

УДК 62.681.5

С. В. КОЗЕЛКОВ, доктор техн. наук, професор;

Н. В. КОРШУН, канд. техн. наук;

В. Ф. ЗАЙКА, канд. військ. наук, доцент;

О. Е. ПАВЛОВСЬКА, студентка,

Державний університет телекомунікацій, Київ

## РАДІОНАВІГАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ інтелектуальних транспортних систем України

**Висвітлено основні напрямки розвитку радіонавігаційного забезпечення транспортних систем України.**

В умовах глобалізації XXI сторіччя, коли поглиблюється міжнародний поділ виробництва товарів, надання послуг населенню, формування екологічно привабливих культурних зон, зростає роль *інтелектуальних транспортних систем (ІТС)*.

Транспортний комплекс України, використовуючи сучасні засоби навігації та управління, забезпечує поліпшення взаємодії різних видів транспорту. Ідеться, зокрема, про перевезення за міжнародними маршрутами, які сполучають держави СНД, Балтії, Європейського Союзу та Близького Сходу. Із цією метою вдосконалюється *радіонавігаційне забезпечення (РНЗ) ІТС України* за такими напрямками.

◆ Міжнародна співпраця з використанням глобальних навігаційних супутникових систем типу GPS/ГЛОНАСС/GALILEO в навігаційному просторі України реалізується гармонізацією нормативно-правових документів і стандартів, включаючи експлуатаційні та функціональні вимоги до інтегрованих комплексів *навігаційної апаратури споживача (НАС)*.

◆ Наземна інфраструктура РНЗ України розвивається у процесі побудови *контрольно-коригувальних станцій (ККС)* із високим рівнем захисту від природних електромагнітних полів та цілеспрямованих радіоелектронних засобів подавлення ККС.

◆ Навігаційні цифрові карти по всій Україні уточнюються, і для НАС забезпечується їх супровід силами Укргеодезкартографії.

◆ Інтегрований розподілений у просторі інформаційно-аналітичний та логічний супровід руху високошвидкісних транспортних мереж різного призначення розвивається із застосуванням сучасних засобів цифрового зв'язку та телекомунікаційних мереж.

◆ Бортові комплекси НАС інтегруються з багатофункціональними засобами управління рухом та робочими органами транспортних засобів, а також із віддаленими підсистемами ІТС.

◆ *Транспортні інформаційно-управляючі системи (ТІУС)* та диспетчерські системи оснащуються спеціалізованими підсистемами підтримки ухвалення рішень, особливо в критичних ситуаціях та аварійних режимах.

◆ *Технологічно єдині транспортні організації (ТЕТО)* розв'язують економіко-адміністративні

завдання засобами ІТС. На верхньому рівні інтеграції формується національна радіонавігаційна система України для всіх видів транспорту та рухомих об'єктів.

Розглянемо сутність питань інтелектуалізації транспортних мереж за кожним із зазначених напрямків удосконалення РНЗ ІТС України.

*Гармонізація нормативно-правових документів і стандартів* в Україні відбувається у процесі інтеграції міжнародних апробованих практикою нових технологій з традиціями та особливостями української культури. Нормативні документи ІКАО, ІМО, такої організації, як ЄВРОКОНТРОЛЬ, упроваджуються для управління потоками транспортних засобів із реалізацією концепції CNS/ATM. Слід зауважити, що випереджувальні знання цієї технології для забезпечення руху авіатранспорту на міжнародних транспортних коридорах поступово трансформуються у зведення документів, які можна за аналогією називати CNS/VTM, розуміючи під Vehicle будь-який вид транспорту — залізничний, водний чи наземний, де різке підвищення швидкості руху в конкретному просторі безумовно потребує нормативного узгодження правил руху самих транспортних засобів, а також правил роботи *транспортних інформаційно-управляючих систем (ТІУС)* чи диспетчерських центрів із обслуговування конкретних зон.

*Інтернаціоналізація знань та підвищення інтелектуального компонента* відбувається завдяки стандартизації програм навчання як у школі, так і у вищих навчальних закладах, із безперервним поповненням і вдосконаленням здобутих знань у період активної роботи на транспорті. Велика увага приділяється в Україні тренажерним центрам у цій сфері, тренажерам і інформаційно-аналітичному забезпеченню різних режимів навчання.

Підготовка відповідних спеціалістів в Україні здійснюється в університетах на кафедрах «Інформаційно-управляючі системи та технології». Комплексне навчання відповідає напрямку «Комп'ютерні науки», згідно з яким спеціаліст здобуває знання з технологій усіх видів обробки інформації та реалізації законів управління *високошвидкісними транспортними засобами (ВТЗ)* та їх потоками в транспортному комплексі України.

Як відомо, сучасні комп'ютерні технології на транспорті використовують різні **цифрові карти місцевості** для орієнтації ВТЗ та розв'язання навігаційних задач з оптимізації маршрутів перевезень пасажирів і вантажів. Вимоги до точності, вірогідності та оперативності доставляння геопросторових даних для ІТС підвищуються, оскільки цифрові 2D- і 3D-карти місцевості слугують базою систем підтримки ухвалення рішень із забезпечення функціонування ВТЗ у будь-яких погодно-кліматичних умовах. Тому геоінформаційні підсистеми мають гарантувати високошвидкісну обробку інформації, зокрема процедури аналізу даних, включених до відповідних баз.

Укргеодезкартографія не припиняє нагромаджувати й актуалізувати величезні масиви геопросторових даних. Фактичний матеріал, у тому числі результати дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), подається у форматі F20S Єдиної системи класифікації та кодування картографічної інформації для топогеодезійного забезпечення функціонування ТІУС та ІТС. Геопросторові дані на всю територію України та прилеглих держав існують у базових масштабах 1:50000, 1:200000, 1:500000. Користувачі *геоінформаційних систем (ГІС)* вводять запити мовою SQL із використанням *Oracle Call Interfase*. При потребі можлива конвертація даних у будь-якій системі координат, наприклад NAD 27, NAD 83, EDSO, WGS 72, WGS 84 у відповідних файлових форматах (MIF/MID; shp; DXF; F20S).

Візуалізація електронних карт на екранах моніторів виконується засобами бібліотеки *Open GL* та *Microsoft Foundation Class*. Найбільш досконалі програмні продукти — це *Arc GIS*, із базою даних *Arc Storm* та засобами *Spatial Data Extension (SDE)*. Картографічні центри Укргеодезкартографії постійно оновлюють електронні карти, а також удосконалюють програмні продукти з метою ефективного використання геопросторових даних для ІТС.

Незважаючи на значні зусилля з удосконалення радіотехнічного та електронно-комп'ютерного оснащення ВТЗ, кількість транспортних аварій, як показує міжнародна статистика, знизити не вдається. Суттєве **підвищення надійності управління рухом ВТЗ**, яке зменшує ризики виникнення аварій, можливе при побудові високоточних наземних систем комплексної навігації, призначених для зон з інтенсивним рухом та перетинанням транспортних потоків в обмежених умовах. Основу *наземних систем комплексної навігації (НСКН)* становить інтеграція навігаційних систем, які реалізують різні фізичні принципи функціонування.

Для *глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС)* типу *GPS/ГЛОНАСС/GALILEO* у зонах зі сприятливим геометричним фактором розташування навігаційних космічних апаратів підвищення точності досягається завдяки організації диференційованого режиму роботи *навігаційної апаратури споживача (НАС)* з урахуванням сигнала

від псевдосупутників, якими можуть бути *наземні контрольні-коригувальні станції*.

Для ГНСС у зонах із несприятливим геометричним фактором та можливістю приймати сигнали від *навігаційних космічних апаратів (НКА)* доцільним є режим роботи НАС від імпульсно-фазової радіонавігаційної системи типу *LORAN-C/Чайка*.

У зонах зі сприятливим режимом роботи мобільного зв'язку в разі щільної конфігурації стільникових систем можлива організація спеціальних режимів роботи базових станцій для визначення місцезнаходження ВТЗ із передаванням розрахункових навігаційних даних на борт користувача таких навігаційних послуг.

У зонах, де радіотехнічні системи, спеціально зорієнтовані на завдання навігації та управління транспортними засобами й іншими рухомими об'єктами, працюють неефективно, можлива організація спеціальної багатопозиційної радіолокаційної системи для високоточної навігації ВТЗ у складних умовах.

Необхідність НСКН впливає з вимог безпеки руху ВТЗ у термінальних зонах. Тут завдання із запобігання зіткненням, раціональної розбіжності, підвищення пропускної здатності транспортних коридорів розв'язується на межі втрати якості з потраплянням в аварійні ситуації. Саме ці обставини свідчать про окупність додаткових витрат на гармонізацію взаємодії різних систем навігації. В Україні намічено побудову національної навігаційної системи з підвищеною функціональною стійкістю до природних та штучних факторів, які перешкоджають якості навігаційних послуг.

Державні програми реформування по кожному виду (авіаційному, водному, автомобільному, залізничному) транспорту України передбачають упровадження **принципів логістики** за всіма ланками й процесами реалізації транспортування пасажирів і вантажів. В умовах глобалізації транспортного рівня стимулюються технології вдосконалення взаємодії різних ієрархічних структур ІТС.

Кожний учасник транспортного процесу, кожний транспортний вузол і відповідний логістичний центр зобов'язані мати сучасні системи підтримки рішень, які базуються на точних навігаційних даних та моделях динаміки руху ВТС.

**Інтегрована взаємодія всіх видів ІТС** забезпечується з використанням відомчих і соціальних телекомунікаційних систем та мереж зв'язку, зокрема й мережі Інтернет. Тільки в умовах високошвидкісного зв'язку з великою надійністю та ступенем захисту інформації можливе розв'язання конкретних оптимізаційних задач, до яких належать:

- ресурсоефективність управління технологічними процесами;
- раціональний розподіл функцій і схем взаємодії багатоагентних віртуальних об'єднань;
- оптимальна маршрутизація траєкторій руху з урахуванням багатьох впливових факторів, вклю-

чаючи процедури перезавантаження та використання різних видів транспорту.

Через підвищення вимог клієнтів до якості обслуговування, комфортності руху, надійності й своєчасності прибуття в термінальні вузли інформаційно-аналітичне забезпечення ІТС дедалі ускладнюється. Адаптивна взаємодія в різних ситуаціях можлива в разі підвищення інтелектуального компонента в *системах підтримки ухвалення рішень*. Головним стає процес гарантованого управління в багатозв'язних нелінійних динамічних системах за підвищеної складності взаємодії неоднорідних компонентів.

Із метою отримання синергетичного ефекту при мультимодальних перевезеннях необхідно враховувати наявність конкретних обмежень — технічних, технологічних, логістичних, інфраструктурних, погодно-кліматичних, соціальних та фінансових.

Уточнення та зняття невизначеності здійснюється із застосуванням сучасних *засобів цифрового зв'язку та телекомунікаційних мереж*.

Засоби цифрового радіозв'язку на борту кожного ВТЗ поряд із комплексами НАК інтегруються в єдиний *бортовий багатofункціональний комплекс управління (ББКУ)* рухом та робочими органами транспортних засобів. Інтелектуалізація інформаційно-аналітичного забезпечення цих комплексів проводиться в напрямку підвищення ефективності, надійності та якості розв'язання оперативних завдань.

У разі виникнення перед аварійних та аварійних ситуацій роль штучного інтелекту різко зростає. Пошук оптимального варіанта виходу з кризового режиму в нормальний експлуатаційний режим потребує врахування багатьох критеріїв, багатьох факторів впливу та множини поточних обмежень. Водночас підвищуються ризики внаслідок неточності вимірювань, некоректності вихідних даних, невизначеності низки параметрів, що характеризують взаємовпливи в перехідних процесах.

Кардинальний підхід полягає в принциповому перерозподілі функцій між пілотом (водієм) та автоматом зі штучним інтелектом на інтервалі виходу з кризових ситуацій. Такий автомат заздалегідь навчено вживати екстрених дій в кризових ситуаціях. Алгоритми автомата коригуються за потребою та для підвищення ефективності адаптації до динамічних впливів навколишнього середовища. Автомат ББКУ по суті виключає запізнення, які об'єктивно існують, якщо завдання виконує людина. Максимально швидка та своєчасна реакція

автомата веде точку кризового стану в область, де людина може керувати комфортно.

В аварійних режимах та критичних ситуаціях інформаційно-аналітичне забезпечення ББКУ активно взаємодіє з диспетчерськими центрами ТІУС через канали цифрового радіозв'язку. Спеціальні підсистеми підтримки ухвалення рішень, особливо для роботи в критичних ситуаціях, надають допомогу конкретному ББКУ завдяки своєчасному врахуванню більш широкого кола факторів впливу. Сукупний інтелект ТІУС, використовуючи великі ресурсні можливості, комплексно розглядає поточну ситуацію та опікується всіма ВТЗ у кризовій зоні. Запобігання катастрофам досягається в результаті скооперованих спільних дій та групового управління маневрами для кожного ВТЗ.

*Штучний інтелект ТІУС* навчається за рахунок збагачення досвіду експлуатації. Усі випадки з порушенням безпеки руху та схемами розвитку кризово-конфліктних ситуацій аналізуються. За необхідності врахування нових обставин інформаційно-аналітичне забезпечення ТІУС коригується згідно зі схемами зворотних зв'язків, аби компенсувати помилки, які призвели до небажаних наслідків. Систематизація всіх випадків оперативного двостороннього реагування забезпечує підвищення ефективності заходів із запобігання порушенням вимог безпеки руху ВТЗ.

Методи навчання штучного інтелекту ТІУС на реальних експлуатаційних даних ефективніші порівняно з традиційними технологіями управління, дозволяючи збільшувати прибуток від перевезень за рахунок усунення втрат через дорожньо-транспортні пригоди.

*Економічні засади* досягнення рентабельності показників роботи технологічно єдиних транспортних організацій полягають у розвитку відповідної підсистеми штучного інтелекту верхнього рівня та інтеграції транспортних підсистем. Для цього розв'язуються комплексні завдання з оцінювання та ідентифікації параметрів реальних технологічних процесів. Підвищується точність прогнозування економічних ситуацій.

Синергетичний ефект від інтеграції горизонтальних і вертикальних рівнів ІТС у єдиній транспортній мережі України забезпечується планомірним розвитком та гармонізацією всіх розглянутих компонентів на базі сучасних засобів високоточної навігації та комплексного управління рухом високошвидкісних транспортних засобів.

**Рецензент:** доктор техн. наук, професор **Л. Н. Беркман**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

*С. В. Козелков, Н. В. Коршун, В. Ф. Заика, О. Э. Павловская*

#### **РАДИОНАВИГАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ УКРАИНЫ**

*Освещены основные направления развития радионавигационного обеспечения транспортных систем Украины.*

*S. V. Kozelkov, N. V. Korshun, V. F. Zaika, O. E. Pavlovska*

#### **RADIONAVIGATION SUPPORT OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM IN THE UKRAINE**

*The paper present principal areas of the radionavigation support development for the transport system in the Ukraine.*