

ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ НАЗЕМНИМИ БЕЗПІЛОТНИМИ БАГАТОЦІЛЬОВИМИ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ

Ніконов О. Я.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Запропоновано, обґрунтовано та реалізовано концепцію інтелектуального керування наземними безпілотними багатоцільовими транспортними засобами на основі штучних гібридних нейрофазирегуляторів з використанням сервісів хмарних обчислень і технології глибокого навчання. Отримала подальший розвиток концепція побудови єдиного інформаційного простору на основі об'єднання синергетичного підходу та методів штучного інтелекту.

Ключові слова: інформаційно-комунікаційна технологія, штучний інтелект, хмарні обчислення, глибоке навчання, безпілотні багатоцільові транспортні засоби

Вступ

Створення повноцінного наземного безпілотного транспортного засобу (НБТЗ) – один з найбільших викликів для технологічного процесу початку ХХІ століття.

На сьогодні склалася ситуація, коли процес створення сучасних приладів та пристроїв, агрегатів та систем НБТЗ випередив теорію інформаційного аналізу та синтезу складних систем. Наявні окремі рішення щодо інформаційного забезпечення НБТЗ потребують узагальнення, стандартизації та уніфікації, визначення нових спеціальних вимог до створення комп'ютерних обчислювальних систем та мереж на транспорті. Тому необхідним та актуальним елементом є розроблення інформаційно-комунікаційної технології інтелектуального керування багатоцільовими НБТЗ.

Вирішення проблем інтелектуалізації електронних систем НБТЗ та інструментальних засобів моніторингу стану та умов руху введе вітчизняні НБТЗ на новий якісний рівень і значно підвищить їхні технічні характеристики та поліпшить умови транспортних послуг мешканцям міст та регіонів України на рівні кращих закордонних рішень. Розроблена технологія для багатоцільових НБТЗ має прикладні результати подвійного використання, що дозволить, крім збільшення робочих місць та обсягів виробництва продукції, значно підвищити обороноздатність та національну безпеку України.

Як демонструють дві великі угоди 2020 року, індустрія безпілотного транспорту готова для консолідації. У червні 2020 року Amazon придбала Zoox, а в грудні 2020 Аутога купила підрозділ Uber, що здійснює

виробництво безпілотних автомобілів, а компанія Nuro придбала Ike Robotics.

Прикладом стрімкого розвитку військових безпілотних транспортних засобів є компанія Hyundai Rotem, що є дочірнім підприємством південнокорейської автомобільної групи Hyundai, яка у липні 2021 року розпочала постачання безпілотних військових машин армії Південної Кореї для шестимісячних випробувань. Вага машин становить дві тони, вони здатні перевозити припаси, здійснювати обшук полів й евакуацію пацієнтів (рис. 1).



Рис. 1. Багатоцільова безпілотна машина компанії Hyundai Rotem

Аналіз публікацій

Нині вирішення завдань ефективного й безпечного керування багатоцільовими НБТЗ є неможливим як без інформації про параметри власного руху транспортних засобів, технічного стану двигуна, трансмісії, запасу палива (енергії), так і без інформації про зовнішнє середовище руху. Вирішення в режимі реального часу завдання збирання й оператив-

вного оброблення значного обсягу параметрів, які використовуються в процесах керування, неможливо через дублювання датчиків і шляхів їхньої трансляції, оскільки це суттєво збільшує габарити й вагу апаратури та залишає менше місця для інших важливих функцій. Для суттєвого покращення характеристик багатоцільових НБТЗ та підвищення ефективності функціонування транспортних систем виникає необхідність в створенні інформаційно-комунікаційної технології інтелектуального керування безпілотними НБТЗ. Цю проблему, крім науковців Харківського національного автомобільно-дорожнього університету [1–4], намагаються вирішити українські вчені [5–12]. Аналіз результатів, отриманих вітчизняними та іноземними вченими демонструє наявність некомплексного підходу (відокремлені рішення), і на сьогодні немає цілісної інформаційно-комунікаційної технології інтелектуального керування багатоцільовими НБТЗ. Проблеми багатоцільових транспортних засобів, насамперед подвійного використання, намагаються вирішити тільки науковці Національного технічного університету «Харківський політехнічний університет», однак проблеми роботоризації означених засобів ними ще не вирішені.

Мета і постановка завдання

Метою статті є розроблення інформаційно-комунікаційної технології інтелектуального керування багатоцільовими НБТЗ, наприклад багатовантажних тягачів, трубоукладачів для нафтогазопроводів, мобільних бурових приладів, спеціальних машин для надзвичайних ситуацій, які працюють в умовах інтенсивних навантажень, складних умовах експлуатації, підвищеної відповідальності механізмів, внаслідок чого отримано високий рівень технологічних процесів, що здійснюють такі машини, зокрема суттєво зменшено людські та енерговитрати, підвищена надійність машин і точність керування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- здійснити пошук та аналіз наявної інформаційно-комунікаційної технології інтелектуального керування багатоцільовими НБТЗ;
- розробити концепцію інформаційно-комунікаційної технології інтелектуального керування багатоцільовими НБТЗ;
- визначити та формалізувати вимоги до інформаційно-комунікаційної технології інтелектуального керування багатоцільовими НБТЗ;

– розробити інформаційно-комунікаційну технологію інтелектуального керування багатоцільовими НБТЗ.

Розроблення та впровадження високоефективних інформаційно-комунікаційної технології інтелектуального керування багатоцільовими НБТЗ є надзвичайно важливою й актуальною проблемою. Її вирішення дозволить якісно підвищити їхню точність, функціональну та структурну надійність, якість перехідних процесів під час відпрацювання сигналів керування й внутрішніх та зовнішніх збурювальних дій, а також відмовитись від водія (екіпажу).

Розроблення інформаційно-комунікаційної технології інтелектуального керування

Основна ідея полягає в можливості використання штучного інтелекту для розроблення інформаційно-комунікаційної технології інтелектуального керування багатомірними нелінійними динамічними системами, що знаходяться під впливом випадкових збурень із задалегідь невідомими параметрами.

Робоча гіпотеза оснований на твердженні про можливість підвищення ефективності функціонування багатоцільового НБТЗ внаслідок об'єднання синергетичного підходу й еволюційних методів навчання гібридних багатошарових нечітких штучних нейронних мереж інтелектуальних інформаційно-керувальних систем транспортних засобів.

Методологія вирішення завдань базується на використанні синергетичного підходу до створення інформаційно-комунікаційної технології інтелектуального керування багатоцільовими НБТЗ як розвитку системного підходу з огляду на адаптацію та інтеграцію транспортного засобу до транспортної інфраструктури та/або перетинальної місцевості. Принципи синергетики є в основі побудови мехатронних систем – поєднання в одному агрегаті компонент різної технічної природи (механічних, електротехнічних, комп'ютерних), які адаптивно взаємодіють із зовнішнім середовищем як єдиний функціональний і конструктивний організм. Синергетичний підхід досліджує явища та процеси, під час яких у системі можуть з'явитися властивості, якими не володіє жодна з частин.

Новизна синергетичної інтеграції полягає в тому, що вона здійснюється тільки на основі паралельного проектування, методологією якого (на відміну від традиційного послідовного) є одночасний і взаємопов'язаний синтез

всіх компонент (традиційних й інтелектуального типу) технічної системи мехатронного класу.

Хмарні сервіси, що дозволяють перенести обчислювальні ресурси та дані на віддалені інтернет-сервери, на сьогодні є одним з основних трендів розвитку ІТ-технологій. Розповсюдження мереж з високою потужністю, відносна низька вартість комп'ютерів і пристроїв зберігання даних, а також впровадження віртуалізації, сервіс-орієнтованої архітектури призвели до величезного збільшення хмарних обчислень. Кінцеві користувачі можуть не перейматися роботою обладнання технологічної інфраструктури «в хмарі», яка їх підтримує.

Новою парадигмою розподілених обчислень, здійснюваних у межах досяжності кінцевих пристроїв, стали граничні (периферійні) обчислення. Цей тип обчислень використовується для скорочення часу мережевого відгуку, а також більш ефективного використання пропускної здатності мережі. Сервіси додатків, що використовують граничні обчислення, скорочують обсяги даних, які повинні бути передані, наступний трафік і відстань, яку повинні пройти дані. Ця архітектура обчислень забезпечує меншу затримку відгуку всередині мережі та знижує витрати на обмін даними.

Технології хмарних і граничних обчислень можуть бути ефективно використані для розроблення наземних безпілотних багатоцільових транспортних засобів, які потребують суперпотужних обчислювальних платформ (рис. 2).

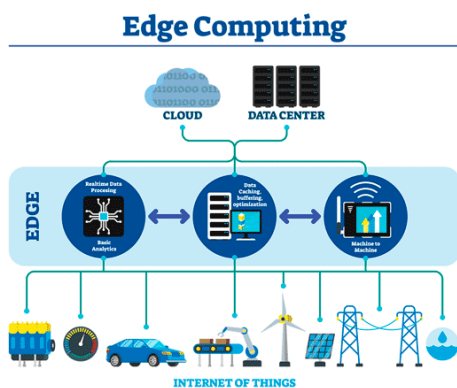


Рис. 2. Галузі застосування крайових і хмарних обчислень

Глибоке навчання також називають ієрархічним навчанням, або глибоким структурованим навчанням. Свою назву технологія отримала через те, що дані проходять крізь

декілька шарів штучної нейронної мережі. Результати роботи одного шару є вхідними даними для іншого. Це дозволяє машинам самостійно навчатися та створювати ієрархічне відображення даних.

Головна ідея використання глибокого навчання – імітувати принципи роботи людського мозку. Останній також використовує шари нейронів під час процесу мислення.

Ідея таких нейромереж не є новою. Вона з'явилася ще в 50-ті роки ХХ століття, але тільки протягом останніх років набула суттєвого поширення. Це пояснюється прогресом обчислювальної техніки, адже для роботи нейромережі потрібна велика обчислювальна потужність.

На початку 2021 року компанія ARK Invest випустила звіт Big Ideas 2021, в якому поставила технологію глибокого навчання на перше місце в списку найбільш перспективних секторів для інвестування. На думку аналітиків, глибоке навчання може стати найважливішим проривом нашого часу. На сьогодні воно застосовується майже в усіх галузях, де є можливість збору та використання даних (рис. 3). А використання у галузі НБТЗ разом з потужними комп'ютерними обчислювальними платформами стає революційною технологією для створення таких засобів.

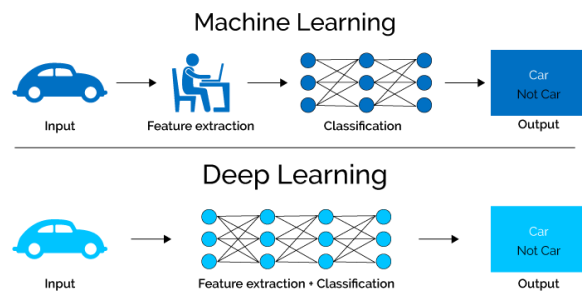


Рис. 3. Машинне й глибоке навчання штучних нейронних мереж

Розроблена концепція інформаційно-комунікаційної технології інтелектуального керування багатоцільовими НБТЗ дозволяє підвищити швидкість, надійність та точність керування транспортними засобами завдяки інтелектуалізації методів та алгоритмів керування й використання концепції єдиного інформаційного простору.

У межах концепції розроблена технологія інтелектуального керування багатоцільовими НБТЗ з використанням сервісів хмарних обчислень на основі глибокого навчання штучних нейронних мереж, яка дозволяє значно

пришвидшити процес оброблення та прийняття рішень бортовим комп'ютером НБТЗ, а також зменшити вартість і вимоги до бортового комп'ютера завдяки тому, що основні обчислення здійснюються в хмарних сервісах (рис. 4).

Як базовий транспортний засіб можна використати вітчизняний автомобіль спеціального призначення КрАЗ-Спартан з автопілотом Pilotdrive. Новаторський для країни проєкт реалізовано завдяки тісній співпраці українського виробника вантажної техніки – ПАТ «АвтоКрАЗ» та Запорізької інжинірингової компанії «Інфоком Лтд».

Вітчизняний автопілот Pilotdrive, встановлений на КрАЗ-Спартані, оснащений комплексом спеціальних датчиків, що дозволяють автомобілю легко орієнтуватися в дорозі. Вони складаються з тепловізора системою автоматичної цілевказівки і захоплення, відеокамери з охопленням 360°, переднього та заднього радарів для виявлення перешкод, далекоміра, емнісного датчика присутності людини в радіусі 18 метрів. Завдяки системі Pilotdrive КрАЗ-Спартан розпізнає ширину дороги, а також перешкоди, що знаходяться навколо нього.

Управління безпілотним КрАЗ-Спартаном може здійснюватися за допомогою планшета, «розумної» рукавички» або операторської станції. Зв'язок із автомобілем здійснюється за цифровими радіоканалами передачі даних WiFi/Wimax, радіус зв'язку яких від 10 км до 50 км.



Рис. 4. Технологія інтелектуального керування з використанням сервісів хмарних обчислень на основі глибокого навчання

Основна мета безпілотного броньованого автомобіля КрАЗ – допомога військовим в зоні бойових дій для мінімізації ризиків і збереження життя особового складу під час здійснення різноманітних тактичних завдань. КрАЗи на автопілоті відмінно впораються з перевезенням боєприпасів, продовольства,

палива, медикаментів у зону бойових дій і поранених – із неї.

Висновки

Визначено та формалізовано вимоги до інформаційно-комунікаційної технології інтелектуального керування наземними безпілотними багатоцільовими транспортними засобами.

Запропоновано, обґрунтовано та реалізовано концепцію інтелектуального керування наземними безпілотними багатоцільовими транспортними засобами на основі штучних гібридних нейрофазі регуляторів з використанням сервісів хмарних обчислень і технології глибокого навчання, що дозволяє якісно підвищити ефективність як одного транспортного засобу, так і транспортної системи загалом завдяки об'єднанню синергетичного підходу й еволюційних методів навчання багатощарових штучних нейронних мереж через об'єктивне формування архітектури цих мереж на основі функціоналів навчання і відповідних цілей керування.

Набуло подальшого розвитку використання концепції побудови єдиного інформаційного простору на основі об'єднання синергетичного підходу і методів штучного інтелекту для автоматизації керування рухом безпілотними багатоцільовими транспортними засобами, що дозволяє підвищити ефективність взаємодії цих машин.

Запропонована інформаційно-комунікаційна технологія інтелектуального керування наземними безпілотними багатоцільовими транспортними засобами суттєво зменшить енерговитрати, психофізичні навантаження на членів екіпажів, а також підвищить точність визначення місцезнаходження.

Завдяки доопрацюванню відповідних серійних систем, нові системи можуть бути впроваджені на багатоцільових гусеничних та колісних машинах (більшогурузні тягачі, трубоукладачі для нафтогазопроводів, мобільні бурові установки, спеціальні машини для пожежників, рятувальних служб тощо).

Збільшення випуску конкурентоздатної продукції буде сприяти поповненню доходної частини бюджету України та створенню додаткових робочих місць на підприємствах машинобудівної галузі України.

Література

1. Александров С. С., Кечев М. О., Ніконов О. Я. Основи автоматики і танкові автоматичні системи. Харків: НТУ «ХПІ», 2002, 163 с.

2. Алексієв В. О., Алексієв О. П., Ніконов О. Я. Мехатроніка, телематика, синергетика в транспортних додатках. Харків: ХНАДУ, 2012. 212 с.
3. Ніконов О. Я., Полосухина Т. О. Роботизованні автомобілі: сучасні технології і перспективи розвитку. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. Харків: ХНАДУ. 2013. №5. С. 38–42.
4. Ніконов О. Я. Інтелектуальні комп'ютерні технології розроблення транспортних засобів. Вісник ХНАДУ. 2019. № 87. С. 49–53.
5. Рудзінський В. В. Інтелектуальні транспортні системи автомобільного транспорту (функціональні основи). Житомир: ЖДТУ, 2012. . 98 с.
6. Формирование модели нейронной сети для маршрутизации перевозок грузов в международном сообщении. В 2 т. / Сахно В. П., Поляков В. М., Корпач А. А. Шарай С. М. Автотракторостроение и автомобильный транспорт: сборник научных трудов. Минск: Белорусский национальный технический университет. Автотракторный факультет. 2020. Т. 2. С. 149–152.
7. Кашканов В. А., Кашканов А. А., Кужель В. П. Інформаційні системи і технології на автомобільному транспорті. Вінниця: ВНТУ, 2020. 104 с.
8. Власов В. М., Ефименко Д. Б., Богумил Д. Б. Применение цифровой инфраструктуры и телематических систем на городском пассажирском транспорте Москва: «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2018. 352 с.
9. Burns L. D., Shulgan C. *Autonomy: the Quest to Build the Driverless Car – And How It Will Reshape Our World*. Ecco Press. 2019. 368 p.
10. Cheng H. *Autonomous Intelligent Vehicles: theory, Algorithms, and Implementation*. Springer. 2011. 164 p.
11. Held D., Levinson J., Thrun S. A probabilistic framework for car detection in images using context and scale. IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). 2012. P. 1628–1634.
12. Laiq K., Shahid Q., Umair K. Comparative Analysis of Adaptive NeuroFuzzy Control Techniques for Full Car Active Suspension System. Arabian Journal for Science and Engineering. 2014. № 39 (3). P. 2045–2069.
- i Elektronika. Sovremennye tekhnolohy. 2013. №5. S. 38–42. [in Russian].
4. Nikonov O. Ya. *Intelektualni kompiuterni tekhnolohii rozroblennia transportnykh zasobiv*. Visnyk KhNADU. Kharkiv: KhNADU, 2019. № 87. S. 49–53. [in Ukrainian].
5. Rudzinskyi V. V. *Intelektualni transportni systemy avtomobilnoho transportu (funktsionalni osnovy)*. Zhytomyr: ZhDTU, 2012. 98 s. [in Ukrainian]
6. *Formyrovanye modely neuronnoi sety dlia marshrutyzatsyy perevozk hruzov v mezhdunarodnom soobshchenyy*. V 2 t. / Sakhno V. P., Poliakov V. M., Korpach A. A. Sharai S. M. *Avtotraktorostroenye y avtomobylnyi transport, sbornyk nauchnykh trudov*. Belorusskiy natsyonalnyi tekhnicheskyy unyversytet, Avtotraktornyiy fakultet. Mynsk: BNTU, 2020. T.2. S. 149–152. [in Russian].
7. Kashkanov V. A., Kashkanov A. A., Kuzhel V. P. *Informatsiini systemy i tekhnolohii na avtomobilnomu transporti*. Vinnytsia: VNTU, 2020. 104 s. [in Ukrainian]
8. Vlasov V. M., Efymenko D. B., Bohumyl D. B. *Prymenenye tsyfrovoy infrastruktury i telematycheskykh system na horodskom passazhyrskom transporte*. Moskva: «Nauchno-izdatelskiy tsentr INFRA-M», 2018. 352 s. [in Russian].
9. Burns L. D., Shulgan C. *Autonomy: the Quest to Build the Driverless Car – And How It Will Reshape Our World*. Ecco Press. 2019. 368 p.
10. Cheng H. *Autonomous Intelligent Vehicles: theory, Algorithms, and Implementation*. Springer. 2011. 164 p.
11. Held D., Levinson J., Thrun S. A probabilistic framework for car detection in images using context and scale. IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). 2012. P. 1628–1634.
12. Laiq K., Shahid Q., Umair K. *Comparative Analysis of Adaptive NeuroFuzzy Control Techniques for Full Car Active Suspension System*. Arabian Journal for Science and Engineering. 2014. № 39 (3). P. 2045–2069.

References

1. Aleksandrov Ye. Ye., Kechev M. O., Nikonov O. Ya. *Osnovy avtomatyky i tankovi avtomatychni systemy*. Kharkiv: NTU «KhPI», 2002. 163 s. [in Ukrainian]
2. Aleksiiev V. O., Aleksiiev O. P., Nikonov O. Ya. *Mekhatronika, telematyka, synerhetyka u transportnykh dodatках*. Kharkiv: KhNADU, 2012. 212 s. [in Ukrainian].
3. Nikonov O. Ya., Polosukhyna T. O. *Robotyzirovannye avtomobyly: sovremennye tekhnolohy i perspektyvyu razvytyia*. Avtomobil

Ніконов Олег Якович, д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютерних технологій і мехатроніки, тел. +38-057-707-37-58, e-mail: nikonov.oj@gmail.com, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25

Information and communication technologies for intelligent control of ground unmanned multipurpose vehicles

Problem. *At present, there is a situation when the practice of creating modern devices, units and systems of ground unmanned vehicles (GUV) has preceded the theory of information analysis and synthesis of complex systems. Some existing solutions for the information support of the GUV need to be gen-*

eralized, standardized and unified, the definition of new special requirements for the creation of computer systems and networks in transport should be made. Therefore, it is necessary and actual to develop information and communication technology for intelligent control of multi-purpose GUV. **Goal.** The purpose of the article is to develop information and communication technology for intelligent control of multi-purpose GUV, which work in conditions of intensive loads, difficult operating conditions, increased responsibility of mechanisms, resulting in reduced human losses and energy consumption, increased machine reliability and control accuracy. **Methodology.** The methodology of tasks is based on the use of a synergetic approach to the creation of information and communication technology for intelligent control of multi-purpose GUV, as the development of a systematic approach taking into account the adaptation and integration of the vehicle to transport infrastructure and/or rough terrain. The principles of synergetics underlie the construction of mechatronic systems – a combination in one unit of components of different technical nature (mechanical, electrical, computer), which adaptively interact with the external environment as a single functional and structural organism. The synergetic approach deals with phenomena and processes, as a result of which the system – as a whole – may have properties that none of the parts has. **Results.** The concept of

intelligent control of multi-purpose GUV on the basis of artificial hybrid neuro-phase regulators with the use of cloud computing services and deep learning technology is proposed, substantiated and implemented, which allows to qualitatively increase the efficiency of both one vehicle and the transport system on the base combining a synergetic approach and evolutionary methods of learning multilayer artificial neural networks by objectively forming the architecture of these networks on the basis of learning functionalities and appropriate control objectives. **Originality.** Use of cloud computing services based on deep learning for intelligent control technology of GUV. **Practical value.** The proposed information and communication technology of intelligent control of multi-purpose GUV will significantly reduce energy consumption, psychophysical stress on crew members, as well as increase the accuracy of location.

Key words: information and communication technology, artificial intelligence, cloud computing, deep learning, unmanned multipurpose vehicles

Nikonov Oleh, Doct. of Science, Professor, Head of Computer Technology and Mechatronics Department, tel. +38-057-707-37-58, e-mail: nikonov.oj@gmail.com, Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.
