

УДК 681.518(075.8):621.39

РІВНІ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ БОРТОВОГО БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ УПРАВЛІННЯ РУХОМ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ

Доктор технічних наук Баранов Г.Л.,
Міронова В.Л.,
Тарасюк В.І.

Виконаний аналіз складності задач управління рухом в інтелектуальних транспортних системах. Запропонований принцип підвищення ефективності бортового багатофункціонального комплексу управління рухом високошвидкісного транспортного засобу за рахунок додаткового доповнення його спеціалізованим агентом системи, який розуміє відповідний рівень складності. Рівні інтелектуалізації обумовлені розподілом функцій при мультиагентних розв'язках задач підвищеної складності.

The analysis of complexity of the tasks of traffic control in intelligent transport systems has been done. The principle of efficiency airborne multipurpose complex high-speed motion control of the vehicle with the addition of its complement of specialized agent who understands the appropriate level of complexity has been offered. Levels of intellectualization conditioned by distribution of functions in multiagent solves of high complexity problem.

Постановка проблеми. Сучасні засоби підвищення безпеки життя та руху високошвидкісних транспортних засобів (ВТЗ), забезпечення покращення економічного стану та екології довкілля планомірно впроваджуються шляхом побудови інтелектуальних транспортних систем (ІТС) різноманітного призначення [1, 2]. Особливістю ІТС як ергатичних вирішувальних систем (ЕВС) є цілеспрямований розподіл функцій. Він здійснюється як між інтелектуальними агентами системи (ІАС), так і між кожним ІАС та його програмно-апаратним комплексом (ПАК). В задачах управління складними динамічними системами (СДС) ПАК реалізує більшість важкої рутинної роботи майже автоматично. Сучасні інформаційно-комунікаційні технології дозволяють інтегрувати функціональні можливості кожного ІАС з ПАК. Для цього використовують локальні, корпоративні та глобальні відкриті мережі.

Телекомунікаційні та комп'ютерні мережі зв'язку забезпечують обміни повідомленнями, завданнями та даними між ІАС СДС. Вони можуть бути об'єднані у команди поста управління (наприклад, диспетчерський центр транспортної інформаційно-управляючої системи ТІУС) або навпаки, розподілені на далекі відстані у навколишньому просторі по відповідним, частіше спеціалізованим, центрам збору, аналізу та обробки тематично зібраних даних [3, 4].

Професійна орієнтація та поглиблена спеціалізація при одночасній паралельній роботі ІАС згідно нормативного розподілу функцій дозволяє гетерогенній (різноманітній за функціями виробництва цільового продукту або послуги) ЕВС (ГЕВС) підвищувати ефективність (емергентність) спільної мультиагентної (поліергатичної) роботи цілісної ГЕВС. Результуюча цільова ефективність ГЕВС одночасно обумовлена більшою продуктивністю за рахунок електронних форм обміну повідомленнями, включаючи точність і достовірність вихідних даних, що надаються, за рахунок всебічного автоматичного контролю й діагностики накопичених різноманітних фактів стосовно СДС [4, 5].

Таким чином, проблемна інтелектуалізація за допомогою новітніх інформаційних технологій актуальна та спрямована на розв'язки сучасних практичних задач значної складності [6-8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З метою запобігання виникненню надзвичайних (критичних, кризових) ситуацій у СДС шляхом виявлення та попередження появи ознак загроз на певній території або у зоні підвищеного ризику подій (ЗПРП) вітчизняні та закордонні вчені зробили вагомий внесок у розвиток методів, моделей та засобів стосовно побудови ГЕВС [5, 10]. Аналіз попередніх робіт засвідчує, що в даний час, незважаючи на значні зусилля науковців та інженерів для ІТС, ТІУС та бортові ПАК ВТЗ рівень їх інтелектуалізації в розв'язках експлуатаційних задач управління СДС залишається недостатнім [1]. Про це свідчить статистика скоєних надзвичайних статистика скоєних надзвичайних ситуацій особливо дорожньо-транспортних подій (ДТП) на ділянках транспортно-дорожнього комплексу України. [4].

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Створення широкого класу автоматизованих систем управління СДС в ЗПРП, що спрямовані на вирішення головної проблеми суттєвого зниження ймовірності несвочасного визначення ознак можливих загроз стосовно ДТП, потребують першочергового розподілу функцій на межі інтелектуального інтерфейсу IAS та його ПАК, який належить корпоративній мережі електронного спілкування та документального обігу. Визначення переліку інтелектуальних задач ПАК кожного IAS залежить від характеристики рівня інтелектуалізації його інформаційно-аналітичного забезпечення (ІАЗ). Але для цього природні і штучні IAS [10] повинні мати двобічний інтерфейс і формалізовані (повні) описи:

- класів надзвичайних подій в ЗПРП по стадіям їх еволюції;
- кваліфікації дій факторів впливу довкілля СДС;
- ідентифікаторів ознак небезпечних процесів;
- причин накладання негараздів і формування збігу обставин;
- місцезнаходження учасників дорожнього руху (УДР) та одночасно об'єктів погроз і збурень;
- ресурсного забезпечення та його ієрархії стосовно швидкості застосування за призначенням запобігання лиха;
- правил у межах систем підтримки прийняття рішень (СППР), які забезпечують цілеспрямоване гарантовано-адаптивне управління (ГАУ) рухом ВТЗ та суттєво знижують загальну кількість ДТП у ЗПРП СДС завдяки підвищенню рівня безпеки життя пасажирів і вантажів.

Постановка завдання. Цілі роботи полягають у наступному:

- виконати аналіз складності означених задач ГАУ у ЗПРП СДС;
- розробити узагальнену класифікацію видів складності, яку враховує бортовий багатофункціональний комплекс ГАУ рухом ВТЗ у надзвичайних ситуаціях;
- обґрунтувати принципи побудови засобів інтелектуалізації за рахунок уніфікованого використання правил з баз знань різноманітних IAS, що використовують СППР на відповідних рівнях інтелектуальної ієрархії розподілу функцій управління ВТЗ.

Основний матеріал

Сенс понять «складність», «відмінність-заміна», «випадковість» СДС впливає на «алгоритмічну складність» [6-9] задач практики, які необхідно своєчасно розв'язувати відповідно до багатокритеріальних вимог ІТС. Колмогорівська складність [6] базується на теорії міри «складності», яку можливо вводити багатьма різними способами. Метрична класифікація об'єктів СДС полягає у визначенні математичних інваріантів, які забезпечують ефективний шлях декомпозиції системи на підсистеми, підсистеми на компоненти і далі до базових елементів ГЕВС.

Онтологія понять СДС формалізує та фіксує такий об'єкт у вигляді моделі

$$\langle S, P, R \rangle \quad (1)$$

де: S — множина складових $s_i \in S, \forall i = \overline{1, n}$, які характеризують задачну повноту n учасників формування цільового результату за визначеною Θ темою та метою моделювання;

P — множина складових $p_j \in P, \forall j = \overline{1, m}$, які характеризують задачну повноту m властивостей, що впливають на розв'язки задач певного класу за означеною темою;

— множина відношень між складовими частинами, кожна з відображених відношень вносить конкретний вклад та вплив на розв'язки задач у межах теми моделювання СДС.

Зафіксована тріада (1) дозволяє формально розглядати дискретні, континуальні та гібридні об'єкти моделювання. Континуальні моделі базуються на асимптотичних властивостях, коли $n \rightarrow \infty$ тобто діють закони великих чисел, що визначають певну неперервність у задачному об'ємі означеного простору. Дискретні об'єкти породжені процедурами декомпозиції.

Згідно нашої теми ІТС та безпеки руху ВТЗ на ділянках ТДК у ЗПРП розглянемо 7 складових поняття «складність» с точки зору побудови інформаційної технології з підвищеним рівнем інтелектуалізації ІАК бортового ПАК.

1. Кількість учасників руху у ЗПРП та об'єктів загроз для бортового ПАК ВТЗ фіксується згідно взаємозв'язків у комплексі:

$$\langle \text{ЗПРП} - \text{пілот ВТЗ} - \{\text{УДР}\} - \text{диспетчер ТІУС} - \text{IAS} - \text{ІТС} - \text{соціум} - \text{природа} \rangle. \quad (2)$$

Конкретні чисельні значення $s_i \in S, \forall i = \overline{1, n}$ кількості впливових n учасників визначаються ситуативно у ЗПРП. На кожній ділянці ТДК та відповідно соціальним графікам роботи ця кількість змінюється. Кількість факторів зовнішнього середовища, що безпосередньо впливають тут і зараз на рух ВТЗ, також залежить від погодних та географічних умов [5].

2. Якість процесів у ЗПРП безпосередньо залежить від динаміки взаємодій у комплексі:

$$\langle \text{довкілля} - \text{контактна зона} - \text{курсва стійкість ВТЗ} - \text{ББК} \rangle. \quad (3)$$

Конкретні чисельні значення $p_j \in P, \forall j = \overline{1, m}$ також змінюються та задачно визначаються ситуативно за результатами моніторингу факторів впливу довкілля та оточуючого середовища.

3. Відношення $r_{jk} \in R$, що суттєво впливають на зміну ситуацій у ЗПРП, визначають динаміку змін взаємодій у модельному комплексі:

$$\langle \text{простір} - \text{час} - \text{етап маневру ВТЗ} - \text{стан шляху} - \text{ситуація життєвого циклу} \rangle. \quad (4)$$

Конкретні чисельні значення кількості відношень, їх кваліфікація та ситуативні особливості також змінюються під час руху ВТЗ та залежать від покрокового інформування про очікувані події у навколишньому зовнішньому середовищі. Відповідно складності реальної динаміки подій у СДС пам'ять бортового багатofункціонального комплексу (ББК) повинна фіксувати додаткову тріаду відношень.

4. Комбінації фазових станів, що за збігом обставин у реальному часі можуть виникати, характеризують СППР та логіку причинно-наслідкових відношень у комплексі:

$$\langle \text{причини} - \text{взаємозалежність} - \text{різноманітність} - \text{наслідки} \rangle \quad (5)$$

Оцінки складності можливо підрахувати, наприклад, за виразами

$$C_n^k = \frac{A_n^k}{P_k} = \frac{n!}{k!(n-k)!} \quad CP = C_{n+k-1}^k = \frac{(n+k-1)!}{k!(n-1)!} \quad (6)$$

де: C_n^k — кількість можливих ситуацій з n УДР по k у групі;

CP — кількість ситуацій з k повтореннями елементарних подій загальною кількістю n УДР у ЗПРП на ділянці ТДК.

5. Варіативності процесів ГЕВС стосовно змін фазових станів обумовлена законами великих чисел, що мають відповідний прояв у конкретному комплексі:

$$\langle \text{збіг обставин} - \text{умови} - \text{зв'язність} - \text{синергія} - \text{подія} \rangle \quad (7)$$

У якості приклада параметризації процесів за законом Пуассона приведемо імовірність λ переходу (трансформації)

$$P_k(\lambda) = \left(\frac{\lambda^k}{k!} \right) e^{-\lambda}; \lambda = n \cdot p, n \rightarrow \infty, p = \frac{\lambda}{n}, \quad (8)$$

де: $P_k(\lambda)$ — імовірність отримання значення k -ої складової;

λ — параметр пуассонового розподілу випадкової величини.

6. Закономірності термінального управління динамічними об'єктами відбуваються за рахунок синтезу раціонального закону на базі використання знань комплексу:

$$\langle \text{цілеспрямованість} - \text{динаміка} - \text{стійкість} - \text{багатокритеріальність} \rangle \quad (9)$$

В умовах стаціонарної динаміки об'єкта закон термінального управління у 4D просторі можливо визначити за рекурентною схемою

$$(i-2), (i-1) \xrightarrow{f} i \xrightarrow{f} (i+1), (i+2) \quad (10)$$

де: f — рекурентна функція, яка (наприклад за двома попередніми вимірами) дозволяє обчислити значення змінної у наступний i крок, а також й у наступні майбутні $(i+1)$ та $(i+2)$ кроки реалізації дискретного процесу.

Знаходження рекурентних функцій та обчислення їх коефіцієнтів складає алгоритмічну складність для реальних керованих СДС.

7. Нелінійність фізичних явищ та динамічних процесів, знання яких попередньо не визначено, можливо відображати у конфігураційному просторі $R^{n \cdot m}$.

$$(x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^j \dots x_i^m), \forall i = \overline{1, n}, \forall j = \overline{1, m}, \quad (11)$$

де: i — номер рядка у загальній їх кількості n ;

j — номер стовпчика у загальній їх кількості m ;

x_i^j — значення конкретного параметру на перетині i рядка та j стовпчика, наприклад, це t поточний час реєстрації результатів вимірювань.

Повний набір $m \cdot n$ чисел (9) це результат багатоканальних спостережень за параметрами стану у ЗІРПІ для даного ВТЗ, що характеризує (відображує) передісторію та сам стан СДС.

Таблична інтерпретація набору $m \cdot n$ чисел (9) це фіксовані показники (оцінки, індикатори) єдиного складного процесу з m характеристик, значення яких змінюється n разів, наприклад, за часом руху ВТЗ. Якщо ВТЗ рухається зі швидкістю 15 м/с та навігаційні параметри ПАК фіксує кожену секунду, тді за добу таблиця фактичних вимірів лише цих параметрів буде мати $n = 86400$ записів. Тому реєстратор ББК має значні обсяги пам'яті для запису фактичної багатопараметричної динаміки. «Витягування» з великого конфігураційного простору $R^{n \cdot m}$ фактичних закономірностей (data mining) відноситься до складних алгоритмів з додатковим обмеженням на інтервал часу дозволених витрат на обчислення та пошук [10].

Реальних фактів стосовно зростання складності (об'єкти дослідження, задач, алгоритмів та самого ІАЗ разом з ПАК) дуже багато. Але у кожному конкретному варіанті поняття «складності» майже не уточнюється, тому її нечіткий вид не сприяє підвищенню якості та швидкодії бортових ББК ВТЗ. Уточнення кожного виду інтелектуалізації за рахунок розкриття поняття «складності» сприяє прискоренню розробки інтелектуальних інфокомунікаційних технологій в транспортній галузі [1]. За цих умов реальний ефект емергентності від якості взаємодії активних ІАС ІТС буде сприяти зменшенню: кількості ДТП, забруднення довкілля, витрат ресурсів для ліквідації наслідків аварійних ситуацій на ділянках ДТК.

Висновки

1. Складна динамічна система на ділянках транспортно-дорожнього комплексу є об'єктивною, а наслідком реальності складних явищ є наявність дорожньо-транспортних подій та їх зростання у зонах підвищеного ризику подій з небезпекою та лихом.
2. Сутність оцінювання складності полягає у динамічній взаємодії різноманітних та нестационарних природно-соціальних явищ, що безпосередньо за багатьма реальними факторами, що змінюються, впливають на якість маневрування ВТЗ у умовах загрозового збігу обставин багатьох майже незалежних процесів.
3. Новітні рівні інтелектуалізації бортових програмно-апаратних комплексів ВТЗ відображають необхідні і достатні зовнішні доповнення до існуючих технологій управління рухом ВТЗ у зонах підвищеного ризику надзвичайних подій. За рахунок підвищення рівнів інтелектуалізації, швидкості обчислень та збільшення кількості ІАС досягається необхідний і достатній рівень компенсації існуючої невизначеності стосовно впливових природно-соціальних явищ і дій багатьох учасників дорожнього руху.

Перспективи подальших робіт орієнтовані на підвищення рівнів інтелектуалізації багатьох ІАС у межах різноманітних ІТС та ГЕВС шляхом розробки новітніх інтерфейсів, що покращують інтелектуально-комунікаційну взаємодію та технологію розв'язку складних задач навігації та управління рухом ВТЗ у складних обставинах їх руху, які змінюються (структурно і параметрично), а також варіюються з утворенням «заплутаних» композицій.

Література

1. Прижбыл П., Свитек М. Телематика на транспорте. Перевод с чешского. Под ред. проф. В.В. Сильянова. — М.: МАДИИ (ГТУ), 2004. — 540 с.
2. Рунд Эльвик, Аннэ Боргер Мюсен, Труле Ваа. Справочник по безопасности дорожного движения. Пер. с норв. Под ред. проф. В.В. Сильянова. — М.: МАДИ (ГТУ), 2001. — 754 с.
3. Тимченко В.Л. Дослідження структурно-перемикальної системи керування рухом одномірного динамічного об'єкта під дією зовнішніх збурень / В.Л. Тимченко, О.О. Ухін // Праці національного університету кораблебудування — 2009. №6(24). — С.128-134.
4. Інформаційно-аналітичне забезпечення інтелектуальних транспортних систем. Інтеграція інформаційних технологій на транспорті: Монографія / Г.Л. Баранов, С.А. Банішевський, В.Л. Міронова, Д.В. Пасечник. — К.:НТУ, 2009. — 198 с.
5. Символьна динаміка в системах навігації і управління об'єктами у складних обставинах їх руху / Г.Л. Баранов, А.М. Носовський, С.М. Васько // Системи управління, навігації та зв'язку: наукове періодичне видання Центрального науково-дослідного інституту навігації і управління. — К., 2010. — Вип. 3(15). — С. 2-11.
6. Колмогоров А.Н., Успенский В.А. К определению алгоритма // УМН. 1958. Т. 13. — Вип. 4. — С. 3-28.
7. Барздин Я.М. Проблемы универсальности в теории растущих автоматов. — ДАН СССР, 1964. — Т. 157 — №3. — С. 542-545.
8. Трахтенборт Б.А. Сложность алгоритмов и вычислений. — Новосибирск. Наука. 1967.
9. Подольский В.Е. Повышение эффективности региональных образовательных компьютерных сетей с использованием элементов структурного анализа и теории сложности / В.Е. Подольский, С.С. Толстых. — М.: Машиностроение, 2006. — 176 с.
10. Глибовець М.М., Олецький О.В. Штучний інтелект: Підручник / — К.: Вид. дім «КМ Академія» 2002. — 366 с.