

УДК 621.3.089

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ УДОСКОНАЛЕННЯ ПАРКУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЯ

В.Г. Кубата, доцент, к.т.н., О.М. Дробінін, магістрант,
С.А. Савченко, студент, ХНАДУ

Анотація. Пропонується підвищити якість функціонування системи паркування шляхом збільшення кількості входних величин, що використовуються для аналізу дорожньої обстановки. Для знаходження вирішальної функції керування системою паркування використано нечіткий висновок Мамдані, входними даними для якого є швидкість автомобіля і відстань до найближчої перешкоди.

Ключові слова: система допомоги при паркуванні, датчик, алгоритм нечіткого висновку Мамдані.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПАРКОВОЧНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЯ

В.Г. Кубата, доцент, к.т.н., А.М. Дробинин, магистрант,
С.А. Савченко, студент, ХНАДУ

Аннотация. Предлагается повысить качество функционирования системы парковки путем увеличения количества входных величин, используемых для анализа дорожной обстановки. Для нахождения решающей функции управления системой парковки использован нечеткий вывод Мамдани, входными данными для которого являются скорость автомобиля и расстояние до ближайшего препятствия.

Ключевые слова: система помощи при парковке, датчик, алгоритм нечеткого вывода Мамдани.

ANALYSIS OF POSSIBILITIES OF IMPROVEMENT OF THE AUTOMOBILE PARKING SYSTEM

V. Kubata, Associate Professor, Candidate of Technical Science,
A. Drobinin, postgraduate, S. Savchenko, student, KhNAHU

Abstract. It is suggested to promote the quality of parking system functioning by the increase of entrance values quantity used for the analysis of road situation. To determine the function of management by means of parking system the unclear conclusion of Mamdani is used for which the speed of the vehicle and distance to the nearest obstacle are the entrance data.

Key words: parking assistance, sensor, Mamdani fuzzy inference algorithm.

Вступ

Сьогодення в автомобілебудуванні характеризується бурхливим розвитком та впровадженням різноманітних електронних систем, спрямованих на підвищення безпеки руху автомобіля. До таких систем можна, зокрема, віднести і паркувальну систему автомобіля.

Паркувальна система є допоміжною системою безпеки автомобіля. Вона полегшує процес паркування автомобіля за рахунок контролю відстані до перешкоди. Найбільша ефективність від застосування паркувальних систем реалізується при русі автомобіля заднім ходом, в темний час доби, а також у скрутних умовах [1].

Торгова назва Parktronic System, зважаючи на її популярність, стало загальним ім'ям всіх автомобільних паркувальних систем.

Parktronic складається з:

- датчиків паркування;
- електронного блока керування;
- пристрою індикації.

У паркувальних системах використовуються ультразвукові датчики паркування. Parktronic зазвичай включає 4 – 8 датчиків паркування, з яких 4 задніх датчики і, у разі потреби, 2 – 4 передніх датчики [2].

Датчик посилає сигнал ультразвукової частоти (близько 40 кГц) і приймає його відбиття від перешкоди. Чим меншим є час повернення сигналу, тим ближче знаходиться перешкода. Ефективна робота датчика паркування здійснюється на відстані 0,25 – 1,8 м від перешкоди.

Електричні сигнали від датчиків надходять в електронний блок керування. Залежно від величини сигналів електронний блок керує роботою пристрою індикації.

Пристрій індикації (індикаторний пристрій) служить для попередження про наближення до перешкоди. У пристроях застосовуються такі види індикації:

- звукова;
- світлодіодна;
- цифрова;
- оптична.

Всі системи допомоги при паркуванні умовно можна поділити на два великих класи. До першого, більш простого, класу можна віднести системи, які, аналізуючи дані, отримані від датчиків відстані, сповіщають водія (за допомогою звукового, відео або іншого виду сигналу) про ступінь небезпеки потрапити в ДТП при русі заднім ходом. До другого класу віднесемо системи, умовно названі виробниками паркувальними автопілотами. Дані системи забезпечують автоматичне паркування транспортного засобу без участі водія. Викликається ця система натисненням кнопки на панелі приладів. Але в такому разі водій повністю виключений із процесу паркування автомобіля. Таким чином, на наш погляд, відсутня «проміжна ланка» між цими системами. Не існує паркувальної системи, яка не

заважала б діям водія у процесі паркування автотранспортного засобу. У той же час повинна аналізуватися дорожня обстановка навколо автомобіля і дії водія. На підставі цих даних має прийматися рішення про правильність чи неправильність маневрів водія. У разі, якщо певний маневр може призвести до ДТП, його слід ігнорувати і замість нього електронною системою повинно вироблятися більш адекватне в нинішній ситуації рішення. Шляхи створення такої системи і розглядаються в даній статті.

Аналіз публікацій

Проведений аналіз публікацій, присвячених паркувальним системам, показав, що розвиток і удосконалення таких систем йде двома шляхами [1–3].

Перший шлях – це спроби поліпшити приймально-передавальний канал зондуємого сигналу, коли пропонується замість ультразвукових датчиків використовувати інфрачервоні, оптичні або електромагнітні. Усім цим рішенням притаманні свої переваги і недоліки, але вони не змінюють концепції функціонування системи в цілому.

Другий шлях – це створення автоматичних систем паркування автомобіля без участі водія. Такий шлях на сьогодні можна віднести до унікальних робототехнічних розробок, що характеризується високою складністю конструкції і, відповідно, значною вартістю.

Інших пропозицій, які б дозволяли підвищити ефективність паркувальної системи за рахунок модернізації та удосконалення алгоритму її роботи, за невеликих економічних витрат, в доступних джерелах інформації не виявлено.

Мета і постановка задачі

Сучасні широко розповсюджені системи паркування у своїй роботі спираються на вимір відстані між автомобілем і перепорою з подальшим інформуванням водія про небезпеку, що наближається. Але цілком очевидно, що безпека паркування залежить не тільки від знання відстані до перепони, але і швидкості, з якою вона наближається. Невірний вибір швидкості руху в ряді випадків може призвести до небажаних наслідків.

Враховуючи сказане, метою статті є розробка пропозицій щодо модернізації алгоритму функціонування паркувальної системи, яка б дозволяла автоматично враховувати параметри руху автомобіля і в критичних ситуаціях, незалежно від волі водія, запобігати його невірним діям.

Нечіткий висновок Мамдані

Відповідно до поставленої задачі необхідно знайти вирішальну функцію керування системою паркування, яка б враховувала не тільки відстань до перешкоди, але і швидкість руху автомобіля.

Для знаходження вирішальної функції було використано алгоритм нечіткого висновку Мамдані, що часто трактується як розбиття простору факторів, що впливають на підобласті з розмитими межами, всередині яких функція відгуку набуває нечіткого значення. Як вхідні величини даного алгоритму було обрано швидкість автомобіля та відстань до найближчої перешкоди.

Вибір даного нечіткого висновку не випадковий. Останнім часом нечітке моделювання є одним з найбільш активних і перспективних напрямів прикладних досліджень у галузі керування. Моделювання за допомогою нечіткої логіки є особливо корисним, коли в описі технічних систем наявна невизначеність, яка ускладнює або навіть виключає застосування точних кількісних методів і підходів. У сфері керування технічними системами нечітке моделювання дозволяє отримувати більш адекватні результати, в порівнянні з результатами, які ґрунтуються на використанні традиційних аналітичних моделей і алгоритмів керування [4].

Алгоритмічно етапи виведення нечіткого висновку Мамдані представлено на рис. 1.

Розглянемо етапи нечіткого висновку більш детально.

База правил необхідна для формального представлення емпіричних знань або знань експертів у проблемній сфері. У даній роботі вона задає зв'язок між входами та виходом досліджуваного алгоритма. Найчастіше ця база являє собою сукупність правил у вигляді «Якщо <вхідна величина> – то <вихідна величина>».



Рис.1. Висновок Мамдані

Для нашої задачі було розроблено таку базу правил:

- відстань «Маленька» і швидкість «Низька» = визначальна функція «Вище середнього»;
- відстань «Середня» і швидкість «Середня» = визначальна функція «Середня»;
- відстань «Велика» і швидкість «Висока» = визначальна функція «Нижче середнього»;
- відстань «Маленька» і швидкість «Висока» = визначальна функція «Висока»;
- відстань «Середня» і швидкість «Висока» = визначальна функція «Вище середнього»;
- відстань «Велика» = визначальна функція «Низька»;
- відстань «Маленька» і швидкість «Середня» = визначальна функція «Вище середнього».

Під фазифікацією розуміється процес знаходження значень функцій приналежності для нечітких функцій приналежності на основі звичайних початкових даних [5]. Наявність функцій приналежності забезпечує числовий опис словесних термів, таких як «Маленька швидкість», «Велика відстань» та ін., які було використано в базі правил. В роботі трикутна функція приналежності використовувалася для вхідних величин швидкості та відстані. Вона описується співвідношенням

$$\mu(u) = \begin{cases} 0, u \notin a \text{ або } u^3 c \\ \frac{u-a}{b-a}, a < u \leq b \\ \frac{c-u}{c-b}, b < u < c \end{cases}, \quad (1)$$

де $\mu(u)$ – значення функції приналежності;
 u – значення вхідної величини;
 a та c – відповідно крайнє ліве та праве значення функції приналежності;
 b – координата максимуму.

Для лінгвістичного терма «Маленька відстань» приймаємо $a = -1,2$; $b = 0$; $c = 1,2$. Аналогічно для терма «Середня відстань» приймаємо $a = 0,3$; $b = 1,5$; $c = 2,7$. Для «Велика відстань» $a = 1,8$; $b = 3$; $c = 4,2$.

Для «Низької швидкості» прийmemo $a = -1,97$; $b = 0$; $c = 1,97$. Для «Середньої швидкості» – $a = 0,76$; $b = 2,5$; $c = 4,26$. Для «Великої швидкості» – $a = 3$; $b = 5$; $c = 7$.

Для вихідної змінної скористаємося Гаусовою функцією приналежності. Вона описується за допомогою відношення

$$\mu(u) = \exp\left(-\frac{(u-b)^2}{2c^2}\right), \quad (2)$$

де $\mu(u)$ – значення функції приналежності;
 u – значення вхідної величини;
 c – коефіцієнт концентрації;
 b – координата максимуму.

Для терма «Низька» маємо $b = 0$; $c = 0,1062$. При термі «Нижче середнього» маємо $b = 0,25$; $c = 0,1062$. Для терма «Середня» – $b = 0,5$; $c = 0,1062$. Для терма «Вище середнього» маємо $b = 0,75$; $c = 0,1062$. Для терма «Висока» – $b = 1$; $c = 0,1062$.

Агрегація є процедурою визначення ступеня істинності конкретних вхідних величин за кожним з правил.

При цьому ступінь істинності складного виразу визначається на основі значень істинності підумов. При цьому для визначення результату використовуємо нечітку операцію «І», яка може бути представлена за допомогою формули

$$T(A \wedge B) = \min\{T(A), T(B)\}, \quad (3)$$

де $T(A \wedge B)$ – результат операції «І»;
 $T(A)$ – значення функції приналежності першої вхідної величини;

$T(B)$ – значення функції приналежності другої вхідної величини.

А для визначення результату нечіткої диз'юнкції або операції «АБО» може бути використана формула

$$T(A \vee B) = \max\{T(A), T(B)\}, \quad (4)$$

де $T(A \vee B)$ – результат операції «АБО».

Активізація в системах нечіткого виведення являє собою процедуру знаходження нечіткого значення вирішальної функції для кожного правила. Для цього було використано метод min-активізації

$$\mu'(y) = \min\{c_i, \mu(y)\}, \quad (5)$$

де $\mu(y)$ – значення меншої функції приналежності вхідних величин; c_i – ступінь вагомості кожного правила. Всі правила прийнято рівновагомими, тобто цей коефіцієнт 1; $\mu'(y)$ – результат активізації.

Акумуляція являє собою процедуру знаходження результуючої нечіткої функції приналежності для вирішальної функції. Результат акумуляції для вихідної змінної визначається як об'єднання результатів активізації всіх правил.

Мета дефазифікації полягає в тому, щоб, використовуючи результат, отримати звичайне кількісне значення вихідної змінної, яке може бути використане спеціальними пристроями, зовнішніми по відношенню до системи нечіткого виведення.

У роботі для дефазифікації вихідної величини використовувався метод центру тяжіння. При дефазифікації цим методом звичайне (не нечітке) значення вихідної змінної є координатою на осі абсцис, яка є центром ваги площі, обмеженої графіком кривої функції приналежності вихідної змінної

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^k u_i \mu_A(u_i)}{\sum_{i=1}^k \mu_A(u_i)}, \quad (6)$$

де Z – кількісне значення вихідної змінної;

u_i – координата осі абсцис; $\mu_A(u_i)$ – значення нечіткої вихідної функції в точці u_i .

Для тестування працездатності створеної системи даний алгоритм було реалізовано в пакеті Fuzzy Toolbox математичної системи MATLAB. За допомогою браузера Rule Viewer (рис. 2) легко проілюструвати хід нечіткого виводу за кожним правилом, отримання результуючої нечіткої множини і виконання процедури дефазифікації [6].

Аналіз правил показує, що система логічно правильно відпрацьовує вхідні сигнали. Так, наприклад, за швидкості 2,8 м/с і відстані 2 м вихідна величина результуючої функції дорівнює 0,441. За відстані 0,5 м і швидкості 3,2 м/с вирішальна функція – 0,685.

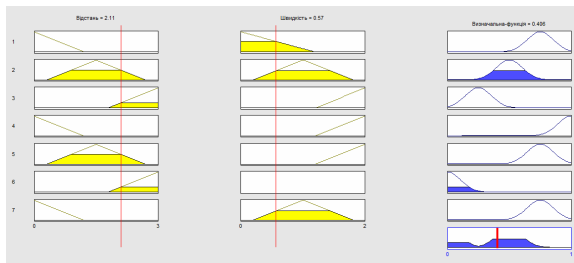


Рис. 2. Браузер Rule Viewer пакета Fuzzy Toolbox

Використовуючи браузер Surface Viewer, виведемо поверхню «входи – виходи» нечіткої системи. Результат представлено на рис. 3.

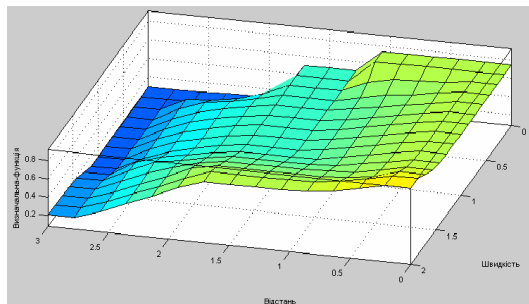


Рис. 3. Візуалізація поверхні «входи – вихід» в Surface Viewer

Вказаний спосіб знаходження вирішальної функції керування системою паркування може бути реалізований у вигляді програми для мікроконтролера.

На практиці отримані значення результуючої функції можна використати для подання звукового сигналу водію, автоматичного гальмування автомобіля, ігнорування несвоєчасного натиснення педалі акселератора тощо.

Висновки

Вирішальна функція керування паркуванням автомобіля, отримана на основі застосування матапарату нечіткої логіки, на відміну від існуючого підходу, враховує не тільки відстань до перешкоди, але і швидкість її наближення. Використання отриманих результатів у паркувальних системах дозволить підвищити ефективність їх роботи і своєчасно запобігти небажаним наслідкам від помилкових дій водія.

Література

1. Парнес М. Применение радарных датчиков в автомобиле / М. Парнес // Компоненты и технологии. – 2008. – №1. – С. 41 – 44.
2. Информационный интернет-проект «Безопасный автомобиль» [Електронний ресурс]. – Режим доступа до рес.: <http://cartest.omega.kz>.
3. Ford разработал систему полуавтоматической парковки [Електронний ресурс]/ Источник: «ForUm»// UGMK. INFO, новости. – 06.01.09. – Режим доступа до статті:<http://www.ugmk.info/?news=1231231806&sfera=4>.
4. Прикладные нечеткие системы / К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др; под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
5. Батыршин И.З. Основные операции нечеткой логики и их обобщения/ И.З. Батыршин. – Казань: Отечество, 2001. – 100 с.
6. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB/ С.Д. Штовба. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

Рецензент: О.П. Алексієв, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 13 лютого 2012 р.