

В. М. Павленко¹
В. М. Мануйлов²
В. П. Кужель³

CASE-СИСТЕМИ ДЛЯ РОЗРОБКИ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ (МАС) В СИСТЕМІ ДІАГНОСТУВАННЯ ТА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

²Національна академія Національної гвардії України

³Вінницький національний технічний університет

У статті виконано порівняльний аналіз існуючих програмних продуктів і бібліотек, що дозволяють здійснювати проектування мультиагентних систем для систем діагностування та технічного обслуговування сучасних автомобілів.

Авторами обґрунтовано два основні недоліки, властиві всім продуктам-аналогам: потреба у високій кваліфікації користувача, як розроблювача програмного коду, і низькі показники можливостей впровадження інтелектуальних методів у структуру агентів, що погіршує показники їхньої роботи.

У широкому застосуванні систем телематики для контролю технічного стану автомобілів об'єктивно зацікавлені як виробники, так і автовласники. Предиктивна діагностика відкриває для них доступ до величезного масиву інформації про всі нюанси експлуатації автомобілів, де б вони не знаходилися, протягом усього терміну служби. Застосування такого підходу з використанням мультиагентної системи (МАС) дозволить зробити наступний крок в цьому напрямку. Інформація від підключених автомобілів надходить на головний сервер. Систематизація та аналіз даних дозволяють встановлювати причини несправностей, виявляти закономірності їх появи і робити подальший прогноз.

Мета роботи: виконати порівняльний аналіз існуючих програмних продуктів і бібліотек, що дозволяють здійснювати проектування мультиагентних систем.

Тема роботи розкривається на прикладі аналізу програмних засобів для розробки і проектування МАС на сучасному етапі. На ринку присутня низка систем і бібліотек, створених для розробки мультиагентних систем. Ці Case-системи підходять для розробки мультиагентних систем будь-якої спрямованості, тобто є універсальними з цієї точки зору. Тому для нас це універсальний інструмент застосування для автомобільної галузі.

В кінцевому підсумку в роботі виконано порівняльний аналіз існуючих програмних продуктів і бібліотек, що дозволяють здійснювати проектування мультиагентних систем. Аналіз виявив два основних недоліки, властиві всім продуктам-аналогам: потреба у високій кваліфікації користувача, як розробника програмного коду, і низькі показники можливостей впровадження інтелектуальних методів в структуру агентів, що погіршує показники їх роботи.

Ключові слова: автомобіль, мультиагентна система, case-система, агент, інтелектуальні системи, програмний продукт, діагностування, обслуговування.

Постановка проблеми

Зазначимо, що два десятиліття назад вершиною досконалості розвитку світової автомобільної промисловості були найпростіші датчики зношування гальмівних колодок. А сьогодні штучний інтелект здатний у режимі реального часу контролювати технічний стан автомобіля, аналізувати дані, виявляти проблеми й передавати виробникові. Наступний крок – рекомендація власникові автомобіля звернутися в сервіс для заміни зношених деталей, ремонту механізмів і систем. Це і є предиктивна діагностика – одне із найбільш затребуваних сучасних напрямків розвитку концепції мережі, програмного забезпечення, та використання стандартних протоколів зв'язку в автомобільній галузі.

Предиктивна діагностика важлива в першу чергу для забезпечення безпеки експлуатації автомобіля. Точне виконання алгоритму роботи розумного автомобіля практично повністю виключає несподівані поломки, які могли б привести до дорожньо-транспортних пригод. Власникам машин вона вигідна з економічних міркувань. Адже усунути сховані несправності можна, що називається, у плановому порядку. Згідно з розрахунками, застосування систем телеметрії скорочує приблизно на 20 % витрати на техобслуговування й ремонт транспортних засобів. Плюс економія часу – майже на 25 % – за рахунок раціонального використання автомаїстерні і оптимізації логістики запчастин.

У широкому застосуванні систем телематики для контролю технічного стану автомобілів об'єктивно зацікавлені й виробники. Предиктивна діагностика відкриває для них доступ до величезного масиву інформації про всі нюанси експлуатації автомобілів, де б вони не перебували, протягом усього терміну служби. Застосування такого підходу з використанням мультиагентної системи (МАС) дозволить зробити наступний крок в цьому напрямку. Інформація від підключених автомобілів надходить на головний сервер. Систематизація й аналіз даних дозволяють установлювати причини несправностей, виявляти закономірності.

У дослідженні центру Berg Insight, згідно з яким до 2023 року парк автомобілів з функцією предиктивної діагностики складе 248 млн, тобто виросте в 5 разів порівняно з 2017 роком. Аналітики Berg Insight відзначають тенденцію останніх років – телематика, яка колись була особливістю преміальних брендів, стає обов'язковою опцією для автомобілів середнього класу. Так, система GM Onstar, створена 20 років тому, на сьогоднішній день установлена більш ніж на 14 млн машин. В BMW цей показник – 8 млн, у групи PSA – майже 3 млн, понад 2 млн – в Hyundai, Mercedes-Benz, Toyota/Lexus і FCA Group [1].

Основна частина

Усі програмні засоби для розробки й проектування МАС на сучасному етапі можна розділити на два класи: МАС-бібліотеки й МАС-середовища.

На ринку присутня низка систем і бібліотек, створених для розробки мультиагентних систем. Ці Case-системи підходять для розробки мультиагентних систем будь-якої спрямованості, тобто є універсальними із цього погляду. Тому для нас це є універсальний інструмент застосування для автомобільної галузі.

Система Magenta Toolkit [2] містить у собі набір важливих, ефективних компонентів для розробки мультиагентних систем:

- мультиагентна виконавча система (Multi-Agent Engine) забезпечує підтримку при створенні співтовариств агентів і їх функціонуванні, включаючи створення й видалення груп агентів і окремих агентів, обмін повідомленнями, реакцію на події, керування проактивністю, візуальний інтерфейс, підтримку міжсерверної взаємодії, журнал переговорів і прийняття рішень агентами;

- інструмент для створення онтологій (Ontology Management Toolkit) дозволяє формалізувати знання про предметну область (онтологію) у формі семантичної мережі, що утворюється із класів концептів і відносин, у форматі, що читається комп'ютером. На основі онтології можливо в реальному світі специфікувати вихідну проблемну ситуацію, яка пред'являється МАС, для знаходження загального розв'язку, і яка використовується агентами для аналізу вихідних даних і вироблення варіантів їх локальних рішень [3];

- віртуальний ринок (Virtual Market) - розширення Multi-Agent Engine, що підтримує модель вільного ринку для організації взаємодії агентів, при якій агенти виконують ролі замовлень і ресурсів і укладають угоди, спеціально розробленим універсальним або спеціалізованим протоколам переговорів;

- бібліотека візуальних компонентів (Visual Components Library) - веб- і десктоп-компоненти для візуалізації вихідних даних і результатів роботи МАС (графіки, діаграми, мережі й т.п.).

Magenta Toolkit багаторазово застосовувався для розв'язання широкого спектру завдань планування й розподілу ресурсів, а також для розробки Інтернет-додатків, заснованих на концепціях Web 3.0 і Semantic Web. Більше того, Magenta Toolkit успішно використовувався для розв'язання складних завдань у таких областях, як керування знаннями, розпізнавання правил і закономірностей, розуміння тексту, керування ризиками й інших.

Magenta Toolkit дає розроблювачам ряд важливих переваг і може застосовуватися розроблювачами й програмістами, що не мають спеціальних знань і досвіду роботи з мультиагентними технологіями.

Система Agenttool. Проекти The MACR Laboratory пов'язані з пошуком шляхів ефективного проектування й моделювання динамічних розподілених мультиагентних систем. Використовується спадний підхід до проектування подібних систем, заснований на теорії керованих моделей. Ключові напрямки діяльності компанії:

- розробка методів і технологій для проектування й аналізу таких систем;
- організація моделей, на яких заснований аналіз і проектування даних систем;
- проектування мультиагентних систем, які підтверджують ці теорії.

Ці елементи визначені й реалізовані в системі Agenttool [4].

Agenttool – це графічний редактор для проектування мультиагентних систем. Він підтримує реалізацію основних етапів проектування МАС: створення агентів, зв'язків між ними, визначення цілей

і завдань агентів. Тобто створюються агенти і їх архітектура, а також детально описуються взаємозв'язки між ними. Для заданої в такий спосіб системи конструктор генерує код агентної системи.

Метою Agentool ставилося показати, що використання програмного забезпечення, що автоматично генерує основні методи для агентів з використанням заздалегідь певних протоколів, дозволить спростити процес розробки мультиагентної системи, а також знизити ймовірність помилок у підсумковій програмі. Надається механізм абстрагування від розробки безпечних і надійних протоколів взаємодії, таким чином розроблювач може описувати специфікацію поведінки агента без необхідності проектувати мережний рівень їх зв'язків.

При створенні Agentool були визначені такі технічні цілі:

- застосування методів синтезу програмного забезпечення до побудови інтелектуальних агентів, щоб гарантувати достатню безпеку протоколів комунікацій;
- розвиток моделі протоколу безпечного зв'язку, необхідного для автоматичного синтезу агентного програмного забезпечення;
- розробка методів приховування складної структури безпеки й протоколів від проектувальників агентів при забезпеченні їхнього строгого дотримання;
- інтегрування в систему напівавтоматичного симулятора інтелектуальних агентів за специфікаціями поведінки високого рівня реалізують усі необхідні протоколи агентів;
- об'єднання синтезованих агентів з іншими агентами.

Розробка Agentool базується на методах програмного моделювання, які дозволяють описувати деякі аспекти, використовуючи абстрактні моделі. Головна сутність такого підходу в тому, що розроблювач може сконцентрувати увагу на більш важливих речах, опускаючи деякі деталі. Наприклад, при розробці мультиагентної системи необхідно враховувати взаємодію агентів через мережу. Це може бути реалізовано за допомогою певних методів, що знизить кількість помилок на даному рівні й дозволить зосередитися на описі структури агентів.

Незручність такого підходу – необхідність мати «правильні» моделі й методи підсистем. Були розроблені різні підходи до подолання цієї проблеми, але вона однаково залишається відкритою й над її розв'язанням ведеться робота.

Системи The Multi-Agent Systems Lab [5] працюють над розробкою й аналізом складних завдань проблеми III й розбудовує архітектуру не тільки одноагентних, але й багатоагентних систем. Організація створена в 1977 і є піонером в розробці архітектури систем III й наближених обчислень у реальному часі.

Компанією було створено багато складних програмних продуктів, що реалізують методи розподіленого обчислення, діагностику розподіленої мережі, планування розподілу ресурсів, пошук інформації в Інтернеті й багато іншого. Ведуться сучасні розробки з використання формальних систем для емпіричного аналізу. От деякі із проектів:

- Autonomous Negotiating Teams. Проект The Autonomous Negotiating Teams (ANTS) створений як спроба розв'язання проблеми взаємодії через обмежені ресурси в невизначеному середовищі в реальному часі. Уява про середовище надходить через сенсори, за допомогою яких визначаються точні координати об'єктів. У рамках проекту були розроблені алгоритми поведінки агентів з різним рівнем абстракції. Планується розробка методів взаємодії великої кількості агентів.

- Bounded Information Gathering. The BIG (resource-bounded Information Gathering) – це система збору інформації про навколишній світ. В основному розроблялася для поліпшення пошуку продуктів в Інтернеті за заданими характеристиками. Повернуті таким «розвідником» списки містять найбільш підходящі заданим параметрам продукти.

- Organizational Adaptation. Одна з найбільш важливих характеристик мультиагентних систем це їх організація, тобто опис того як, що, коли й з яким з агентів впливає взаємодіяти. Тип, кількість і якість цих відносин дуже сильно впливають на ефективність як одного агента, так і системи в цілому. Завдання створення оптимального спілкування ускладнюється тим, що за динамікою деякі повідомлення можуть виявитися неврахованими швидше ніж дійдуть до споживача. Таким чином процес взаємодії може швидко «вбити» агента і йому доведеться довго відновлювати свою працездатність.

- Soft Real-Time Architecture. Створена для створення певної взаємодії зовнішнього світу й агентів, і для виконання підсистем розподілу ресурсів і симуляції. Вона визначає користувацький рівень уявлення, залишаючи агентам оперувати більш низькими рівнями автоматично.

Cognitao – проект, в якому поставлено за мету створення додатка для розробки мультиагентних систем, що вирішують завдання керування в робототехніці, що й підтримує найбільш сучасні парадигми робототехніки [6]. Ця автоматизована система максимально зближає один з одним

методики прийняття рішень і поведінки в мінливих умовах навколишнього середовища, дозволяючи використовувати як методи цільового керування, так і поведінковий контроль. Cognitao нейтральний стосовно платформи, тому підходить для розробки систем керування роботами будь-яких розмірів, форм, типів і призначень. На даний момент Cognitao проходить етап тестування для використання в керуванні безпілотними літальними й наземними апаратами в збройних силах Ізраїлю. У цьому завданні найбільш помітних успіхів досягла система «Mobile Robots Pioneer». На даний момент Cognitao має такі властивості й перевагами:

- створення елементів керування і їх інтеграція в існуючі компоненти програмного забезпечення;
- інтегроване налагодження й моделювання прийняття системою рішень;
- генерація коду мовою C++;
- автоматичний контроль і координація безлічі роботів (зграї);
- підтримка, з використанням мови Java;
- скорочення працездатності до 60 %;
- професійно розроблена технічна документація й безперервна підтримка.

На основі аналізу літератури, з дослідження систем автоматизації проектування, були виділені такі критерії оцінки:

- оперативність інтеграції інтелектуальних методів;
- швидкість внесення змін у структуру агентів;
- швидкість зміни структури міжагентної взаємодії;
- ступінь кваліфікації користувача як розроблювача програмного забезпечення;
- інструментарій розширення мультиагентної системи;
- інструментарій повторного використання розроблених структур і функціонала;
- ступінь інтеграції стандартних протоколів обміну даними;
- незалежність від наявності й роботи сторонніх програм;
- кросплатформенність.

Для порівняльної оцінки проаналізованих систем-аналогів використовується шкала від 1 до 5, де для ознак 5, 6, і 7:1 – ознака не характерна, 5 – ознака є невід'ємною частиною системи, а для ознак 1, 2, 3, 4, 8 і 9:1 – дуже низька, 5 – дуже висока. Результати оцінки представлено на таблиці 1 (рис. 1).

Таблиця 1

Порівняльний аналіз систем автоматизації проектування МАС

Критерії	Найменування системи			
	Agenttool	Magenta Toolkit	The Multi-Agent Systems Lab	Cognitao
Оперативність інтеграції інтелектуальних методів	3	1	1	5
Швидкість внесення змін у структуру агентів	2	4	2	4
Швидкість зміни структури міжагентної взаємодії	4	5	4	1
Ступінь кваліфікації користувача як розроблювача програмного забезпечення	1	1	1	3
Інструментарій розширення мультиагентної системи	2	3	2	5
Інструментарій повторного використання розроблених структур і функціонала	1	1	1	3
Ступінь інтеграції стандартних протоколів обміну даними	4	4	3	3
Незалежність від наявності й роботи сторонніх програм	5	1	1	4
Кросплатформенність	2	2	2	5

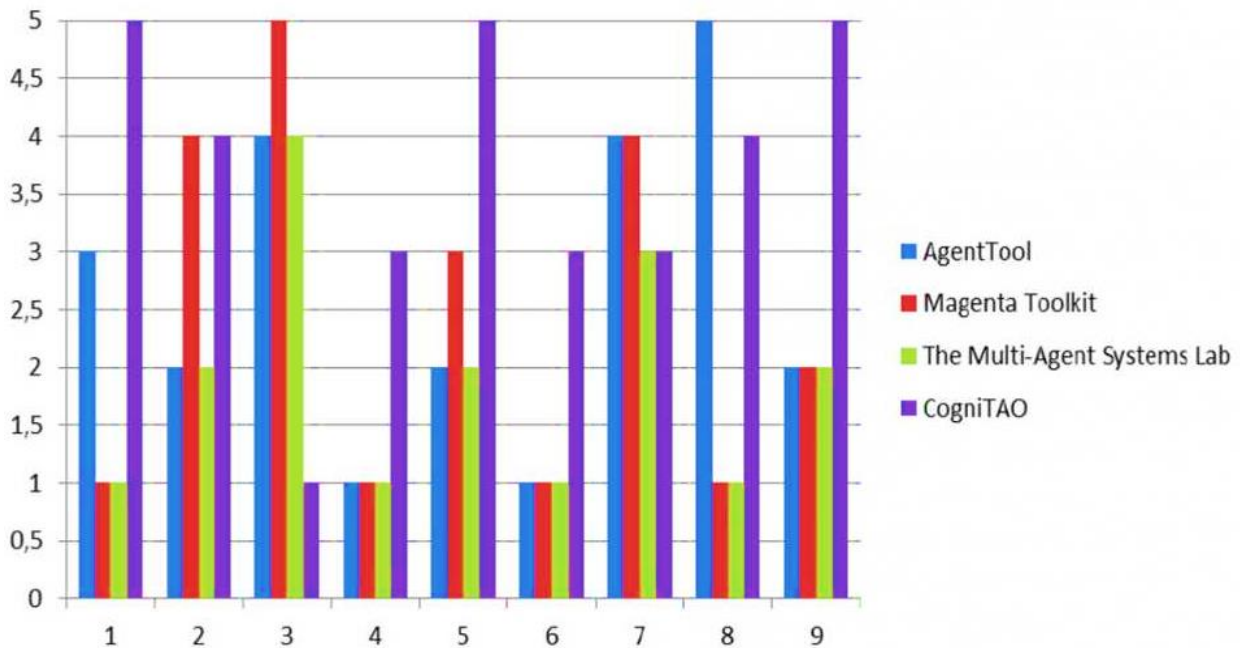


Рис. 1. Результати порівняльного аналізу систем автоматизації проектування МАС

Встановлені основні недоліки й проблеми, що виникають у процесі розробки МАС:

- потреба в наявності кваліфікованого розроблювача. На даний момент процес створення мультиагентної системи вимагає безперервної взаємодії розроблювача й експерта протягом усього проекту, хоча деякі життєво важливі для всього проекту кроки можуть виконуватися без залучення експерта. Прикладом такого кроку може бути крок вибору засобу розробки, який критично впливає на структуру майбутньої системи й на процес проектування в цілому. До того ж, багато мультиагентних систем уникають використання складної структури агентів, заснованої на інтелектуальних методах і поведінкових алгоритмах, тому що питання їхнього використання вирішується розроблювачем;

- нездатність низки систем до імплементації інтелектуальних методів. Незважаючи на те, що деякі системи дозволяють впроваджувати поведінкові алгоритми на своїй платформі, жодна із проаналізованих систем не пропонує інструментів реалізації інтелектуальних методів, не пов'язаних з керуванням, таких як аналіз даних, прогнозування, розпізнавання образів;

- у розглянутих системах автоматизованого проектування відсутній інструментарій повторного використання розроблених структур і функціонала. Такий інструментарій надає користувачеві можливість робити перевірки різних варіантів реалізації проектованої системи й використовувати структури, які вже були використані в раніше розроблених системах [7–9].

Висновки

Мультиагентні системи здатні в автономному режимі проводити моніторинг, збір інформації, передачу даних на центральний сервер, аналіз, оцінку й прогноз обслуговування, що робить підготовку авто до техобслуговування максимально зручною й простою як для клієнтів, так і для сервісних центрів. В роботі виконано порівняльний аналіз існуючих програмних продуктів і бібліотек, що дозволяють здійснювати проектування мультиагентних систем. Аналіз виявив два основні недоліки, властиві всім продуктам-аналогам: потреба у високій кваліфікації користувача, як розроблювача програмного коду, і низькі показники можливостей впровадження інтелектуальних методів у структуру агентів, що погіршує показники їх роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Berg Insight оценил российский рынок мониторинга транспорта [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.content-review.com/articles/> (дата звернення 31.03.2021).

[2] MagentaToolkit [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.magenta-technology.it/ru/technology/overview/toolkit/> (дата звернення 31.03.2021).

[3] Е. А. Сидорова, Н. О. Гаранина, и Ю. А. Загорюлько, «Мультиагентный алгоритм анализа текста на основе онтологии предметной области» на *Тринадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2012*, Белгород: БГТУ, 2012, с. 219-226.

[4] AgentTool [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://agenttool.cis.ksu.edu/> (дата звернення 31.03.2021).

[5] The multi-agent system lab [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dis.cs.umass.edu/> (дата звернення 31.03.2021).

[6] CogniTeam [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cogniteam.com/cognitao.html> (дата звернення 31.03.2021).

[7] В. П. Волков, В. М. Павленко, і В. П. Кужель, «Дослідження агентного підходу контролю технічного стану транспортних засобів» *Вісник Машинобудування та транспорту*, № 2(10), 2019, с. 16-23. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-10-2>.

[8] В. П. Волков, В. М. Павленко, В. П. Кужель, і Є. В. Калашніков, «Аналіз програмного забезпечення для формування онтологічного простору обслуговування автомобілів» *Вісник Машинобудування та транспорту*, № 2(8), 2018, с. 15-24.

[9] В. М. Павленко, В. П. Кужель, М. С. Хорін, «Сутність автомобільної діагностики при впровадженні експертних систем», *Вісник машинобудування та транспорту*, № 2(12), 2020, с. 85-92. DOI: <https://doi.org/10.31649/2415-3486-2020-12-2>.

Павленко В'ячеслав Миколайович – канд. техн. наук, доцент кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів, e-mail: vp.khadi@gmail.com.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків.

Мануйлов Володимир Миколайович – майор, викладач кафедри автобронетанкової техніки, e-mail: pchelka2501@gmail.com

Національна академія Національної гвардії України, м. Харків.

Кужель Володимир Петрович – канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: kuzhel2017@gmail.com.

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

V. Pavlenko¹
V. Manuilov²
V. Kuzhel³

Case-systems for development of multiagent system (MAS) in the system of diagnostics and maintenance of vehicles

¹Kharkiv National Automobile and Highway University

²National Academy of the National Guard of Ukraine

³Vinnitsia National Technical University

The article provides a comparative analysis of existing software products and libraries that allow the design of multi-agent systems for diagnostics and maintenance systems for modern cars.

The authors substantiate two main shortcomings inherent in all products - analogues: the need for high qualification of the user as a software code developer, and low performance of intelligent methods in the structure of agents, which worsens their performance.

Both manufacturers and car owners are objectively interested in the widespread use of telematics systems for monitoring the technical condition of cars. Predictive diagnostics gives them access to a huge amount of information about all the nuances of car operation, wherever they are, during the entire service life. The application of this approach using a multi-agent system (MAS) will allow taking the next step in this direction. Information from the connected vehicles goes to the main server. Systematization and analysis of data make it possible to establish the causes of malfunctions, identify patterns of their occurrence and make further predictions.

Purpose of the work: to perform a comparative analysis of existing software products and libraries that allow the design of multi-agent systems.

The topic of the work is disclosed on the example of the analysis of software tools for the development and design of MAS at the present stage. There are a number of systems and libraries on the market designed for the development of multi-agent systems. These Case - systems are suitable for the development of multi-agent systems of any direction, that is, they are universal from this point of view. Therefore, for us it is a universal application tool for the automotive industry.

Ultimately, the work performed a comparative analysis of existing software products and libraries that allow the design of multi-agent systems. The analysis revealed two main drawbacks inherent in all products - analogs: the need for high user qualifications as a developer of software code, and low indicators of the possibilities of introducing intelligent methods into the structure of agents, worsens the indicators of their work.

Key words: car, multi-agent system, case-system, agent, intelligent systems, software product, diagnostics, service.

Pavlenko Viacheslav – Ph. D. (Eng), Associate Professor, Associate Professor of Technical operation and service of cars department, e-mail: vp.khadi@gmail.com.

Manuylov Volodymyr – Major, Lecturer, Department of Automotive Armored Equipment, e-mail: pchelka2501@gmail.com.

Kuzhel Volodymyr – Ph. D. (Eng), Associate Professor, Associate Professor of Automobiles and transport management department, e-mail: kuzhel2017@gmail.com.

В. Н. Павленко¹
В. Н. Мануйлов²
В. П. Кужель³

Case-системы для разработки мультиагентных систем (МАС) в системе диагностирования и технического обслуживания автомобилей

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

²Национальная академия Национальной гвардии Украины

³Винницкий национальный технический университет

В статье выполнен сравнительный анализ существующих программных продуктов и библиотек, позволяющих осуществлять проектирование мультиагентных систем для систем диагностирования и технического обслуживания современных автомобилей.

Авторами обосновано два основных недостатка, присущих всем продуктам-аналогам: потребность в высокой квалификации пользователя, как разработчика программного кода, и низкие показатели возможностей внедрения интеллектуальных методов в структуру агентов, ухудшает показатели их работы.

В широком применении систем телематики для контроля технического состояния автомобилей объективно заинтересованы как производители, так и автовладельцы. Предиктивная диагностика открывает для них доступ к огромному массиву информации обо всех нюансах эксплуатации автомобилей, где бы они ни находились, в течение всего срока службы. Применение такого подхода с использованием мультиагентной системы (МАС) позволит сделать следующий шаг в этом направлении. Информация от подключенных автомобилей поступает на главный сервер. Систематизация и анализ данных позволяют устанавливать причины неисправностей, выявлять закономерности их появления и делать дальнейший прогноз.

Цель работы: выполнить сравнительный анализ существующих программных продуктов и библиотек, позволяющих осуществлять проектирование мультиагентных систем.

Тема работы раскрывается на примере анализа программных средств для разработки и проектирования МАС на современном этапе. На рынке присутствует целый ряд систем и библиотек, созданных для разработки мультиагентных систем. Эти Case - системы подходят для разработки мультиагентных систем любой направленности, то есть являются универсальными с этой точки зрения. Поэтому для нас это универсальный инструмент применения в автомобильной отрасли.

В конечном итоге в работе выполнен сравнительный анализ существующих программных продуктов и библиотек, позволяющих осуществлять проектирование мультиагентных систем. Анализ выявил два основных недостатка, присущие всем продуктам-аналогам: потребность в высокой квалификации пользователя, как разработчика программного кода, и низкие показатели возможностей внедрения интеллектуальных методов в структуру агентов, что ухудшает показатели их работы.

Ключевые слова: автомобиль, мультиагентная система, case-система, агент, интеллектуальные системы, программный продукт, диагностирование, обслуживание.

Павленко Вячеслав Николаевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, e-mail: vp.khadi@gmail.com.

Мануйлов Владимир Николаевич – майор, преподаватель кафедры автобронетанковой техники, e-mail: pchelka2501@gmail.com.

Кужель Владимир Петрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры автомобилей и транспортного менеджмента, e-mail: kuzhel2017@gmail.com.