

## ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КРУЇЗ-КОНТРОЛЮ АВТОМОБІЛЯ НА ОСНОВІ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

**О.Я. Ніконов, професор, д.т.н., В.С. Щебенюк, доцент, к.т.н.,  
В.Ю. Улько, аспірант, ХНАДУ**

***Анотація.** Проведено огляд сучасних систем адаптивного круїз-контролю автомобілів. Запропоновано для ефективного використання автомобілів застосовувати інтелектуальні алгоритми роботи системи круїз-контролю автомобілів на основі штучних нейронних мереж.*

***Ключові слова:** автомобіль, круїз-контроль, інтелектуальні системи, штучні нейронні мережі*

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КРУИЗ-КОНТРОЛЯ АВТОМОБИЛЯ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

**О.Я. Никонов, профессор, д.т.н., В.С. Щебенюк, доцент, к.т.н.,  
В.Ю. Улько, аспирант, ХНАДУ**

***Аннотация.** Проведен обзор современных систем адаптивного круиз-контроля автомобилей. Предложено для эффективного использования автомобилей применять интеллектуальные алгоритмы работы системы круиз-контроля автомобилей на основе искусственных нейронных сетей.*

***Ключевые слова:** автомобиль, круиз-контроль, интеллектуальные системы, искусственные нейронные сети*

## INTELLECTUALIZATION CAR CRUISE CONTROL BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

**O.J. Nikonov, professor, dr. eng. sc., V.S. Schebenyuk, assistant professor, cand. eng. sc.,  
V.Y. Ulko, post graduate student, KhNAHU**

***Abstract.** A review of modern cars adaptive cruise control systems. For the efficient use of cars to apply intelligent algorithms cars cruise control based on artificial neural networks is proposed.*

***Keywords:** car, cruise control, intelligent systems, artificial neural networks.*

### Вступ

Безперервний прогрес у галузі мікропроцесорної техніки та індустрії програмної продукції призводить до появи систем обчислювального інтелекту нового покоління і застосування їх у різних сферах нашого життя. Зараз автомобільна є найбільш динамічною галуззю, що розвивається. Тому розроблення інтелектуальних систем для автомобілів, що

дозволяють значно підвищити безпеку руху та енергоефективність використання автомобільного транспорту, є безумовно актуальною задачею. До вищезазначених систем відносяться і системи адаптивного круїз-контролю автомобіля, які призначені для автоматичного управління швидкістю руху автомобіля і є подальшим розвитком системи круїз-контролю. Адаптивний круїз контроль є технічною основою для систем автоматичного управління автомобілем

(безпілотних автомобілів).

В роботі розглядається задача побудови ефективної інформаційно-управляючої системи адаптивного круїз-контролю автомобіля на основі штучних нейронних мереж (ШНМ) і методів еволюційного моделювання [1,2].

### Аналіз публікацій

Перший автомобіль, оснащений системою круїз-контроль з'явився в 1958 році. Це був Chrysler Imperial. Система, що застосована на цьому автомобілі, зчитувала швидкість обертання карданного валу і через соленоїд контролювала подачу палива в камеру згоряння. Пізніше стали з'являтися системи, які контролювали подачу палива вимірюючи швидкість обертання коліс, зчитуючи показання спідометра або рівень обертів двигуна. Вперше адаптивний круїз контроль (АКК) був встановлений на Toyota Celsior і Lexus LS400 в 1997р, а в 1999р. на BMW і Mercedes-Benz.

Відомими системами адаптивного круїз-контролю є: Preview Distance Control від Mitsubishi; Radar Cruise Control від Toyota; Distronic (Distronic Plus) від Mercedes-Benz; Active Cruise Control від BMW; Adaptive Cruise Control від Volkswagen, Audi, Honda.

Система АКК включає датчик відстані, блок управління і виконавчі пристрої [3,4].

Датчик відстані служить для вимірювання швидкості і відстані до автомобіля, що рухається попереду. В якості сенсора відстані використовуються радары чи лідари. Радар (Radar, Radio Detection and Ranging) випромінює електромагнітні хвилі на об'єкт і отримує зворотний сигнал – відлуння. Швидкість автомобіля, що рухається попереду оцінюється по зміні частоти відбитої хвилі, а відстань до машини – по часу повернення сигналу. Встановлені параметри перетворюються в електричні сигнали і передаються в блок управління. Лідар (Lidar, Liht Detecting and Ranging) використовує інфрачервоний лазерний промінь. Принцип дії лідара аналогічний радару. Лазерні датчики дешевше радарів, але схильні до впливу погодних умов, тому на автомобілях преміум-класу в системі адаптивного круїз-контролю використовуються, в основному, радары.

Датчик відстані встановлюється на передньому бампері або решітці радіатора автомобіля. Радіус дії датчика складає близько 150 м. В останніх розробках адаптивного-круїз-контролю використовується датчики відстані короткого і довгого діапазонів. Датчик короткого діапазону забезпечує уповільнення автомобіля до повної зупинки. Датчик довгого діапазону – до 30 км/год. Це розширює функціональні можливості системи і дозволяє її використовувати при русі автомобіля з малою швидкістю на невеликій дистанції (наприклад, при русі в «пробках»). Приміром, у системі Distronic Plus використовується три датчика – один далекого і два ближньої дії.

Електронний блок управління приймає сигнали від датчиків відстані, а також вхідну інформацію від інших систем, за допомогою яких визначається: швидкість і дистанція до попереду автомобіля; швидкість керованого автомобіля; кут повороту рульового колеса; бічне прискорення; радіус кривої. Програмне забезпечення, встановлене в блоці, порівнює фактичні параметри руху із заданими, на підставі якого формуються управляючі дії по зміні швидкості руху. Своїх виконавчих пристроїв система АКК не має, а використовують інші електронні системи автомобіля, з якими зв'язується через відповідні блоки управління (система курсової стійкості, дросельна заслінка з електричним приводом, автоматична коробка передач).

Робота більшості систем АКК здійснюється в діапазоні швидкостей від 30 до 180 км/год. Є АКК, що підтримують швидкісний режим від 0 до 200 км/год, а також режим гальмування і старту в умовах щільного руху (функція Stop and Go).

АКК зазвичай забезпечує рух автомобіля в режимах постійної швидкості, прискорення і уповільнення. При відсутності на дорозі інших автомобілів, система підтримує задану водієм швидкість. При прискоренні або перестроюванні попереду автомобіля відбувається прискорення автомобіля до заданої водієм швидкості. При уповільненні або перестроюванні з сусіднього ряду попереду автомобіля відбувається уповільнення автомобіля до заданої водієм дистанції. На малій швидкості уповільнення

досягається за рахунок роботи гальмівної системи (збільшення тиску гальмівної рідини в системі), на високій швидкості – за рахунок зниження потужності двигуна (зменшення подачі повітря через дросельну заслінку) і, при необхідності, роботи гальмівної системи. З метою підвищення безпеки автомобіля окремі конструкції адаптивного круїз-контролю можуть бути доповнені системами превентивної безпеки, екстреного гальмування, GPS-навігації.

### Мета і постановка задачі досліджень

Метою статті є розробка концепції інтелектуалізації системи круїз-контролю автомобіля на основі методів обчислювального інтелекту.

### Інтелектуалізація системи круїз-контролю автомобіля

Розглянемо задачу побудови нейроконтролера (НК) для інтелектуальної системи круїз-контролю (ІСКК), що дозволить підвищити паливну економічність, надійність та довговічність автомобіля в цілому [2,5]. Для ІСКК була вибрана архітектура дискретного НК – 3-10-1, тобто вхідний шар НК містить 3 нейрона, розмір схованого шару НК – 10, а вихідний шар НК містить один лінійний нейрон, що формує сигнал управління на  $k$ -му кроці  $u_y(k)$ .

Величина кроку дискретизації сигналу управління  $\Delta_u$  залежить від динамічних властивостей самого об'єкта керування і від бажаного робочого діапазону частот вхідного впливу. У цьому випадку дискретність управління виберемо рівної  $\Delta_u = 0.01$  с.

Метою навчання НК є побудова нелінійної слідкуючої системи управління (СУ). Далі необхідно сформувати тренувальний набір сигналів. Виберемо набір тренувальних сигналів розміром  $M = 11$ :

$$u_r^i(k) = A_i 1(k); t \in [0, T];$$

$$A_i = (-8 + 2i); i = \overline{1, 7},$$

де  $1(k)$  – дискретний аналог одиничного східчастого сигналу:

$$1(k) = \begin{cases} 0, & k < 0; \\ 1, & k \geq 0. \end{cases}$$

Стрибоподібні вхідні сигнали в тренувальному наборі необхідні для забезпечення малої статичної помилки нейромережевої системи управління (НСУ). Тривалість тренувальних вхідних сигналів виберемо рівної  $T = 10$  с. Якість роботи НСУ будемо оцінювати по функціоналі виду

$$I(y) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{1}{k_T} \sum_{k=1}^{k_T} \left( E \cdot t_k + \gamma \frac{E}{t_k + \varepsilon} \right); \quad (1)$$

$$E = \left[ \left( \omega_i(k) - u_r^i(k) \right)^2 \cdot t_k \right]^2, \quad t_{k+1} = t_k + \Delta_u,$$

де  $\varepsilon = 0.01$  – малий параметр, що вводиться для забезпечення безперервності функціонала;  $\gamma$  – ваговий коефіцієнт, що визначається експериментально.

Результати чисельних експериментів дозволили достатньо точно оцінити область пошуку параметрів НК, тому в цьому випадку можна відмовитися від застосування параметра тангенціальної активаційної функції  $a$  і скоротити розмірність пошукового простору.

Для оцінки пристосованості особини по функціоналу (1) диференційні рівняння системи круїз-контролю перетворюються у форму Коші. Отримана система диференціальних рівнянь інтегрується методом Рунге-Кутта 4-го порядку з постійним кроком 0.001 с. Далі визначимо область пошуку для ПНМ 3-10-1

$$w_{i,j} \in [-1, 1], i = \overline{0, 3}, j = \overline{1, 10};$$

$$w_i \in [-100, 100], i = \overline{0, 10}.$$

Довжина кожної хромосоми виберемо рівної 16 біт, що дозволить більш точно визначити параметри НСУ для генетичного алгоритму (ГА) пошуку.

Тому що НСУ є дискретною вихід НК розраховується тільки кожні 0.01 с і фіксується на період дискретизації. Фіксація виходу НК повинна проводитися не тільки при моделюванні, але і при реальній роботі такий НСУ. Проте, на базі НК можуть

створюватися і імпульсні НСУ, у яких амплітудно-модульований вихідний сигнал НК діє на вхід об'єкта управління обмежений час.

Для створення інваріантної до зовнішніх випадкових збурень НСУ з дискретним НК, при навчанні НК будемо подавати на об'єкт збурюючий сигнал, що виникає під час руху автомобіля. Подавати на об'єкт збурюючий сигнал будемо один раз за дві епохи навчання. НК спочатку буде навчатися на навчальній вибірці без урахування збурень, а на наступному кроці на навчальній вибірці вже з урахуванням збурень.

В табл. 1 наведено численні дані проведених розрахунків ІСКК (об'єм статистичної вибірки при розрахунках математичних очікувань –  $10^4$ ).

Таблиця 1 Дані розрахунків ІСКК

| № | Алгоритми управління (навчання)              | $M[\Delta h_{\max}]$<br>м | $M[\Delta \omega_{\max}]$<br>с <sup>-1</sup> |
|---|----------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------|
| 1 | Штатний блок управління                      | 0,00121                   | 1,803                                        |
| 2 | НК (зворотного поширення)                    | 0,00090                   | 1,512                                        |
| 3 | НК (модифікований ГА)                        | 0,00084                   | 1,379                                        |
| 4 | НК (модифікований ГА + зворотного поширення) | 0,00078                   | 1,289                                        |

Аналіз вищенаведених динамічних процесів, а також чисельні дослідження, дозволяють зробити висновок про те, що введення до контуру управління НК дозволяє зменшити коливальність рейки паливного насоса  $\Delta h(t)$  та кутової швидкості обертання колінчастого валу  $\Delta \omega(t)$  до 35% (при цьому відносна вибіркова дисперсія не перевищила 5%), тобто дозволяє підвищити точність роботи і паливну економічність двигуна.

Результати проведених досліджень підтверджують ефективність стимульованого навчання НК з затримкою на базі ГА. Стрибкоподібні тренувальні сигнали гарантують синтез НК з малою статичною помилкою, однак для забезпечення НК необхідних динамічних характеристик у тренувальні сигнали необхідно включати гармонічні складові. Завдяки універсальним апроксимаційним властивостям ШНМ, синтезовані СУ змогли адаптуватися до об'єкту управління.

Ефективність рішення, що отримано за допомогою запропонованої методики, багато в чому визначається видом функціоналу якості. Вибір функціоналу, що використовується для оцінки роботи синтезованої СУ з НК, як і структури самого закону управління, є задачею, що вирішується дослідником залежно від складності та властивостей об'єкта управління.

Позитивною властивістю СУ з НК є низька чутливість до відходу параметрів від заданих (номінальних, оптимальних), що значно спрощує настроювання НК і підвищує стійкість роботи в умовах зовнішніх і внутрішніх збурень. Істотна розподільність (паралельність) обчислювального процесу в ШНМ забезпечує підвищену, у порівнянні із традиційними контролерами, надійність СУ, тому що якість роботи СУ з НК погіршується з ростом кількості пошкоджень поступово. Вихід нейронів НК із робочого стану або обрив зворотних зв'язків також не приводять до миттєвих руйнівних процесів на відміну від традиційних контролерів.

### Висновки

Проведено аналіз сучасних та перспективних систем круїз-контролю автомобіля. Запропоновано концепцію інтелектуалізації системи круїз-контролю автомобіля на основі методів обчислювального інтелекту. Розроблений нейроконтролер для ІСКК дозволяє підвищити точність роботи і паливну економічність двигуна. Для ІСКК перспективним є використання інтернет-технологій на основі GPS-навігації і транспортних порталів.

### Література

1. Смирнов О.П. Применение искусственного интеллекта в транспортных системах / О.П. Смирнов, А.А. Тропина // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – ХНАДУ. – Харків. – 2013. – №5. – С. 34-37.
2. Терехов В.А. Нейросетевые системы управления / В.А. Терехов, Д.В. Ефимов, И.Ю. Тюкин. – М.: ИПРЖР, 2002. – 480 с.
3. Кашканов А.А. Інформаційні комп'ютерні системи автомобільного транспорту: навчальний посібник / А.А. Кашканов, В.П. Кужель, О.Г. Грисюк. – Вінниця:

ВНТУ, 2010. – 230 с.

4. Голобородько О.О. Мехатронні системи автомобільного транспорту: навчальний посібник / О.О. Голобородько, В.В. Редчиць, О.М. Коробочка. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006 – 300 с.
5. Хайкин С. Нейронные сети / Хайкин С.: пер с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.

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

Стаття надійшла до редакції 25 травня 2015 р.