткуавтомобільноготранспорту" 16-19 жовтня 2018 р. С.468-469 URL:http://af.khadi.kharkov.ua/fileadmin/F_Automobile/conf/2018_conf_V/_Tezisy_part18Opdf.pdf
4. When Cars Drive Themselves [Электронныйресурс].- The New York Times https://www.nytimes.com/interactive/2016/12/14/technology/how-self-driving-cars-work.html?_r=0. – Загл. сэкрана.
5. Гібридніавтомобілі / О.В. Бажинов, О.П. Смирнов, С.А. Серіков, А.В. Гнатов, А.В. Колесніков; під. ред. О.В. Бажинова. – Харків: ХНАДУ, 2008. – 327 с.
6. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. [Электронный ресурс].- – www.exponenta.ru.
7. Синергетичнийавтомобіль. Теорія і практика / [Бажинов О.В., Смирнов О.П., Серіков С.А., Двадненко В.Я.], монографія. – Харків: ХНАДУ, 2011. – 236 с.
8. Тарасик В.П. Интеллектуальные системы управления автотранспортными средствами: Монография/ В.П. Тарасик, С.А. Рынкевич.- Минск: УП "Технопринт", 2004. - 512 с.