

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ СИСТЕМАМИ. СИНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ ЕКОМОБІЛІВ

УДК 629.052:629.33

ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ТА МОДУЛІВ СКАНУВАННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА БЕЗПІЛОТНОГО АВТОМОБІЛЯ

О.Я. Ніконов, професор, д.т.н., Т.О. Полосухіна, аспірант, ХНАДУ

Анотація. Розглянуті і проаналізовані пристрої безпілотного автомобіля, які сканують навколишній простір безпілотного автомобіля і створюють тривимірне зображення навколишнього простору.

Ключові слова: безпілотний автомобіль, лазерний далекомір, лідар, сканування, тривимірне зображення

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И МОДУЛЕЙ СКАНИРОВАНИЯ ОКРУЖАЮЩЕГО ПРОСТРАНСТВА БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ

О.Я. Никонов, профессор, д.т.н., Т.О. Полосухина, аспирант, ХНАДУ

Аннотация. Рассмотрены и проанализированы устройства беспилотного автомобиля, сканирующие окружающее пространство беспилотного автомобиля и создающие трёхмерное изображение окружающего пространства.

Ключевые слова: беспилотный автомобиль, лазерный дальномер, лидар, сканирование, трёхмерное изображение

DETERMINATION OF FUNCTIONAL DEVICES AND MODULES FOR SCANNING THE SURROUNDING ENVIRONMENT OF UNMANNED VEHICLES

O.J. Nikonov, professor, dr. eng. sc., T.O. Polosukhina, post graduate student, KhNAHU

Abstract. Unmanned vehicle devices were reviewed and analyze; the devices in question scan the surrounding environment of the unmanned vehicle and create a three-dimensional image of the surrounding environment.

Keywords: unmanned vehicle, laser rangefinder, LIDAR, scanning, three-dimensional image

Вступ

Вперше автомобіль з автоматизованою системою управління для руху по шосе представила відвідувачам Всесвітньої виставки компанія General Motors у 1939 році. І хоча в тому вигляді технологію важко було назвати завершеною, система радіоуправління пред-

ставленого прототипу дійсно здатна була деякий час вести автомобіль, постійно контролюючи відстань до транспортного засобу, що йде попереду. А у 1958 року виріб GM міг вже вмільо проїжджати до 1,5 км без допомоги водія.

На сучасному етапі розвитку автомобільної

техніки безпілотні автомобілі мають високий технічний рівень пристроїв та модулів, які відповідають за управління рухом та безпеку автомобіля [1-10]. В безпілотних автомобілях використовуються різні системи сканування навколишнього простору.

Аналіз досліджень та публікацій

З великої кількості пристроїв, що використовуються безпілотним автомобілем, одним з основних є пристрій, який сканує навколишній простір навколо рухомого безпілотного автомобіля. Сканування навколишнього простору на більш ранньому етапі технічного прогресу використовувалося в космічних апаратах, а в даний час використовується в водному і наземному транспорті [11-14]. Сканування простору навколо рухомого безпілотного автомобіля виявляє будь-які зміни навколишнього простору, такі як мобільні і стаціонарні перешкоди. Існують різні системи [15] та пристрої, що використовуються для цієї мети.

Мета та постановка задачі

Метою статті є аналіз і визначення найбільш підходящих пристроїв, що використовуються для сканування навколишнього простору безпілотного автомобіля.

Пристрої і модулі, які сканують навколишній простір безпілотних автомобілів

Рух безпілотного автомобіля вимагає великої кількості пристроїв, що відповідають за управління рухом, таких як пристрій надання інформації для використання в безпілотному транспортному засобі (ТЗ), що включає в себе різні модулі, блоки та датчики, в тому числі модуль отримання станів руху; модуль обчислення розподілів станів руху; модуль визначення нестабільності водіння; модуль визначення завершення навчання; модуль вибору нестабільності, модуль визначення сценарію водіння [16].

На рис. 1 представлена схема, що ілюструє конфігурацію транспортного засобу, який має пристрій надання інформації для використання в безпілотному ТЗ: датчик 1 ступінь відкриття педалі акселератора, датчик 2 робочої величини натискання педалі гальма, датчик 3 кута повороту при рулюванні, датчик 4 швидкості ТЗ, датчик 5 визначення

стану показника повороту, приладову панель 6, навігаційну систему 7, G-датчик 8, який визначає поздовжнє або поперечне прискорення, сформоване в ТЗ, датчик 9 визначення ТЗ, що ідуть попереду або стаціонарних об'єктів (як такі датчики можуть використовуватися оптичні датчики, лазерні далекоміри, лідари, радари). Датчик 9 визначає інші ТЗ або стаціонарні об'єкти, присутні попереду в напрямку руху ТЗ. Визначається відстань до об'єкта. В бортову інформаційну систему виводиться певна відстань, як інформація для обчислення відстані між ТЗ, часу між ТЗ, відносної швидкості та інше.

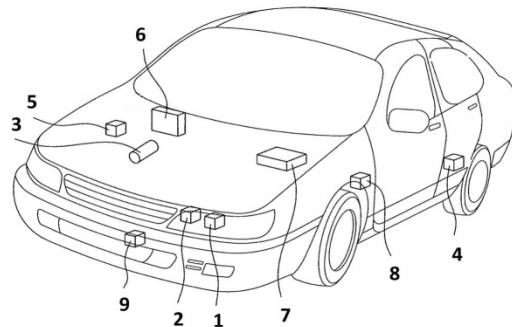


Рис. 1 – Конфігурація пристроїв і модулів безпілотного автомобіля

Бортова інформаційна система (БІС) аналізує характеристики водіння транспортного засобу на основі сигналів, визначених за допомогою датчика ступеня відкриття педалі акселератора, датчика робочої величини натискання педалі гальма, датчика кута повороту при рулюванні та інше, і визначає ступінь нестабільності водіння [16]. БІС направляє сигнали управління або іншу інформацію на керовані пристрої в залежності від ступеня нестабільності водіння. БІС має функцію навчання. Час руху від початку збору даних використовується для того, щоб визначити стан навчання. Ступінь навчання може бути обчислена з використанням числа зібраних фрагментів даних. Відносна ентропія R_{Hr} є фізичною величиною, що вказує значення різниці (відстань) між двома розподілами помилок при рулюванні, і представляє ступінь різниці між двома розподілами помилок при рулюванні, тобто то, наскільки ці два розподіли помилок при рулюванні відхиляються один від одного. Стабільність поточного стану руху, який є безпосередньо попереднім щодо попереднього довготривалого стану руху (характеристик водіння в нормальному режимі) може бути оцінена з використанням обчисленого значення відносної ен-

тропії. Обчислення значення відносної ентропії порівнюється з попередньо певним граничним значенням для визначення. Коли значення різниці перевищує порогове значення для визначення, визначається те, що стан водіння є нестабільним. Коли визначено, що навчання не завершено, БІС обчислює поточний характерний кількісний показник (абсолютну ентропію) з використанням поточного розподілу помилок при рулюванні для більш короткого діапазону часу [16]. Абсолютна ентропія є очікуваним значенням, що виникають в розглянутому розподілі станів руху.

БІС обчислює множинні розподіли станів руху для різних діапазонів часу в якості множинних розподілів станів руху. Наприклад, пристрій надання інформації для використання в ТЗ обчислює розподіл станів руху, що включає в себе попередні дані станів руху, і розподіл станів руху, що включає в себе дані станів руху безпосередньо попередніх, і безпосередньо обчислює різницю безпосередньо попередніх розподілів станів руху на основі попереднього розподілу станів руху. Як результат, можна оцінювати стабільність безпосередньо попереднього стану при безперервному оновленні опорних даних. Таким чином, можна точно визначити нестабільний стан руху незалежно від зміни навколишнього оточення дорожнього руху [16]. Модуль визначення нестабільності водіння оцінює ступінь нестабільності водіння з характерних кількісних показників множинних розподілів станів руху, отриманих від множинних типів даних станів руху. Модуль визначення нестабільності водіння оцінює ступінь нестабільності водіння з використанням часу до зіткнення. За допомогою використання часу до зіткнення, можна точно визначити стан операції уповільнення [16]. Датчик 9, який визначає ТЗ, присутні попереду в напрямку руху ТЗ або стаціонарні об'єкти. Електронний блок містить модуль обробки відбитого сигналу, який реалізує алгоритм контролю на підставі вимірювання часового інтервалу між випромінюванням і реєстрацією відбитого від об'єкта сигналу. Джерело оптичного випромінювання і фотоприймач розташовані переважно впритул один до одного, таким чином, що їх оптичні осі практично паралельні. Кількість випромінювачів в лідарі визначено зі співвідношення $n \geq \beta/\alpha$, де n – кількість випромінювачів, β – центральний кут контрольованого датчиком

сектора, α – кут розбіжності пучка випромінювання. Оптичний датчик надійно і точно виявляє об'єкти в контрольованій зоні [17]. Цей оптичний датчик є компактним датчиком для виявлення об'єкта в контрольованій зоні, переважно, у формі кругового сектора, надійно функціонує в дрібнодисперсних середовищах, які мають високий рівень захищеності від оптичних перешкод.

Як джерело оптичного випромінювання застосований імпульсний лазерний діод [17], а в електронному блоці для обробки відбитого сигналу застосований алгоритм, який реалізує час-імпульсний метод аналізу дистанції до об'єкта. Випромнені світлові імпульси відбиваються від поверхні об'єкта, що знаходиться в контрольованій зоні, і реєструються фотоприймачем з подальшим аналізом електронним блоком. Реєстрація відбитого сигналу здійснюється в часовому інтервалі, який визначає відстань до кордону контрольованої зони, з моменту випромінювання світлового імпульсу. На рис. 2 представлена схема оптичного датчика для безпілотної автомобіля.

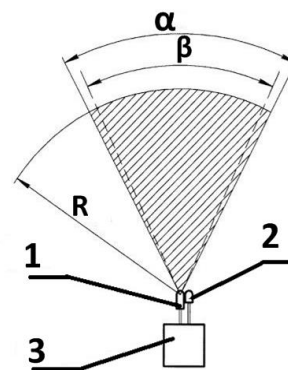


Рис. 2 – Схема оптичного датчика для безпілотної автомобіля: α – кут розбіжності світлового пучка; β – центральний кут контрольованого сектора/зони; R – радіус/межа контрольованого сектора

Лідар (оптичний датчик) працює в такий спосіб. Світлові імпульси від джерела випромінювання 1 виводяться в напрямку контрольованої зони. При вторгненні об'єкта в контрольовану зону, випромінювання відбивається від його поверхні і реєструється фотоприймачем 2. Далі електронний блок 3 аналізує зареєстрований сигнал на відповідність величини t – часового інтервалу, що обчислюється від моменту випромінювання імпульсу до моменту реєстрації сигналу, заданої часової установці T . Величина часової

установки T задається в електронному блоці 3 і дорівнює часу проходження світловим імпульсом подвоєної відстані від оптичного датчика до встановленої межі контрольованої зони, тобто $T=2R/c$, де c – швидкість світла, R – радіус/межа контрольованого сектора/зони. При виконанні умови $t \leq T$ електронний блок визначає прийнятий сигнал як «робочий» і видає сигнал наявності об'єкта в контрольованій зоні в БІС [17].

БІС включає в себе велику кількість модулів, керуючих усіма функціями безпілотного автомобіля, в тому числі лідар, змонтований на безпілотному ТЗ, який сканує навколишнє середовище руху ТЗ; модуль перетворення точки огляду, виконаний з можливістю здійснювати перетворення точки огляду для зображення, отриманого за допомогою лідара, щоб створювати зображення виду з висоти пташиного польоту; модуль вилучення характерних точок, виконаний з можливістю витягувати характерну точку тривимірного об'єкту з даних зображень в попередньо визначеної області зображення виду з висоти пташиного польоту для кожної з декількох підобластей, включених в попередньо визначену область [18]; модуль обчислення даних форми сигналу, виконаний з можливістю обчислювати дані форми сигналу, відповідні розподілу характерних точок, витягнутих за допомогою модуля вилучення характерних точок в попередньо визначеної області для зображення виду з висоти пташиного польоту; модуль виявлення інформації піків, виконаний з можливістю виявляти інформацію піків даних форми сигналу; модуль виявлення варіантів визначення інших ТЗ або стаціонарних об'єктів, присутніх попереду в напрямку руху ТЗ, виконаний з можливістю оцінювати те, є чи ні тривимірний об'єкт, що має характерну точку, витягнуту за допомогою модуля вилучення характерних точок, варіантом ТЗ, який їде попереду або періодичного стаціонарного об'єкта [18], на основі того, дорівнює або перевищує чи ні інформація піків попередньо визначеного першого порогового значення [18]; і модуль оцінки ТЗ, які їдуть попереду та періодичних стаціонарних об'єктів, виконаний з можливістю визначити те, що варіант ТЗ, який їде попереду або періодичного стаціонарного об'єкта є ТЗ, який їде попереду або періодичний стаціонарний об'єкт, коли ТЗ, який їде попереду або періодичний стаціонарний об'єкт виявляється за допомогою модуля виявлення варіа-

нтів, і виявлення здійснюється при попередньо певної умові [18].

Висновки

Визначено найбільш підходящі пристрої, що використовуються для сканування навколишнього простору безпілотного автомобіля. Розробка нових пристроїв і модулів безпілотного автомобіля наближає еру загальної автоматизації та роботизації наземного транспорту, що зробить такий транспорт дешевшим і рух на дорогах безпечнішим.

Література

1. Синергетичний автомобіль. Теорія і практика / О.В. Бажинов, О.П. Смирнов, С.А. Серіков, В.Я. Двандненко. – Х.: ХНАДУ, 2011. – 236 с.
2. Алексієв В.О. Мехатроніка, телематика, синергетика у транспортних додатках / В.О. Алексієв, О.П. Алексієв, О.Я. Ніконов. – Харків: ХНАДУ, 2012. – 212 с.
3. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем / В.П. Волков, Ю.В. Волков, В.П. Матейчик, О.Я. Никонов. – Донецк: Издательство Ноулидж, 2013. – 398 с.
4. Интеллектуальные и телематические технологии на транспорте / Волков В.П., Мырхалыков Ж.У., Грицук И.В., Никонов О.Я. – Шымкент: Изд-во ЮКГУ им. М. Ауэзова, 2016. – 504 с.
5. Никонов О.Я. Роботизированные автомобили: современные технологии и перспективы развития / О.Я. Никонов, Т.О. Полосухина // Автомобиль и Электроника. Современные технологии. – Харьков: ХНАДУ, 2013. – № 5. – С. 38-42.
6. Никонов О.Я. Анализ современных бортовых информационно-управляющих систем беспилотного автомобиля / О.Я. Никонов, Т.О. Полосухина // Автомобиль и Электроника. Современные технологии. – Харьков: ХНАДУ, 2015. – № 7. – С. 74-80.
7. Никонов О.Я. Интегрированные информационно-управляющие телематические системы транспортных средств / О.Я. Никонов, В.Н. Шуляков // Автомобильный транспорт: сборник научных трудов. – 2010. – № 27. – С. 83-87.
8. Голобородько О.О. Мехатронні системи автомобільного транспорту /

- О.О. Голобородько, О.О. Коробочка. – Х.: ТОВ «СМІТ», 2006. – 300с.
9. Shuliakov V. Application of Adaptive Neuro-Fuzzy Regulators in the Controlled System by the Vehicle Suspension / V. Shuliakov, O. Nikonov, V. Fastovec // *International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems*. – Vol. 1, № 3, 2015, pp. 66-72.
 10. Рудзінський В.В. Інтелектуальні транспортні системи автомобільного транспорту (функціональні основи) / В.В. Рудзінський. – Житомир: ЖДТУ, 2012. – 98 с.
 11. Пат. 2462732 Российская Федерация, МПК G 01 S 1/70, B 64 G 1/36, G 05 D 1/00. Сканирующий лазерный маяк космических аппаратов / Старовойтов Е. И.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева». – 2011106638/28; заявл. 22.02.2011; опубл. 27.09.2012.
 12. Пат. 2527196 Российская Федерация, МПК G 08 B 3/00, G 01 S 13/00, G 05 D 1/00. Датчик препятствия /варианты / Староверов Н. Е.; заявитель и патентообладатель Староверов Н. Е. – 2012125856/08; заявл. 20.06.2012; опубл. 27.08.2014.
 13. Пат. 2479851 Российская Федерация, МПК G 01 S 13/08. Устройство определения дальности / Часовской А.А.; заявитель и патентообладатель Часовской А.А. – 2012101957/07; заявл. 20.01.2012; опубл. 20.04.2013.
 14. Yasser Hassebo. Active Remote Sensing: Lidar SNR Improvements [Electronic resource] / Yasser Hassebo // *Remote Sensing – Advanced Techniques and Platforms* ; edited by Dr. Boris Escalante-Ramirez. – Rijeka : University Campus STeP Ri, 2012. – P. 313-340. – Available from : <http://www.intechopen.com/books/remote-sensing-advanced-techniques-and-platforms/active-remote-sensing-lidar-snr-improvements>. – Screen title.
 15. Пат. 2324980 Российская Федерация, МПК G 08 B 25/08, G 08 G 1/123, B 60 R 5/00. Информационно-управляющая система контроля над участниками дорожного движения и предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций при дорожном движении / Котов И.Л., Турубаров В.И. ; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество «Издательско-полиграфический центр «ДОТРАНСПЕЧАТЬ» – 2006136253/11; заявл. 16.10.2006; опубл. 20.05.2008.
 16. Пат. 2549578 Российская Федерация, МПК G 08 G 1/16, B 60 R 21/00, B 60 W 40/08, G 08 G 1/00. Устройство предоставления информации для использования в транспортном средстве / Кондох Такаюки (JP) ; заявитель и патентообладатель НИССАН МОТОР КО., ЛТД. (JP). – 2013150095/11; заявл. 26.03.2012; опубл. 27.04.2015.
 17. Пат. 2515312 Российская Федерация, МПК G 08 G 1/16, G 01 S 17/93. Оптический датчик для автомобиля / Шепеленко В. Б.; заявитель и патентообладатель Шепеленко В. Б. – 2012109670/28; заявл. 15.03.2012; опубл. 10.05.2014.
 18. Пат. 2549595 Российская Федерация, МПК G 08 G 1/16, G 06 K 9/00, B 60 R 21/00, B 60 W 30/08. Система обнаружения периодических стационарных объектов и способ обнаружения периодических стационарных объектов / Цутя Тикао, Хаякава Ясукиса, Танака Синия, Фурусоу Хироюки, Фуката Осаму ; заявитель и патентообладатель НИССАН МОТОР КО., ЛТД. (JP) – 2013118701/11; заявл. 17.02.2012; опубл. 27.04.2015.
- Рецензент: О.В. Бажинов, профессор, д.т.н., ХНАДУ.
- Стаття надійшла до редакції 30 липня 2017 р.