

*О.Я. НИКОНОВ, Д.М. КЛЕЦ., А.И. БОНДАРЕНКО*

### **КОНЦЕПЦІЯ РОЗРОБЛЕННЯ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ КОНВЕРГЕНЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Запропонована інтелектуальна бортова інформаційна система транспортних засобів (ТЗ) на основі фазі-архітектури дозволяє підвищити безпеку та ефективність керування ТЗ за рахунок того, що керування ТЗ здійснюється за допомогою фазі-архітектури. Проаналізовано основні тенденції та підходи до концепції розроблення транспортних засобів на основі конвергенції інтелектуальних технологій. Для ефективного розроблення транспортних засобів необхідно використання технології віртуальної реальності, синергетичного підходу, еволюційних методів моделювання, методів глибокого навчання штучних багатословних нейронних мереж, використання фазі-архітектури. Запропоновано функціональну і структурну схему інтелектуальної бортової інформаційної системи транспортних засобів. Змінений принцип роботи керуючого блока на основі фазі-архітектури підвищує продуктивність і ефективність керування ТЗ. Представлено структурну схему керуючого блока на основі фазі-архітектури, який складається з блоків на основі фазі-логіки

**Ключові слова:** мехатронна система, транспортний засіб, інформаційні технології, нейронні мережі.

*О.Я. НИКОНОВ, Д.М. КЛЕЦ., А.И. БОНДАРЕНКО*

### **КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ КОНВЕРГЕНЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Предложенная интеллектуальная бортовая информационная система транспортных средств (ТС) на основе фаззи-архитектуры позволяет повысить безопасность и эффективность управления ТС за счет того, что управление ТС осуществляется с помощью фаззи-архитектуры. Проанализированы основные тенденции и подходы к концепции разработки транспортных средств на основе конвергенции интеллектуальных технологий. Для эффективной разработки транспортных средств необходимо использование технологии виртуальной реальности, синергетического подхода, эволюционных методов моделирования, методов глубокого обучения искусственных многослойных нейронных сетей, использование фаззи-архитектуры. Предложена функциональная и структурная схема интеллектуальной бортовой информационной системы транспортных средств. Измененный принцип работы управляющего блока на основе фаззи-архитектуры повышает производительность и эффективность управления ТС. Представлена структурная схема управляющего блока на основе фаззи-архитектуры, который состоит из блоков на основе фаззи-логики

**Ключевые слова:** мехатронная система, транспортное средство, информационные технологии, нейронные сети.

*O.IA. NIKONOV, D.M. KLETS., A.I. BONDARENKO*

### **CONCEPT OF DEVELOPMENT OF MECHATRONIC VEHICLE SYSTEMS BASED ON THE CONVERGENCE OF INTELLIGENT TECHNOLOGIES**

The proposed intelligent on-board information system of vehicles based on fuzzy architecture allows to improve the safety and efficiency of vehicle control due to the fact that the vehicle control is carried out with the help of fuzzy architecture. The main trends and approaches to the concept of vehicle development based on the convergence of intelligent technologies are analysed. For effective development of vehicles it is necessary to use virtual reality technology, synergetic approach, evolutionary modelling methods, methods of deep learning of artificial multi-layer neural networks, the use of fuzzy architecture. The functional and structural scheme of intelligent on-board information system of vehicles is proposed. The principle of operation of the control unit on the basis of fuzzy architecture improves the performance and efficiency of vehicle control. The block diagram of the control block based on fuzzy architecture, which consists of blocks based on fuzzy logic, is presented

**Key words:** mechatronic system, vehicle, information technology, neural networks.

**Вступ.** Протягом останніх десятиліть спостерігалось посилення важливості міждисциплінарного підходу. Складні проблеми, з якими стикається людство, вимагають одночасного використання досягнень кількох дисциплін. Все частіше інструментарій з однієї галузі науки успішно використовується в інших областях. Наприклад, зростає ступінь математизації і комп'ютеризації наукових і технологічних областей. Також посилюється і взаємний вплив технологій. Відображенням подібних тенденцій і стала конвергенція технологій. Найактуальнішою проблемою останнього часу є створення ефективного штучного інтелекту, який дозволить розробляти якісно нові технічні системи

підвищеної швидкодії, надійності та довговічності на основі конвергенції технологій [1-3].

#### **Управління автомобілем на основі глибокого навчання штучних багатословних нейронних мереж**

Сучасний генезис штучного інтелекту, на думку авторів, зв'язаний з появою насамперед:

- нейроморфних процесорів і технології TrueNorth;
- технології глибокого навчання штучних нейронних мереж;
- розвинених архітектур хмарних сервісів;
- ефективних технологій великих даних.

Згідно до закону Мура [4], сучасний генезис штучного інтелекту можна розглядати як сходінку

до створення «сильного» штучного інтелекту [5]. Серед дослідників штучного інтелекту є спільна домовленість про те, що «сильний» штучний інтелект має такі властивості:

- прийняття рішень, використання стратегій, рішення головоломок і дії в умовах невизначеності;
- представлення знань, включаючи загальне уявлення про реальність;
- планування;
- навчання;
- спілкування на природній мові;
- об'єднання всіх цих здібностей для досягнення загальних цілей.

За прогнозами вчених появу такого «сильного» штучного інтелекту слід очікувати в другій половині 21 століття. Однак є прогнози – 2024 рік [6].

Ідея, що штучний інтелект починає працювати значно краще, коли вдається перейти до спеціальної задачі, що звужує простір трактувань, може бути застосована до систем управління автомобілем без водія [7]. Наприклад, технології глибокого навчання штучних нейронних мереж.

У 2016 році компанія Grand View Research (GVR) оцінила глобальний ринок глибокого навчання в 272 мільйони доларів США. Його значна частина (20%) належала авіаційно-космічній та оборонній промисловості. З 2014 року ринок глибокого навчання демонструє безперервне зростання. В останньому звіті GVR йдеться, що до кінця 2025 року цей ринок досягне 10,2 млрд доларів.

Оскільки глибоке навчання нейронних мереж може створювати функції без втручання людини, фахівці в цій галузі зможуть заощадити багато часу при роботі з великими даними, спираючись на цю технологію. Це дозволяє їм використовувати більш складні набори функцій в порівнянні з традиційним програмним забезпеченням для машинного навчання.

Глибоке навчання – це підхід, який моделює абстрактне мислення людини (або, принаймні, є спробою наблизитися до нього), а не використовує його. Однак ця технологія має деякі труднощі з її використанням [8].

Процес глибокого навчання заснований на аналізі великих обсягів даних. Але потокові вхідні дані надають мало часу для забезпечення ефективного процесу навчання. Ось чому фахівцям

доводиться адаптувати свої алгоритми глибокого навчання, щоб нейронні мережі могли обробляти великі обсяги безперервних вхідних даних.

Ще одна складність технології глибокого навчання полягає в тому, що вона не може надати причини і аргументи своїх висновків. На відміну від традиційного машинного навчання, ви не зможете перевірити алгоритм і дізнатися, чому ваша система вирішила, що, на картинці зображено кішка, а не собака. Щоб виправити помилки в алгоритмах глибокого навчання, потрібно переглянути весь алгоритм.

Глибоке навчання – досить ресурсомістка технологія. Вона вимагає більш потужних графічних процесорів, високопродуктивних відеокарт, великого обсягу пам'яті для навчання моделей і т. Д. Крім того, цією технологією потрібно більше часу для навчання в порівнянні з традиційним машинним навчанням.

Незважаючи на всі недоліки, поліпшені методи глибокого навчання відкривають нові можливості для ефективного аналізу великих обсягів неструктурованих даних (рис. 1). Компанії, які використовують глибоке навчання в своїх завданнях, зможуть отримати більш точні результати аналітики без необхідності витратити багато часу на навчання системи.

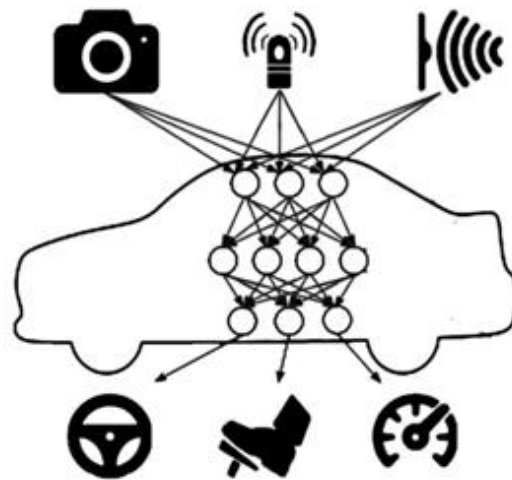


Рис. 1. Приклад функціональної схеми управління автомобілем на основі методів глибокого навчання штучних багатошарових нейронних мереж

Ефективним підходом є також використання фазі-архітектур для бортової інформаційної системи транспортного засобу (ТЗ) (рис. 2) [9].

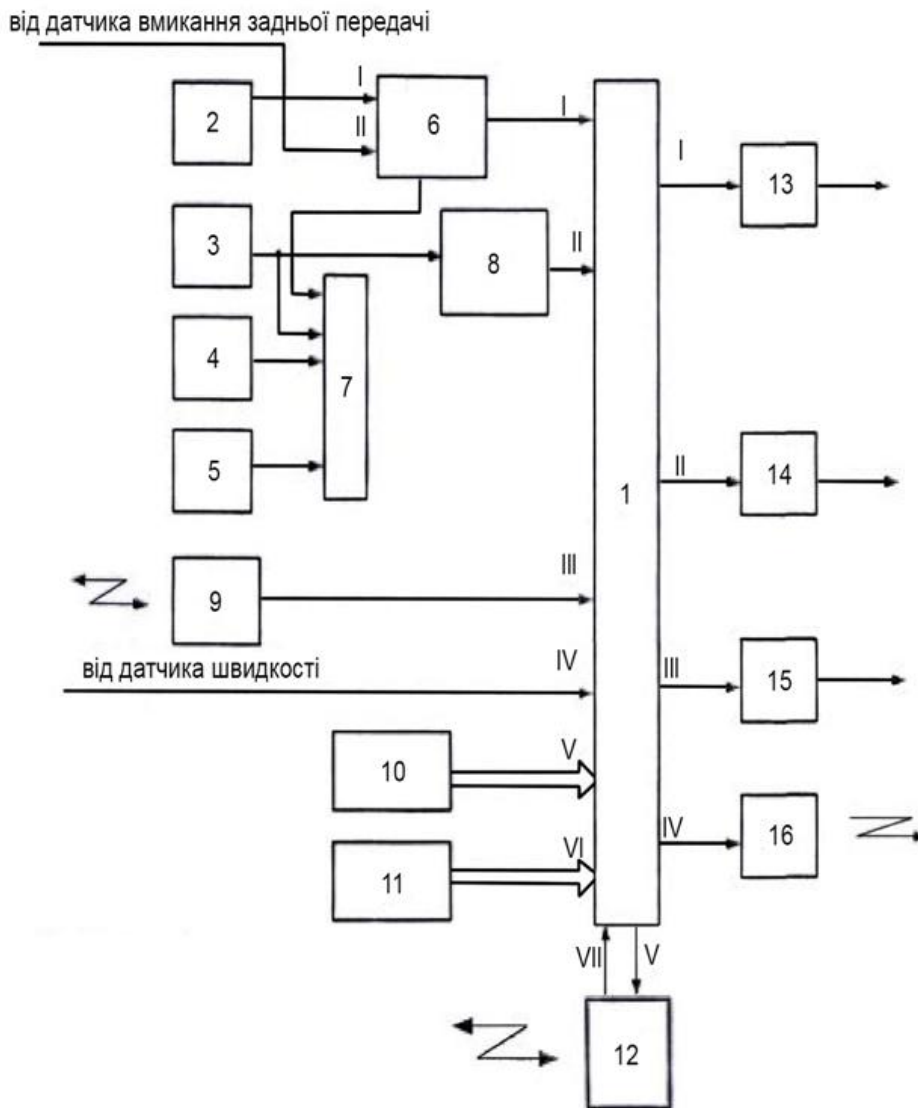


Рис.2. Структурна схема інтелектуальної бортової інформаційної системи ТЗ на основі фази-архітектури

Структурна схема складається з керуючого блока на основі фази-архітектури 1, мініатюрних відеокамер 2, 3, 4, 5, комутатора 6, блока зберігання цифрової інформації 7, блока розпізнавання знаків 8, радара 9, супутникового навігатора 10, блока пам'яті 11, приймально-передавального пристрою 12, пристрою керування швидкістю руху 13, пристрою керування напрямком руху 14, пристрою керування гальмівною системою 15, передавального пристрою 16.

Технічний результат розробки досягається тим, що в інтелектуальній бортовій інформаційній системі ТЗ замість електронного блоку встановлюється керуючий блок з інтелектуальною технологією на основі фази-архітектури 1, мініатюрні відеокамери 2, 3, 4, 5, комутатор 6, блок зберігання цифрової інформації 7, блок розпізнавання знаків 8, радар 9, супутниковий навігатор 10, блок пам'яті 11, приймально-передавальний пристрій 12, пристрій

керування швидкістю руху 13, пристрій керування напрямком руху 14, пристрій керування гальмівною системою 15, передавальний пристрій 16, причому мініатюрні відеокамери заднього виду 2, перша 3 і друга 4 бічні, переднього виду 5 розміщені відповідно на задньому, бічних і передньому склі автомобіля, комутатор 6 і блок зберігання цифрової інформації 7 розміщені в захищеному корпусі, виходи мініатюрних відеокамер першої 3 та другої 4 бічних і передньої 5 з'єднані з відповідними входами блока зберігання цифрової інформації 7, вихід мініатюрної відеокамери заднього виду 2 з'єднаний зі входом комутатора 6, перший і другий виходи якого з'єднані з відповідними входами блока зберігання цифрової інформації 7 і з першим входом керуючого блока на основі фази-архітектури 1, а вхід управління з'єднаний з виходом датчика включення заднього ходу ТЗ, вихід першої бічної мініатюрної відеокамери 3 з'єднаний зі входом блока

розпізнавання знаків 8, вихід якого з'єднаний з другим входом керуючого блока на основі фазі-архітектури 1, третій і четвертий входи якого з'єднані відповідно з виходом радара 9 і з виходом датчика швидкості, виходи супутникового навігатора 10 і блока пам'яті 11 з'єднані з п'ятим і шостим входами керуючого блока на основі фазі-архітектури 1, вихід приймально-передавального пристрою 12 з'єднаний з сьомим входом керуючого блока на основі фазі-архітектури 1, перший, другий, третій і четвертий виходи якого з'єднані відповідно з входом пристрою керування швидкістю руху 13, зі входом пристрою керування напрямком руху 14, зі входом пристрою керування гальмівною системою 15, зі входом передавального пристрою 16, п'ятий вихід керуючого блока на основі фазі-архітектури 1 з'єднаний з входом приймально-передавального пристрою 12.

Змінений принцип роботи керуючого блока на основі фазі-архітектури 1 підвищує продуктивність і ефективність керування ТЗ.

На рис.3 представлено структурну схему керуючого блока на основі фазі-архітектури 1, який складається з блоків на основі фазі-логіки 17-21.

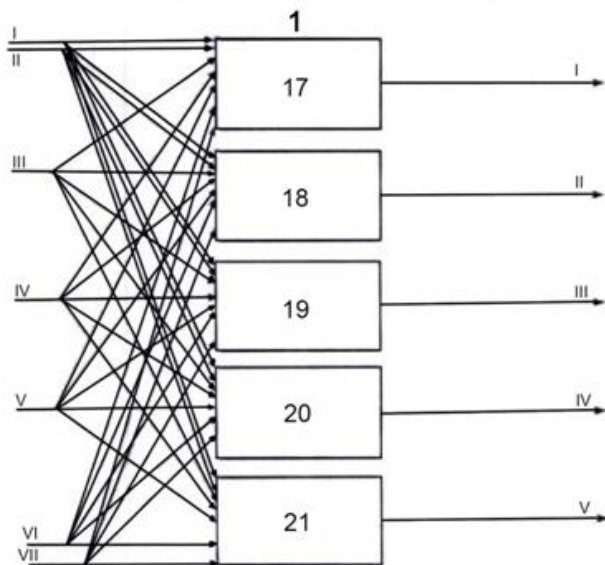


Рис.3. Структурна схема керуючого блока на основі фазі-архітектури

Технічний результат розробки досягається тим, що керуючий блок на основі фазі-архітектури 1 виробляє керуючі сигнали наступним чином – на блоки на основі фазі-логіки 17-21 надходять вхідні сигнали з першого по сьомий відповідно, які обробляються за допомогою фазі-логіки, вихідні керуючі сигнали з блоків 17-21 надходять на входи I-V відповідно до пристрою керування швидкістю руху 13 (рис.2), до пристрою керування напрямком руху 14 (рис.2), до пристрою керування гальмівною системою 15 (рис.2), до передавального пристрою 16 (рис.2), до приймально-передавального пристрою 12 (рис.2).

На рис.4 представлено структурну схему блоків фазі-логіки 17-21, які складаються з блока фазифікації 22, бази знань 23, яка складається з бази

даних 24 та бази правил 25, блока прийняття рішень 26 та блока дефазифікації.

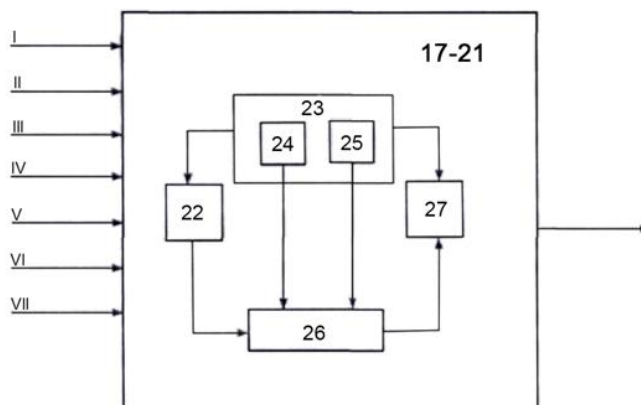


Рис.4 – Структурна схема блоків фазі-логіки 17-21

Технічний результат розробки досягається тим, що на вхід блоків нечіткої логіки 17-21 подаються вхідні сигнали I-VII, які блок фазифікації 22 перетворює з чисельних значень в ступені відповідності лінгвістичним змінним, база даних 24 визначає функції належності нечітких множин, які використовуються в нечітких правилах, база правил 25 містить набір нечітких правил типу IF-THEN, база знань 23, сигнали з блока фазифікації 22, бази даних 24 та бази правил 25 надходять до блока прийняття рішень 26, який здійснює операції виведення на підставі наявних правил, далі сигнали з бази знань 23 та блока прийняття рішень 26 надходять до блока дефазифікації 27, який перетворює результати виведення в чисельні значення, після чого керуючі сигнали надходять до відповідних пристроїв, якими керує керуючий блок на основі фазі-архітектури 1 ТЗ.

**Висновки.** Запропонована інтелектуальна бортова інформаційна система ТЗ на основі фазі-архітектури дозволяє підвищити безпеку та ефективність керування ТЗ за рахунок того, що керування ТЗ здійснюється за допомогою фазі-архітектури.

Проаналізовано основні тенденції та підходи до концепції розроблення транспортних засобів на основі конвергенції інтелектуальних технологій. Для ефективного розроблення транспортних засобів необхідно використання технології віртуальної реальності, синергетичного підходу, еволюційних методів моделювання, методів глибокого навчання штучних багатшарових нейронних мереж, використання фазі-архітектур. Запропоновано функціональну і структурну схему інтелектуальної бортової інформаційної системи транспортних засобів.

#### Список літератури

1. Monte Louis A. Del The Articial Intelligence Revolution: Will Articial Intelligence Serve Us Or Replace Us? / Louis A Del Monte; 2014. – 210 p.
2. Tegmark M. Life 3.0: being human in the age of artificial intelligence / M. Tegmark. – New York: Knopf., 2017. – 280 p.

3. Goodfellow I. Deep Learning / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. – London: MIT Press, 2016. – 800 p.
4. Moore G.E. Cramming more components onto integrated circuits / G.E. Moore // Electronics. – 1965. – Vol.38, №8. – P. 114-117.
5. Searle J. Minds, brains, and programs / J. Searle // Behavioral and brain sciences. – 1980. – Vol.3, №3. – P. 417-457.
6. Соболенко С. Искусственный интеллект: начала MSM. Сингулярность неизбежна / С. Соболенко. – Издательские решения, 2018. – 180 с.
7. 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.
8. Hinton G. A practical guide to training restricted Boltzmann machines / G. Hinton // Toronto: Machine Learning Group, University of Toronto. – 2010. – Tech. Rep. 2010-000.
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. – P. 66-72.
2. Tegmark M. Life 3.0 : being human in the age of artificial intelligence / M. Tegmark. – New York: Knopf., 2017. – 280 r.
3. Goodfellow I. Deep Learning / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. – London: MIT Press, 2016. – 800 r.
4. Moore G.E. Cramming more components onto integrated circuits / G.E. Moore // Electronics. – 1965. – Vol.38, №8. – P. 114-117.
5. Searle J. Minds, brains, and programs / J. Searle // Behavioral and brain sciences. – 1980. – Vol.3, №3. – P. 417-457.
6. Sobolenko S. Yskusstvennyi yntellekt: nachala MSM. Synhuliarnost neyzbezha / S. Sobolenko. – Yzdatelskye resheniya, 2018. – 180 s.
7. Nykonov O.Ia. Robotyzirovannye avtomobyly: sovremennye tekhnolohyy y perspektyvy razvytyia / O.Ia. Nykonov, T.O. Polosukhyina // Avtomobyl y Elektronika. Sovremennye tekhnolohyy. – Kharkov: KhNADU, 2013. – № 5. – S. 38-42.
8. Hinton G. A practical guide to training restricted Boltzmann machines / G. Hinton // Toronto: Machine Learning Group, University of Toronto. – 2010. – Tech. Rep. 2010-000.
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. – P. 66-72.

**References (transliterated)**

1. Monte Louis A. Del The Articial Intelligence Revolution: Will Articial Intelligence Serve Us Or Replace Us? / Louis A Del Monte; 2014. – 210 r.

Надійшла (received) 7.12.18

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Ніконов Олег Якович (Никонов Олег Яковлевич, Nikonov Oleh Yakovych)** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Харківського національного автомобільно-дорожнього університету; м. Харків, Україна; e-mail: [nikonov.oj@gmail.com](mailto:nikonov.oj@gmail.com)

**Клець Дмитро Михайлович (Клець Дмитрий Михайлович, Klets Dmytryi Mykhailovych)** – доктор технічних наук, професор, проректор з НІР Харківського національного автомобільно-дорожнього університету; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7463-1030>; e-mail: [d.m.klets@gmail.com](mailto:d.m.klets@gmail.com)

**Бондаренко Анатолій Ігорович (Бондаренко Анатолий Игоревич, Bondarenko Anatoliy Yhorevych)** – доктор технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри автомобіле- та тракторобудування; м. Харків, Україна; e-mail: [anatoliybon13@gmail.com](mailto:anatoliybon13@gmail.com)