



О. В. Придатко, Є. В. Мартин, Л. П. Гащук

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0719-9118> – О. В. Придатко

<https://orcid.org/0000-0001-9095-7057> – Є. В. Мартин

<https://orcid.org/0000-0002-5522-2757> – Л. П. Гащук



reivenor2099@gmail.com

ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ШТУЧНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Проведено аналіз системи аварійно-рятувального обслуговування з позицій можливості розгорнути програмну ідею штучної її інтелектуалізації. Основна мета — розробити методологічні засади структурування даних про властивості мобільної аварійно-рятувальної техніки та особливості загроз — таких даних, що разом несуть в собі автентичну інформацію про аварійну ситуацію і завдяки цьому дозволяють мінімізувати участь природного інтелекту в доборі рятувальних засобів, ухваленні ефективних рішень та програмуванні рятувальних сюжетів.

Задекларовано, що проблемою безпекового обслуговування насамперед є раціональний добір аварійно-рятувальних автомобілів, відповідно обладнаних для ефективного виконання чітко окреслених рятувальних завдань за різних обставин. Для розв'язання цієї проблеми потрібно було б мати можливість оперувати низкою показників/вимірників/критеріїв, що достатньо об'єктивно характеризують потенційно корисні властивості аварійно-рятувальних машин. З'ясовано, що в загальному випадку цілком доречно прагнути мінімізувати тривалість «вільного» (погано контрольованого) перебігу аварійної ситуації. А тому визначальну роль завжди відіграватимуть динамічні й швидкісні спроможності мобільних рятувальних машин поряд з характеристиками інфраструктурних умов, таких як, приміром, наявна дорожня мережа, дислокація депо з конкурентним оснащенням, районування зон відповідальності тощо. Для прикладу показано користь від оперування простим за змістом критерієм динамічності процесу розгону мобільної аварійно-рятувальної машини.

Загалом сформовано своєрідний інформаційний конструкт супроводу аварійно-рятувального обслуговування, який спирається на технології Big-Data, Big-Data Analytics, Big-Data Science. Він втілює парадигму перманентного нагромадження і структурування даних в хмарі невизначеностей за динамічних умов і обставин, які супроводжують діяльність оперативних формувань. Система аварійно-рятувального обслуговування має ставати суто по-своєму все розумнішою і розумнішою. У ній має запанувати низька потреба в людських судженнях.

Ключові слова: система аварійно-рятувального обслуговування, система RescuingCAD, інформаційно-комп'ютерний скелет системи, аварійно-рятувальний автомобіль, критерій динамічності розгону, штучна інтелектуалізація.

О. V. Prydatko, E. V. Martyn, L. P. Hashchuk

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

GENERAL PRINCIPLES OF ARTIFICIAL INTELLECTUALIZATION OF EMERGENCY AND RESCUE SERVICE

The analysis of the emergency and rescue service system was carried out to explore the feasibility of its Artificial Intelligence (AI) implementation. The primary objective is to develop methodological principles for structuring data related to the properties of mobile emergency and rescue assets and the characteristics of threats. This structured data will collectively provide comprehensive information about the emergency situation, thereby enabling the minimization of human intervention in the selection of rescue equipment, effective decision-making, and the programming of rescue operations.

The central problem facing safety services is stipulated as the rational selection of emergency and rescue vehicles (ERV), appropriately equipped for the effective execution of clearly defined rescue tasks under a variety of circumstances and conditions. To effectively address this issue, it is fundamentally necessary to operate with a robust set of indicators, measures, and criteria that can fairly and objectively characterize the potentially useful operational properties of the emergency and rescue vehicles. It has been established that, in the general case of emergency management, it is highly appropriate to prioritize the minimization of the duration of the "free" or poorly controlled course of an emergency situation. Consequently, the dynamic and high-speed capabilities of mobile rescue vehicles will always play a decisive role; this influence is compounded by the characteristics of infrastructure conditions, such as, for example, the existing road network, the location of depots with competitive equipment, and the operational zoning of areas of responsibility. As a practical example, the significant benefit of utilizing a simple criterion related to the dynamics of the acceleration process of a mobile emergency and rescue vehicle is presented and discussed.

In general, a comprehensive information construct for emergency and rescue service support has been established, the architecture of which is fundamentally based on the integrated use of Big Data, Big Data Analytics, and Big Data Science technologies. This construct fully embodies the paradigm of permanent accumulation and systematic structuring of data within a cloud of uncertainties under the dynamic conditions and complex circumstances that consistently accompany the operational activities of emergency response formations. The emergency and rescue service system, therefore, is required to become progressively more intelligent in its core functionality. Ultimately, the system design should be heavily dominated by a significantly reduced need for human judgment and intervention.

Key words: emergency and rescue service system, RescuingCAD system, information and computer system framework, emergency and rescue service vehicle, acceleration dynamism criterion, AI implementation.

Вступ. Система аварійно-рятувального обслуговування — це об'єкт (у яких завгодно сенсах). Але суб'єкт, що досліджує властивості хоч-якого об'єкта, завжди мусить (методологічно зобов'язаний) бачити у ньому систему. Тож аварійно-рятувальна структура — це в теорії «об'єктивно» система, бо її власне й намагаються досліджувати та «суб'єктивно» удосконалювати. Але щоб бачити систему, потрібні зусилля.

Якщо для нас об'єкт когнітивно стає системою, то відразу спадає на думку вирізнити визначальний системотворний елемент/субстрат, сприймаючи «усе інше» як супутній системотворний елемент — інфраструктуру. А ще слід бачити середовище, що містить в собі досліджувану систему, чи довкілля, яке цю систему оточує. А це означає, що до уваги доведеться брати величезну кількість параметрів, характеристик, вимірників, критеріїв — це справжня проблема «Big Data», до розв'язання якої не зайвим буде винайти ефективний спосіб структурування і згортання даних, як це і належить робити Data-аналітиці.

Системотворним субстратом (по суті визначальним) є цілком об'єктивні підстави визнавати сутнісну інформацію. Вона є істотною для оволодіння засобами впливу, вона інтегрує в ціле усі частини сфери прояву людського інтересу і фахової активності, вона формує адекватне і вмотивоване сприйняття себе і довкілля в динамічній взаємодії... Лише інформаційні потоки (радіше потоки даних) дають можливість інтерпретувати аварійно-рятувальну діяльність системно (як власне і має бути з наукового погляду).

Досконалість і розумність — це тотожні чи цілком різні речі?

Сучасні луки й арбалети виготовляють з оптичними прицілами, завдяки чому виникає

можливість точно і ледь не безшумно вразити ціль на віддалі до 100 м. Відомий випадок (Великобританія), коли одна леді вбила з такого лука суперницю ледь не непомітно зі свого балкону. Не секрет, що англійські десантники під час боїв за Фолклендські острови покладались саме на модерні луки. Тут розум проявився лише на, так би мовити, проєктній стадії. А далі — вишукані технологія й майстерність виготовлення й застосування...

«Розумна» авторучка (Франція, приблизно 1990 рік) за допомогою фотоелемента відстежувала запис собою ж (під впливом зовнішнього розуму, звісно) послідовності цифр і арифметичних дій та після написання знаку «дорівнює» видавала результат обчислення на маленькому екрані. Це технічно цікавий, але за теперішніми мірками не дуже вже й розумний винахід. Він нібито проявляє розум постійно, але така досконалість радше не може мати визнання — тепер все роблять по-іншому. Хоча не таким самим способом, до речі, започатковувалось глибоке навчання штучного інтелекту.

Можна, звісно, визнавати, що одним із цивілізаційно переламних став 1943 рік, коли В. Маккаллох і В. Піттс (W. McCulloch and V. Pitts) опублікували статтю «Логічне числення ідей, іманентних нервовій діяльності». Вони винайшли модель нейрона — не як імітацію біологічної клітини, а як елемент машини, покликаної міркувати. Це була ніби вдала спроба потрактувати обчислювальну машину як небіологічне втілення мозку.

Але насправді на машинний ресурс, не керуючись цілеспрямовано принципами розумності, покладали все більше й більше складних і ще складніших обов'язків, аж поки ненароком не помітили, що машини роблять так

багато і настільки краще за людину, що здатні конкурувати ледь не нарівні. А потім тест Тьюрінга взагалі змінив саме розуміння інтелекту. Власне Тьюрінг підказав: щоб володіти інтелектом, не обов'язково бути живим.

Отже просування штучного інтелекту можна розуміти як особливу царину діяльності (з періодичними, як виявилось, успіхами і застоями), а можна бачити в цьому перманентний поступ цивілізації до досконалості у всіх напрямках одночасно. Очевидним є факт того, що розумні дії людина поступово перекладала на штучні засоби і це цілком природно проявлялось як істотне удосконалення.

Стрімкий розвиток технології аналізу великих масивів даних у поєднанні з машинним навчанням, доступність обчислювальних потужностей і машинної пам'яті та поступове проникнення інтелектуальних завдань в реальне повсякденне життя призвело до того, що штучний інтелект так-чи-так став помітним повсюдно. Але нема сенсу наголошувати на якійсь його суто власній методології існування, суто самостійних завданнях і дуже особливих сподіваннях і результатах — йдеться просто про ще один різновид інтелекту або просто про технічне підсилення природного. Штучний інтелект насправді вражає тільки тому, що він бездоганно послуговується мовою, хоча це не обов'язково всім розуміти...

Сказане сповна стосується системи аварійно-рятувального обслуговування життєдіяльності. Тож в роботі розглядається об'єктність і системність аварійно-рятувального обслуговування в різних проявах з позицій можливості розгорнути програмну ідею штучної інтелектуалізації. Основна мета — розробити методологічні засади структурування даних про властивості мобільної аварійно-рятувальної техніки і про особливості загроз — даних, що несуть в собі автентичну інформацію про аварійну ситуацію і дозволяють мінімізувати участь природного інтелекту в доборі рятувальних засобів, ухваленні ефективних рішень та програмуванні рятувальних сюжетів і окремих дій.

Підняти рівень інтелектуальності будь-якої ергатичної системи (структури, організації) можна, залучаючи до її складу людський чинник з помітно вищим проти звичного рівнем інтелекту, не жертвуючи при цьому, звісно, загальним рівнем фахової компетентності системи. В такому разі виникають підстави говорити про цілеспрямовану органічну, природну інтелектуалізацію системи. Вона має багато особливостей і закономірностей, вартих наукової уваги. Проте можна вдатись до послуг штучного інтелекту в його визнаному тепер трактуванні, яке спирається на мовну модель і

глибинне машинне навчання. Він (штучний інтелект) став інфраструктурою сучасного цифрового світу, але в цьому випадку йтиметься радше про удосконалення робочого інструментарію системи з наслідками, які нібито десь-там якось піднімають рівень її інтелектуальності — хто б сперечався. Але це буде радше квазіінтелектуалізацією, бо насправді примножити інтелект власне системи можна штучними засобами зсередини — внутрішньо збагачуючи її різними технологічними можливостями так, щоб утвердити низький рівень потреб у людських судженнях.

Було б логічно розрізняти структурованість даних високого рівня і структурованість даних нижчого рівня — подібно до звичного протиставлення «мова програмування високого рівня — мова програмування нижчого рівня». Під структуруванням даних природно, звісно, розуміти просто алгоритмічно досконале укладання (формування) масивів чи списків корисних даних з орієнтацією на потребу ефективного доступу до них та оперування ними в подальшому. А можна в процесі нагромадження й упорядковування даних відразу зводити їх до прийнятно лаконічної форми відображення, насиченої, однак, якнайглибшим та в потрібних сенсах добротним змістом. Отже нібито виникає потреба такої собі компіляційної чи інтерпретаційної процедури в програмному середовищі.

За приклад може слугувати спеціально описаний далі підхід до оцінювання енергоозброєності аварійно-рятувального автомобіля, заснований на гіпотезі, що на прояв доволі складних патернів в неструктурованих даних про енергозабезпеченість машини допустимо дивитися засобами оцінювання динамічності її пересування. В цьому випадку за інфраструктурний компіляційний арсенал правитиме будь-яка програма комп'ютерного моделювання-симулювання режимів руху мобільної машини.

Про якість безпекового обслуговування. Проблемою безпекового обслуговування є, приміром, якнайкращий добір/вибір аварійно-рятувального автомобіля з належно ефективним обладнанням для виконання чітко окреслених рятувальних завдань. В такому разі необхідно було б мати можливість керуватись низкою базових показників/вимірників/критеріїв, що визначають потенційні властивості аварійно-рятувальних автомобілів відповідних призначень. В роботі [1] для формування такого штибу орієнтирів стосовно пожежно-рятувального автомобіля запропоновано залучати так звані методи аналізу ієрархій разом з таким собі

методом fuzzy Dematel (Fuzzy Decision Making Trial and Evaluation Laboratory).

Звісно, успіхові рятувальних акцій у випадку пожежі, скажімо, безпосередньо сприятиме мінімізація тривалості вільного розвитку пожежі — параметра, який визначально залежний від тривалості доправління рятувальних підрозділів з відповідними обладнанням й технологічними ресурсами до визначеної аварійної локації [2, 3]. Звісно, в загальному випадку цілком доречно за аналогією говорити також про мінімізацію тривалості «вільного» (погано контрольованого) перебігу будь-якої аварійної ситуації. Тож поряд з динамічними й швидкісними спроможностями мобільних рятувальних машин важливу роль відіграватимуть також довкілля й інфраструктурні умови, зумовлені, приміром, наявною дорожньою мережею, дислокацією депо з конкурентними рятувальними спроможностями, районуванням зон відповідальності тощо.

Для того, аби достатньо вичерпно окреслити хоч-яке рятувальне завдання, зрозуміло, потрібна ще й достатньо ємна база даних про об'єкти аварійно-рятувального обслуговування, яка б так-чи-так здатна була систематично поповнюватись, оновлюватись, уточнюватись. Тож, аби обсяг контрольованих даних раптом не перевищив інтерпретаційні спроможності технології «Big Data», доцільно в будь-якому випадку прагнути оперувати все-таки інтегральними критеріями, що в стислій формі визначали б досконалість аварійно-рятувальних машин відповідно хоча б до типових рятувальних завдань. Такий підхід в рамках Big Data Analytics і Data-Science [4, 5] можна було б назвати процедурою згортання (стиснення) даних.

Розгляньмо важливий наочний приклад...

Аварійно-рятувальний автомобіль належить до привілейованих учасників руху в транспортному потоці. А отже саме він у всій повноті має можливість проявити свою динамічність (особливо — в місті). Висока динамічність, до того ж, завжди є свідомо бажаною. Саме динамічними автомобілями можна, зокрема, суттєво скоротити вільний перебіг (розвиток) аварійної ситуації. Якнайвищою динамічністю мають бути наділені, перш за все, рятувального, вогнегасного, розвідувального, штабного призначення автомобілі, особливо в умовах міської інфраструктури. Саме завдяки їм оперативно-тактична діяльність аварійно-рятувальної служби має підстави стати організаційно якнайефективнішою. Але й від важких аварійно-рятувальних автомобілів доцільно

вимагати якнайменших так званих динамічних габаритів, наділяючи їх екстремальними розгінними та гальмівними властивостями.

Єдиної, «цілковито природної» і «цілковито об'єктивної», таксономії не існує. Реальні об'єкти насправді мають нескінченну кількість властивостей, а зважати лише на обмежену множину цих властивостей — акт свідомо суб'єктивний, хоча завжди має об'єктивні підстави. Якість таксономії перевіряють тим, чи сприяє вона досягненню мети, чи вона зручна й раціональна. Автомобіль — багатогранний у своїх проявах [6—8], але очевидно, що навіть сама по собі динамічність доволі багатогранно характеризує потенційну ефективність мобільної машини. При цьому особливе місце в такій оцінці ефективності посідає, що дуже важливо, енергоозброєність.

Досконалість аварійно-рятувальної мобільної машини в термінах динамічності. Вимірюючи ефективність процесу розгону (розбігу) мобільної машини, за корисний ефект деколи пропонують брати (С. Пожидаєв) накопичену автомобілем в процесі абстрактно ідеального розгону умовно набуту кінетичну енергію $E = mV_m^2 / 2$, а за витрачені зусилля — умовну механічну роботу $W = N_{em} T$. Тут [9]: m і V_m — номінальна маса і максимальна швидкість автомобіля; N_{em} — максимальна потужність двигуна, що її можна було б реалізувати у разі особливої характеристики двигуна чи з використанням ідеальної безступеневої трансмісії; T — тривалість процесу розгону машини. Тож ніби виникають підстави сформулювати поняття коефіцієнта ефективності розгону мобільної машини у формі відношення

$$\eta = \frac{E}{W} = \frac{mV_m^2}{2N_{em}T}. \quad (1)$$

Звісно, під V_m доречно розуміти саме максимальну можливу швидкість, яку мала б ніби набути машини в кінці процесу розгону. Але теоретично максимальна швидкість V_m , що впливає з формального балансу силових чинників, насправді є технічно недосяжною: поточне значення швидкості v руху машини у процесі її розгону прямує до значення $v = V_m$ нескінченно довго. Тож у разі $v \rightarrow V_m$ маємо: $T \rightarrow \infty$ і $\eta \rightarrow 0$ — оцінювання губить сенс.

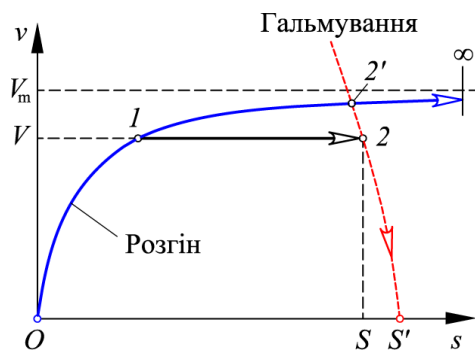


Рисунок 1 – Модельні процеси прояву потенційної динамічності мобільної машини

Але загалом звичним є те, що ефективнішою є та мобільна машина, котра здатна проявити кращі динамічні властивості за решти однакових умов і обставин [10, 11]. А саму динамічність є сенс формально оцінювати безпосередньо тривалістю T модельного перехідного процесу з однієї заданої точки (приміром, точки O ($s = 0, v = 0$), рис. 1) так званої фазової площини «шлях s — швидкість v » у задану іншу (приміром, точку 2 із заданими координатами ($s = S, v = V$)), а не за допомогою якогось надто вже штучного критерію штибу (1).

Тривалість T_e процесу «екстремальний розгін — екстремальне гальмування» $O12'2$ (див. рис. 1) мала б характеризувати загальну динамічність мобільної машини. Натомість тривалість T процесу «екстремальний розгін — усталений рух зі швидкістю V » $O12$ має більше підстав характеризувати динамічність власне процесу розгону. В цьому другому випадку, як з'ясувалось [12], оцінювати результати тестування динамічності розгону машини доцільно за допомогою «часового!» критерію

$$d = T - \frac{S}{V} = \int_0^V \frac{dv}{a(v)} - \frac{1}{V} \int_0^V \frac{v dv}{a(v)}, \quad (2)$$

де a — пришвидшення автомобіля. Але чи може цей критерій характеризувати динамічність автомобіля, коли треба брати до уваги ще й екстремальні його швидкісні властивості?

Максимальна теоретично можлива, але реально недосяжна, швидкість розгону V_m автомобіля відповідає умові $a(V_m) = 0$. В такому разі і $T \rightarrow \infty$, і $S \rightarrow \infty$ у разі $v \rightarrow V_m$. Тож (2) перетворюється ніби на невизначеність $d \rightarrow \infty - \infty$

, яку не вдасться звести до скінченної величини без неконче коректних маніпуляцій [12].

Критерій (2), звісно, не підвладний застосуванню операцій безпосереднього вимірювання. Тож доведеться вибудовувати певний формалізований алгоритм його застосування. Кожен з таких алгоритмів потребуватиме хоча б часткового залучення технології моделювання-симулювання. А при цьому доцільно брати ще до уваги динамічність рушання автомобіля, що не вдасться без «комп'ютерного абстрагування» [13].

Зазвичай мета розгону машини — набутти можливість рухатись з певною сталою швидкістю. А це стає можливим тільки у разі накопичення масами автомобіля відповідної кінетичної енергії. Та все ж ототожнювати мету розгону з потребою накопичення енергії загалом немає сенсу.

Теза «якнайшвидше набутти задану швидкість» може висловлювати, приміром, бажання терміново прилаштувати (вмонтувати) керовану мобільну машину в уже сформований транспортний потік. Але абстрактно потрапити в деяку задану точку 2 фазової площини на рис. 1 формально можна, реалізуючи раніше згадуваний динамічніший процес «екстремальний розгін — екстремальне гальмування» $O12'2$.

Звісно, сприйняття екстремальності гальмування є проблемним. Спортивні автомобілі F1, приміром, здатні реалізувати сповільнення до $6g$, яке аж-ніяк не є прийнятним з огляду на комфортність їзди поза перегонами. Інтенсивність «екстремального» гальмування можна задавати хіба що десь на рівні 1 м/с^2 . Отже поєднуючи конкретний процес розгону $v_p(t)$ (та відповідно $v_p(s)$) і низку різних процесів $v_a(t)$ (та відповідно $v_a(s)$) комфортного екстремального гальмування (рис. 2), можна організувати екстремальний перехід у будь-яку досягну точку фазової площини tOv (та відповідно sOv). Приміром, з точки $O(t = 0, v = 0)$ площини tOv (та відповідно $O(s = 0, v = 0)$ площини sOv) в точку $D'(t = T_0, v = V_0)$ (та відповідно $D''(s = S_0, v = V_0)$) веде процес $OK'D'$ (та відповідно $OK''D''$), якому відповідають параметри T_K і T_0 (та відповідно S_K і S_0).

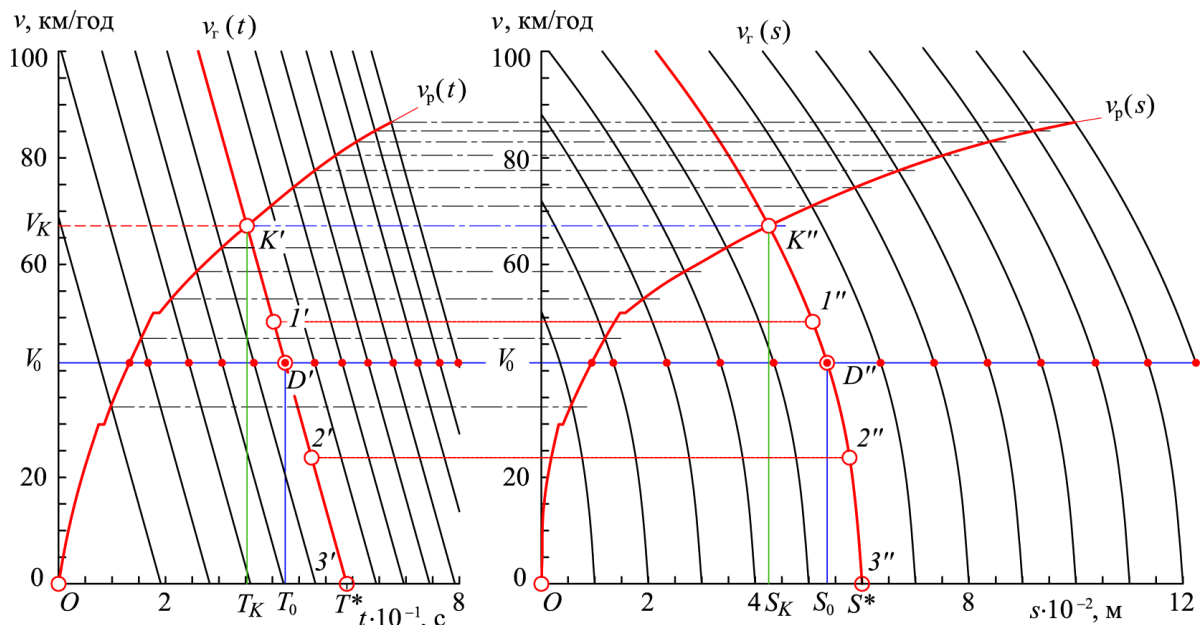


Рисунок 2 – Процеси реалізації потенційної динамічності мобільної машини

Віртуальні процеси досягнення машиною (в режимі розгону-гальмування) швидкості $v = V_0$ певним чином співвідносять відповідні їм значення тривалості T і переміщення S — характеристика $F(S, T) = 0$ з міткою V_0 на рис. 3. Процесові $OK'D'$ (та відповідно $OK''D''$) на цій характеристиці відповідає точка M_0 .

Натомість характеристика $F(S, T) = 0$ з міткою V відображає взаємозв'язок між параметрами T і S , коли йдеться про процеси розгону на ділянках дороги різної наперед заданої довжини S . Процесові OK' (та відповідно OK'') цього разу відповідає точка K .

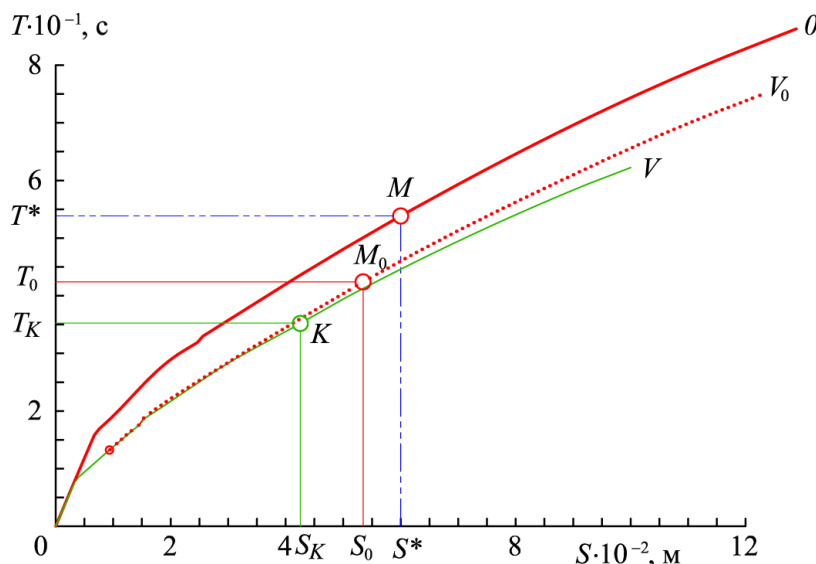


Рисунок 3 – Характеристики динамічності машини

Звісно, одні й ті самі процеси $v_p(t)$ і $v_a(t)$ (відповідно $v_p(s)$ і $v_a(s)$) зазвичай ведуть до цілої множини досяжних точок фазової площини tOv (відповідно sOv). Приміром, точки $1', 2', 3'$ (відповідно $1'', 2'', 3''$) досяжні унаслідок реалізації тих самих процесів, що й точка K' (відповідно K''). З-посеред цих точок за таку, що

однозначно характеризує заданий процес розгону-гальмування, можна вирізнити точку $3'$ (відповідно $3''$), якій відповідають особливі параметри кінця цього процесу — $v = 0$, $t = T^*$, $s = S^*$. Перебираючи всі можливі такого штибу процеси розгону-гальмування, можна побудувати ще одну характеристику $F(S, T) = 0$, мічену на рис. 3 знаком 0. Точка M на цій характеристиці при

цьому відповідає власне виділенням на рис. 2 процесам розгону і гальмування. Виявляється, що процес «екстремальний розгін — гальмування до повної зупинки» можна цілком об'єктивно визнати за такий, що дозволяє повноцінно тестувати потенційну динамічність мобільної машини.

В загальному випадку процес розгону формально доречно трактувати як потребу динамічно досягнути довільної фазової точки R в координатах sOv , рис. 4. Тож порівнюючи два альтернативні процеси 1 і 2, перший з яких динамічніший на початковій стадії, а другий — на завершальній, потрібно буде порівняти загальні тривалості реалізації цих процесів, аби визнати загалом якийсь з них справді динамічнішим.

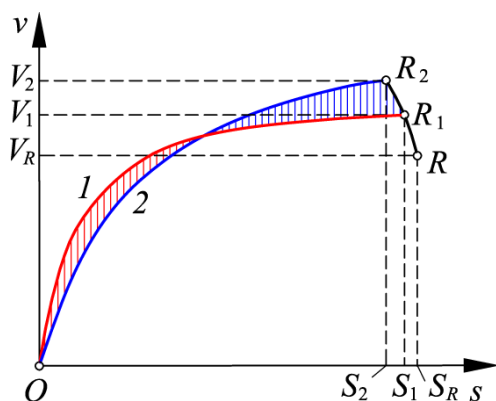


Рисунок 4 – Порівняння двох процесів розгону

Якщо вважати, що сповільнення $a_{\bar{a}} < 0$ в процесі гальмування є сталим, то формальне порівняння процесів OR_1R і OR_2R виражатимуть співвідношення

$$S' = S_1 + \frac{V_R^2 - V_1^2}{2a_{\bar{a}}} = S_R = S_2 + \frac{V_R^2 - V_2^2}{2a_{\bar{a}}} = S'', \quad (3)$$

$$T' = T_1 + \frac{V_R - V_1}{a_{\bar{a}}} (\sim) T_2 + \frac{V_R - V_2}{a_{\bar{a}}} = T'', \quad (4)$$

де S' і T' — шлях і тривалість процесу OR_1R ; S'' і T'' — шлях і тривалість процесу OR_2R ; S_R і V_R — координати фазової точки R (задекларовані швидкість у кінці усього процесу переміщення машини і загальний шлях); V_1 , T_1 , S_1 — швидкість, тривалість, шлях в кінці суто розгону OR_1 ; V_2 , T_2 , S_2 — швидкість, тривалість, шлях в кінці суто розгону OR_2 ; ($\sim$) — знак порівняння. Вираз (3), зрозуміло, еквівалентний системі

$$\begin{aligned} V_1 &= \sqrt{2a_{\bar{a}}(S_1 - S_R) + V^2}, \\ V_2 &= \sqrt{2a_{\bar{a}}(S_2 - S_R) + V^2}. \end{aligned} \quad (5)$$

Співвідношення (3) веде до рівняння

$$S_1 - \frac{V_1^2}{2a_{\bar{a}}} = S_2 - \frac{V_2^2}{2a_{\bar{a}}}, \quad (6)$$

яке окреслює умови оцінювання, а співвідношення (4) розкриває порівняння

$$D' = T_1 - \frac{V_1}{a_{\bar{a}}} (\sim) T_2 - \frac{V_2}{a_{\bar{a}}} = D'',$$

з якого випливає критерій динамічності

$$D = T - \frac{V}{a_{\bar{a}}}, \quad (7)$$

де T і V — параметри суто процесу розгону. Чим меншим є значення D , тим динамічнішим є процес зміни фазового стану, але не обов'язково суто розгону — частини цього процесу.

Умови (5) чи (6) формалізують правила тестування динамічності машини за критерієм (7) — подібно до того, як у разі застосування, приміром, критерію «тривалість T розгону до певної швидкості V » умову тестування визначає регламентація оцієї «певної швидкості V ». Зрозуміло, що відповідно до (7) $D \rightarrow T$ у разі $a_{\bar{a}} \rightarrow \infty$ (умовно). Але це аж-ніж не означає, що критерії D і T стають тотожними (умовно), оскільки вони оцінюють тести цілком різної структури.

Справді, у разі $a_{\bar{a}} \rightarrow \infty$ (умовно) за процес тестування ніби починає правити «розгін на ділянці дороги заданої довжини», а за вимірник динамічності — тривалість цього процесу. Приміром, див. рис. 2, процесові $OK'D'Z'$ (відповідно $OK''D''Z''$) з параметрами $T = T^*$, $S = S^*$, відповідає суто розгін OK' (відповідно OK'') з параметрами $T = T_K < T^*$, $S = S_K < S^*$. Але формально можна ідентифікувати такі цілком однакові для обох процесів параметри:

$$d = T_K - \frac{S_K}{V_K} = 37,60 - \frac{425,39}{18,68} = 14,83 \text{ с},$$

$$D = T_K - \frac{V_K}{a_{\bar{a}}} = 37,60 - \frac{18,68}{1,00} = 18,92 \text{ с}.$$

На штучний інтелект, в принципі, можна було б покласти обов'язок систематично добирати та упорядковувати усі, що потрапляють в інформаційне середовище, поточні дані стосовно динамічних властивостей продукрованої назагал автомобільної техніки та віртуально переносити їх на модельно чи/та проєктно інспіровану автомобільну аварійно-рятувальну техніку. В такому разі штучний інтелект мав би запізнитися в рамках принципів Deep Learning з тими ж самими проблемами, що й природний, людський інтелект. Наприклад, з викладеного зрозуміло, що динамічність машини інтуїтивно, здавалося б,

цілком зрозуміла, але виміряти її однозначно та ще й абсолютно точно насправді не вдається — таку можливість заперечує власне теорія.

Перш за все, існує ідейна неоднозначність, коли в основу принципу вимірювання покладена ніби теоретично вивірена логіка, але вона не веде до єдиного антиномічного критерію динамічності. Логічними є, приміром, елементарні критерії: «досяжна на ділянці дороги заданої довжини швидкість — V_s », «досяжна за виділений проміжок часу швидкість розгону — V_T », «шлях, подоланий до досягнення заданої швидкості, — S_v », «шлях, подоланий за регламентований проміжок часу, — S_T », «тривалість розгону до заданої швидкості — T_v », «тривалість долаття в режимі розгону заданого відтинку шляху — T_s ». Але загалом порівняльні за допомогою них оцінки динамічності машин зазвичай не збігаються строго. Та й оперування ними одночасно також не веде до однозначності.

Перелічені критерії ідейно примітивні через те, що не підпорядковані належно глибокій меті процесу набуття машиною швидкості. Це особливо помітно на тлі сенсу, закладеного в критерії, приміром, (2). Сенс полягає в тому, що розгін здійснюється з метою «втиснути» машину в транспортний потік, що рухається з певною усталеною швидкістю. Подібним є сенс реалізації ще динамічніших процесів розгону, відображених на рис. 2, — процесів, що окрім інтенсивного розгону залучають ще комфортно інтенсивне гальмування.

Сам факт, що теорія не бачить способу цілковито точно (і однозначно) оцінювати динамічну досконалість мобільної машини, дає підстави говорити про «ідейну» приблизність будь-яких критеріїв оцінювання. Тобто кожен, треба думати, критерій, побудований на хоч-яких ідеях і логічних принципах, може дати лише приблизне уявлення про динамічну досконалість машини. Спробуймо, приміром, поширити критерій (1) на процеси розгону до різних швидкостей V (а не тільки до якоїсь максимальної V_m), подаючи його у вигляді

$$\eta' = \frac{2N_{em}}{m} \eta = \frac{V^2}{T}.$$

Як засвідчує рис. 5, критерії η' і V_T (чи T_v), цілковито по-різному співвідносять параметри T і V . Отже — це приклад принципової взаємної невідповідності оцінок або, принаймні, принципово різного ступеня приблизності оцінок.

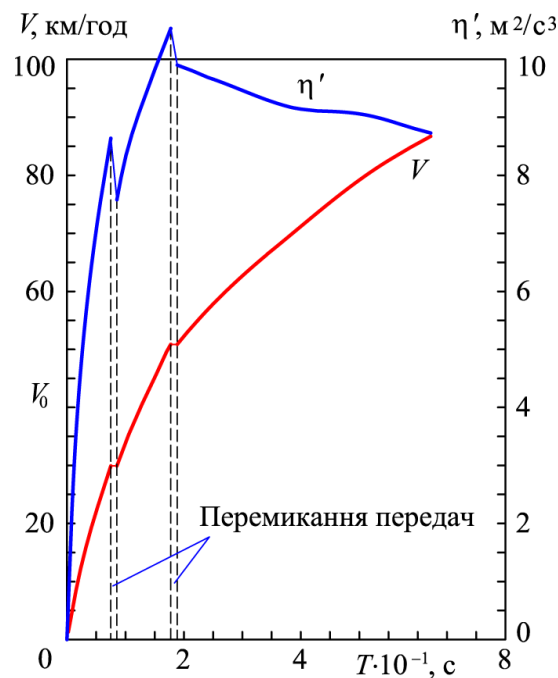


Рисунок 5 – Порівняння ефективності розгону машини за двома критеріями

При цьому така собі кінематична максимальна швидкість V_m мобільної машини (насправді принципово не досяжна за допомогою внутрішніх ресурсів) має правити за окремий параметр [14], який по-своєму характеризує швидкісні спроможності машини поряд з енергоозброєністю. І нема особливої потреби вмонтовувати цей параметр у якийсь критерій динамічності і зробити тим самим цей критерій універсальнішим. Звісно, якщо б така можливість була природною, то цим вигідно було б скористатись.

Отже оцінка динамічності аварійно-рятувальної машини, як виявилось, завжди буде тільки наближеною. Тому долати у різних сенсах невизначеність доведеться на основі запровадження ефективного регламенту. Будь-які зібрані аварійно-рятувальною структурою дані стосовно прояву динамічності усієї множини доступних машин мають бути в натренованому модельному середовищі приведені у відповідність до цього регламенту. Це дозволить удосконалити процес оцінювання динамічності і супутніх властивостей мобільних машин за допомогою комп'ютерних засобів моделювання й симулювання на основі стислого масиву даних, що багато важить навіть в рамках концепції Big Data. На цьому є сенс загострювати увагу, оскільки потрібно буде системно оперувати ще й багатьма іншими аспектами вияву досконалості машин. Уже зараз виникає занепокоєння можливою енергетичною ненаситністю дата-осередків і визріває потреба мати про всяк випадок засоби приборкати її. Звісно, потреба і

вимога лаконічності стосуються лише структурованих даних. А от, умовно кажучи, стискати «ноосферу» — собі шкодити.

Про інформаційно-комп'ютерний скелет системи. Загалом структура системного бачення і трактування аварійно-рятувального обслуговування, а конкретніше симуляція динамічних процесів в описах цієї системи потребує втілення відповідного інформаційно-комп'ютерного скелету. Систему доречно бачити, трактувати як мережеву, з чого випливає, що симуляція динамічних процесів має здійснюватись тільки під комп'ютерним (штучним, а не людським) експертним контролем. Комп'ютерна розумна експертна система мала б посідати добре розбудовану базу знань, що поєднує в собі, зокрема:

- тезаурус — науково визнані (умовлені, стандартизовані) терміни-поняття і цілісне поле граматичних правил, що разом творять засадничий інтерпретатор такої собі, умовно кажучи, RescuingCAD-мови;

- робочу (виконавчу) частину такої собі, умовно кажучи, RescuingCAD, яка б нагромаджувала поточні (що визрівають на принципах «самонавчання» системи) дані про перебіги процесів;

- архів, де б було нагромаджено комплексні рятувальні завдання, винайдені на підставі зверифікованих мовою RescuingCAD даних.

Інтерпретатор RescuingCAD-мови мав би бути визначальним елементом для створення програми з вживанням стандартних компіляційних мов.

Обслуговування будь-якого різновиду завдань з використанням звичайних системних програмних пакетів (наприклад тих, якими оперують суперкомп'ютери) надмірно подовжує тривалість виконання рятувальної місії, а доволі часто з огляду на фактично наявні у виконавця парк машин, засоби, ресурси власне таким чином програмоване обслуговування взагалі стає суперечливим або нездійсненним. Натомість вбудовані, умовно кажучи, в спеціальну систему RescuingCAD функціонально цілісний пакет векторно чи/та матрично запрограмованого інформаційного обслуговування «зобов'язаний» керуватись реальними системно упорядкованими даними, багатовимірний масив яких постійно збагачуються за рахунок структурування даних, що так чи так розпорошено надходять в інформаційний простір. Цей пакет спирається на власну організацію віртуальної пам'яті.

Детальна симуляція рятувального процесу вимагатиме залучення багатопроцесорних

комп'ютерів, які б дозволили паралельно відстежувати різні варіанти реалізації аварійно-рятувального обслуговування в кожному поточному мить в істотно мінливому середовищі, в середовищі з дуже плинними характеристиками. Це значно підвищило б ефективність оволодіння якісними діагнозами і прогнозами на усіх рівнях системи аварійно-рятувального обслуговування.

В періоди безпекового затишшя комп'ютерна симуляція на основі глибинного навчання могла б імітувати різні безпекозагрозливі ситуації і «заготовляти» про всяк випадок раціональні/оптимальні стратегії їх унормовування, формуючи базу типових (і не дуже) рішень і алгоритмів діяння. Звісно, існує, часом разюча, невідповідність між хайпом навколо штучного інтелекту та реальним станом технології. *Значна частина публічного дискурсу про штучний інтелект оманливо зближує ажіотаж і достовірність.* Насправді має превалювати поміркованість у сподіваннях. Уже зараз штучні інтелекти вимагають гігантських обчислювальних ресурсів, а великі мовні структури, як-от ChatGPT, поглинають «море» енергії та й залишають вуглецевий слід.

Інформаційний конструкт аварійно-рятувальної діяльності. Метаінформація (грец. *μετα...* — префікс, що означає проміжне становище, зміну, перетворення...) у вигляді «даних», «знань», «структур» тощо-тощо заповнює увесь життєвий простір. Загалом вона сприймається або як те, до чого байдуже, або ж як те, що для цілеспрямованої системи сприймається як неосяжне середовище неструктурованих даних, до якого існує потреба прикласти фаховий аналіз, рис. 6. В основі аналізу усієї цієї метаінформації лежать три процедури: процедура виявлення «великих даних» (якомога «більших»), потрібних для вибудовування знань; процедура виявлення прихованих закономірностей, корисних для прагматичної діяльності; процедура використання виявлених закономірностей для прогнозування розвитку подій і ухвалення рішень. Тож можна казати, що пізнавальна діяльність покликана вирізнити спочатку в середовищі неструктурованих даних таку його частину, що її у фаховому сенсі можна трактувати як середовище упорядкованих даних, але ще доволі розпорошених (як базу розпорошених даних). А вже потім, з докладанням певних інтелектуальних зусиль, можна буде вибудувати середовище структурованих даних (банк даних, що відбивають в собі майже інформацію).

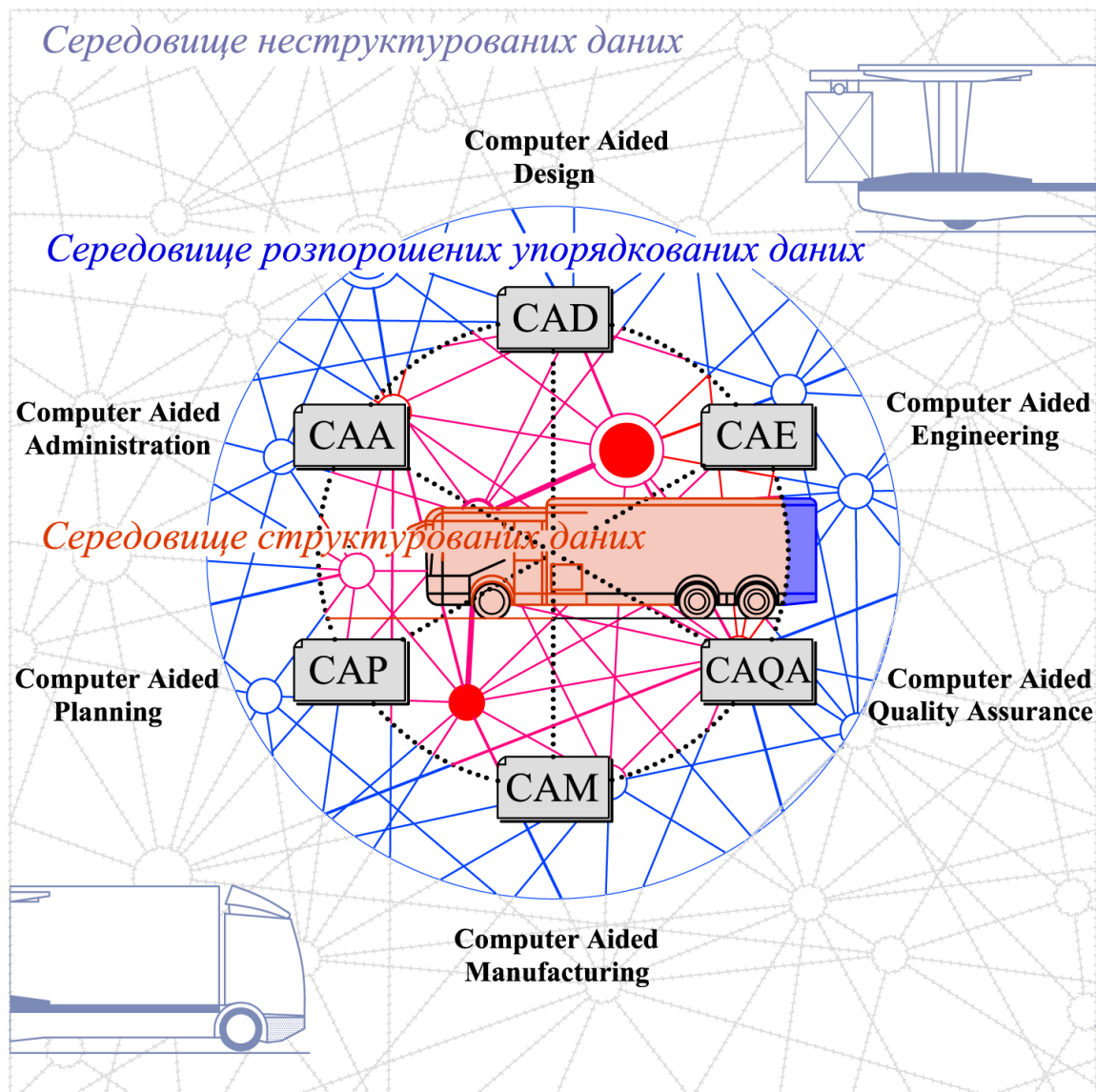


Рисунок 6 – Інформаційний конструкт системності аварійно-рятувальної діяльності

Власне так з'явиться можливість вимостити шлях від «інформації-явища» до «інформації-сутності». В нагоді стають комп'ютерні технології: CAD — Computer Aided Design (комп'ютерне проектування, розробка конструкцій комп'ютерними засобами); CAM — Computer Aided Manufacturing (комп'ютерне виробництво, автоматизація за посередництва цифрового керування робочими і організаційними процесами виробництва і функціонування за допомогою пристроїв, що слугують для електронного перетворення даних); CAP — Computer Aided Planning (комп'ютерне планування, розробка завдань за допомогою комп'ютерів у процесі планування акції); CAQA — Computer Aided Quality Assurance (комп'ютерний контроль за дотриманням вимог якості); CAE — Computer Aided Engineering (комп'ютерний інжиніринг, обчислювальні операції і симулювання процесів з використанням

комп'ютерів у стилі «CAD+CAP»); CAA — Computer Aided Administration (комп'ютерне адміністрування). Увесь цей потужний з високим рівнем інтеграції інструментарій можна тлумачити як штучний інтелект, забираючи цей особливий статус, скажімо, у ChatGPT (GPT — General Pre-trained Transformer) і подібних структур. База розпорошених упорядкованих даних у цьому випадку стає ніби навчальним data-середовищем.

Часом, аналіз даних все більше й більше відходить від традиційних методів прикладної математики. Скажімо, частіше почали застосовувати такі алгоритми аналізу даних, які спираються не на загальні моделі штибу «чорної скриньки», а на конкретні факти поведінки досліджуваної системи, зафіксовані в протоколах «вхід — вихід», або ж на такі собі «прецеденти». Підстави для цього ніби дає гіпотеза про монотонність простору розв'язків, яку можна

висловити так: «схожі ситуації призводять до схожих реакцій системи». Тож стосовно нової ситуації достатньо знайти в протокольній базі одну або декілька найбільше схожих на неї уже закарбованих ситуацій і ухвалити рішення, спираючись саме на ці підібрані прецеденти.

Звісно, у такому разі не треба намагатися пізнавати систему так глибоко, щоб уміти передбачати її реакцію на будь-які можливі зовнішні дії. Особливо, коли всі «можливі» не обов'язково мають статися. Можна ж керуватись монотонністю поведінки системи в околі наявних прецедентів, і цього буде достатньо для отримання практично прийнятних рішень у кожному конкретному випадку, який таки стався. Цей факт деколи трактують як можливість і навіть доцільність відмовитися від побудови моделі системи. До речі, задовго до виникнення аналізу даних правило ухвалення рішень на основі прецедентів було покладено в основу старогрецької медицини, а також британського судочинства.

Десь в середині 1970-х років апологети штучного інтелекту відмовилися від не конче продуктивного пошуку універсального алгоритму мислення і вдалися до моделювання програмними засобами знань спеціалістів-експертів. Так визрів (навіть доволі рентабельний) різновид штучного інтелекту — експертні системи. Згодом конкуренцію роботі експертних систем склали штучні нейромережеві і нейрокомп'ютерні технології, які процес програмування заміняють на процес навчання (глибокого машинного).

Взагалі кажучи, будь-яка експертна система (чи штучного походження, чи природного) — це структура, що акумулювала великий обсяг знань (процедурних і декларативних), набутих наполегливою працею спеціалістів у конкретних предметних областях, аби далі поширювати ці знання (часто на ширшу предметну область) у формі консультацій серед менш кваліфікованих замовників.

Але чому в науці і практичній діяльності, буває, панує світоглядний і аксіологічний гармидер? Насправді вагомою є практика «всіх», а не авторитет окремого «експерта». Спраглі досконалого, ми топимосся в океані даних, не маючи можливості опертися на мудрість. Не всі з кожного приводу повинні мати свою думку, бо наш власний досвід лише підтверджує розумність того, що оголосили в науці видатні дослідники — безкомпромісні диктатори. І лише нові диктатори можуть спростовувати раніше встановлений диктат. Отже штучно інтелектуалізована система аварійно-рятувального обслуговування не повинна перебирати на себе тільки експертні функції.

Резюме. Поряд з так званою ідейною приблизністю і антиномією оцінок досконалості

аварійно-рятувальних машин та загалом аварійно-рятувальної системи доречно розпізнавати також ще й технологічну, алгоритмічну, обчислювальну невідповідності. Справді, натурно відтворити, приміром, тест розгону машини — технічно і технологічно доволі складне завдання: виникають клопоти з калібруванням натурних умов і відтворюваністю тестувального процесу. Перенесення акції тестування в стендове (апаратурно-вимірювальне) середовище — це помітне відхилення від реальності, і до цього треба ставитися по-особливому. Комп'ютерна симуляція — це глибоке модельно-алгоритмічне абстрагування, яке має свій ступінь обмеженої адекватності.

Звісно, RescuingCAD не обов'язково має безпосередньо перебирати на себе тестувальні операції. Але пасивно обмежуючись лише нагромадженням і обробленням чужих даних, він перетворюється на експертну систему, яка так-чи-так послуговується безліччю експертів-людей, що власними силами продукують великі дані, на які доводиться звертати увагу. Завдяки своїй практично безмежній пам'яті RescuingCAD не може не звернути увагу на те, що якийсь один підхід має найпомітніше визнання у середовищі експертів-людей. Приміром, традиційно дуже помітним є критерій «тривалість розгону до заданої швидкості». Але щоб продуктом Deep Learning не став тенденційний Deep Fake, було б добре зважати на підходи, які передбачають мету (приміром, розгону) і на користь яких в середовищі даних дуже мало підтримки.

Штучний інтелект ніколи не урівняється з природним, особливо — якщо й далі спиратиметься тільки на мовну технологію. Тому не може йтися про обов'язкове і неминуче залучення послуг «загального» штучного інтелекту як такого в діяльність системи аварійно-рятувального обслуговування (покладаючись, приміром, на щось/когось з ChatGPT, Gemini, Deep Seek...). У рамках системи аварійно-рятувального обслуговування людина — завжди найвпливовіший чинник. Але сама-по-собі ця система має ставати суто по-своєму все розумнішою і розумнішою. У ній має панувати низька потреба в людських судженнях.

Список літератури:

1. Цопа В. А., Дерюгін О. В., Чеберячко С. І., Сушко Н. С., Станіславчук О. В. Приклад застосування методів аналізу ієрархій та fuzzy dematel у виборі пожежно-рятувального автомобіля для виконання завдань за призначенням. Вісник ЛДУБЖД, № 30, 2024. С. 159—172. <https://doi.org/10.32447/20784643.30.2024.16>

2. Hulida E., Pasnak I., Vasilyeva E. Methodology for Reducing the Duration of the Free Development of Fire. *Bezpieczeństwo i technika pożarnicza*. 2017. Vol. 48 (4). P. 80–87. <https://doi.org/10.12845/bitp.48.4.2017.5>

3. Придатко В. В., Чалий Д. О., Придатко О. В., Кобко В. А. Аналітичний огляд методів та параметрів оптимізації зон обслуговування рятувальних підрозділів. *Пожежна безпека*, № 43, 2023. С. 123—136. <https://doi.org/10.32447/20786662.43.2023.14>

4. Bahga A., Madiseti V. *Big Data Science and Analytics: A Hands-On Approach*. Published by Arshdeep Bahga & Vijay Madiseti, 2016. 542 p. ISBN: 978-1-949978-00-1

5. Marr, B. *Big Data in Practice: How 45 Successful Companies Used Big Data Analytics to Deliver Extraordinary Results*. John Wiley and Sons Ltd, 2016. xi, 308 p.

ISBN 978-1-119-23138-7

6. Limebeer D., Massaro M. *Dynamics and Optimal Control of Road Vehicles*. Oxford University Press: Oxford, UK, 2018. 480 p.

<https://doi.org/10.1093/oso/9780198825715.001.0001>

7. Guiggiani M. *The Science of Vehicle Dynamics: Handling, Braking, and Ride of Road and Race Cars*. Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2014. 539 p.

<https://doi.org/10.1007/978-94-017-8533-4>

8. Jazar R. N. *Vehicle Dynamics: Theory and Application*. New York: Springer Science+Business Media, LLC, 2013. 1066 p.

9. Гащук Л. Формалізоване оцінювання динамічності автомобіля. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, студентів і курсантів «Енергоефективність, екологічність та безпечність автомобіля». Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, 2020. С. 56—59. <https://conf.ldubgd.edu.ua/>

10. Mitschke M., Wallentowitz H. *Dynamik der Kraftfahrzeuge*. 5th Ed. Springer, 2014. xxi, 914 p. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-05068-9>

11. Andrzejewski R., Awrejcewicz J. *Nonlinear dynamics of a wheeled vehicle*. New York: Springer Science+Business Media, Inc., 2005. 328 p. ISBN 0-387-24358-5

12. Гащук Л. П., Гащук П. М. Особливі оцінки динамічності розгону військового автомобіля. Військово-технічний збірник. Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, 2015, № 13. С. 20—29. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.13.2015.20-29>

13. Гащук Л. П., Гащук П. М. Динамічність процесу рушення автомобіля. Вісник національного університету “Львівська політехніка”. Динаміка,

міцність та проектування машин і приладів: Збірник наукових праць, 2015, № 820. С. 3—13.

14. Kraftfahrtechnisches Taschenbuch / Bosch. [Chefred.: Horst Bauer]. 23., aktualisierte und erw. Aufl. (1999). Braunschweig; Wiesbaden: Vieweg (Die Deutsche Bibliothek — CIP-Einheitsaufnahme), 960 s.

References:

1. Tsopa, V. A., Deryugin, O. V., Cheberyachko, S. I., Sushko, N. S., & Stanislavchuk, O. V. (2024). Case of the Application of Hierarchy Analysis and Fuzzy Dematel Methods for Selecting a Fire and Rescue Vehicle to Perform Assigned Tasks. *Bulletin of Lviv State University of Life Safety*, 30, 159—172. <https://doi.org/10.32447/20784643.30.2024.16>

2. Hulida, E., Pasnak, I., & Vasilyeva, E. (2017). Methodology for Reducing the Duration of the Free Development of Fire. *Bezpieczeństwo i technika pożarnicza*. 48 (4). 80—87. <https://doi.org/10.12845/bitp.48.4.2017.5>

3. Prydatko, V. V., Chalyy, D. O., Prydatko, O. V., & Kobko, V. A. (2023). Analytical Review of the Methods and Parameters of Optimizing the Service Zones of Rescue Units. *Fire Safety*, 43. 123—136. <https://doi.org/10.32447/20786662.43.2023.14>

4. Bahga, A., & Madiseti, V. (2016). *Big Data Science and Analytics: A Hands-On Approach*. Published by Arshdeep Bahga & Vijay Madiseti. 542 p. ISBN: 978-1-949978-00-1

5. Marr, B. (2016). *Big Data in Practice: How 45 Successful Companies Used Big Data Analytics to Deliver Extraordinary Results*. John Wiley and Sons Ltd. xi, 308 p. ISBN 978-1-119-23138-7

6. Limebeer, D. & Massaro, M. (2018). *Dynamics and Optimal Control of Road Vehicles*. Oxford University Press: Oxford, UK. 480. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198825715.001.0001>

7. Guiggiani, M. (2014). *The Science of Vehicle Dynamics: Handling, Braking, and Ride of Road and Race Cars*. Springer: Dordrecht, The Netherlands, 539. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-8533-4>

8. Jazar, R. N. (2013). *Vehicle Dynamics: Theory and Application*. New York: Springer Science+Business Media, LLC, 1066.

9. Hashchuk, L. (2020). Formalized assessment of vehicle dynamics. Materials of the All-Ukrainian scientific and practical conference of young scientists, students and cadets «Energy efficiency, environmental friendliness and vehicle safety». Lviv State University of Life Safety. Lviv. 56—59. <https://conf.ldubgd.edu.ua/>

10. Mitschke, M., & Wallentowitz, H. (2014). *Dynamik der Kraftfahrzeuge*. 5th Ed. Springer. xxi, 914. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-05068-9>

11. Andrzejewski, R., & Awrejcewicz, J. (2005). *Nonlinear dynamics of a wheeled vehicle*. New York: Springer Science+Business Media, Inc., 328. ISBN 0-387-24358-5

12. Hashchuk, L. P., & Hashchuk, P. M. (2015). Special estimations of acceleration dynamism of the military vehicle. *Military-technical collection. Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy*, (13), 20—29. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.13.2015.20-29>

13. Hashchuk, L. P., & Hashchuk, P. M. (2015). Dynamics of the process of vehicle movement. *Bulletin of the National University «Lviv Polytechnic». Dynamics, strength and design of machines and devices: Collection of scientific papers*. 820. 3—13.

14. *Kraftfahrtechnisches Taschenbuch / Bosch*. [Chefred.: Horst Bauer].— 23., aktualisierte und erw. Aufl. (1999). Braunschweig; Wiesbaden: Vieweg (Die Deutsche Bibliothek — CIP-Einheitsaufnahme). 960.

© О. В. Придатко, Є. В. Мартин,
Л. П. Гашук, 2025.

Науково-методична стаття.

Надійшла до редакції 28.08.2025.

Прийнято до публікації 26.11.2025.