

В. М. Павленко¹
В. М. Мануйлов²
В. П. Кужель³
В. С. Лістгартен¹

АЛГОРИТМІЗАЦІЯ БАЗИ ЗНАНЬ ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

²Національна академія Національної гвардії України

³Вінницький національний технічний університет

У статті розглянуто архітектуру концептуального моделювання бази знань, в результаті чого створюється модель предметної області у вигляді безлічі понять і зв'язків між ними. В основі цього підходу закладається поняття мобільного програмного агента, який реалізується і функціонує як самостійна спеціалізована комп'ютерна програма або елемент штучного інтелекту.

Забезпечення можливості використання знань предметної області стало однією з рушійних сил недавнього сплеску в вивченні штучного інтелекту. Наприклад, для моделей багатьох різних предметних областей необхідно сформулювати поняття часу. Це уявлення включає поняття тимчасових інтервалів, моментів часу, відносних заходів часу і т.п. Якщо одна група вчених детально розробить базу знань, то інші можуть просто повторно використовувати її в своїх предметних областях використовуючи свою базу даних. Створення явних припущень в предметній області, що лежать в основі реалізації, дає можливість легко змінити припущення при зміні наших знань про предметну область.

Процес концептуалізації TO і P, в першу чергу, передбачає розробку баз в дослідних областях для формалізації і систематизації знань про характерні для цієї області сутностей та явищах. Тобто використання понять з області технічного обслуговування несуперечливим чином по відношенню до теорій знань.

В кінцевому підсумку в роботі виконана актуалізація математичного моделювання, алгоритмізації та впровадження інтелектуальних систем у сферу технічного обслуговування, що допоможе автоматизувати процес діагностики та перевірки усіх систем автомобіля, полегшити попередження несправностей та вдосконалить процес обслуговування та модернізувати саму систему технічного обслуговування. Розглянутий в роботі підхід алгоритмізації бази знань стану автомобіля в кожний момент часу дає можливість скоротити час перебування автомобіля у сервісному центрі та значно зменшити затрати на проходження ТО при обслуговуванні легкових автомобілів.

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

Постановка проблеми

Будь-яка інтелектуальна діяльність спирається на знання. У ці знання включає характеристики поточної ситуації, оцінки можливості виконання тих чи інших дій, закони і закономірності того світу, в якому здійснюється діяльність, і багато іншого.

У програмах, які тільки починали створюватися на комп'ютері, необхідні знання зберігалися в пам'яті програмістів, які писали програми. Комп'ютер в свою чергу механічно виконував закладену в його пам'ять послідовність програми. Ніяких знань для цього комп'ютера додатково не потрібно. Знання, якими володіє фахівець у якій-небудь області (дисципліни), можна розділити на формалізовані (точні) і неформалізовані (неточні). Формалізовані знання формуються в книгах і посібниках у вигляді загальних і строгих суджень (законів, формул, алгоритмів, моделей і т.д.), що відображають універсальні знання. Неформальні знання, як правило, не потрапляють в книги.

Знання цього роду є результатом узагальнення багаторічного досвіду роботи і інтуїції фахівців. вони зазвичай являють собою різноманіття емпіричних (евристичних) прийомів і правил.

Забезпечення можливості використання знань предметної області стало однією з рушійних сил недавнього сплеску в вивченні штучного інтелекту. Наприклад, для моделей багатьох різних предметних областей необхідно сформулювати поняття часу. Це уявлення включає поняття тимчасових інтервалів, моментів часу, відносних заходів часу і т.п.

Якщо одна група вчених детально розробить базу знань, то інші можуть просто повторно використовувати її в своїх предметних областях використовуючи свою базу даних.

Створення явних припущень в предметній області, що лежать в основі реалізації, дає можливість легко змінити припущення при зміні наших знань про предметну область. Жорстке кодування

припущень про світ на мові програмування призводить до того, що ці припущення не тільки складно знайти і зрозуміти, але і також складно змінити, особливо не програмістів. Крім того, явні специфікації знань в предметній області корисні для нових користувачів.

База знань є основою експертної системи при обслуговуванні легкових автомобілів, що накопичується в процесі її побудови [1].

Основна частина

Основною складністю при управлінні системою ТО і Р є недосконалість прийнятої системи технічного обслуговування. Процес планово-попереджувальної системи є застарілим і відштовхується лише від заданого пробігу або від регламентованих дій. Така система не є гнучкою, та не має індивідуального підходу до кожного автомобіля.

Для вирішення таких проблем треба впроваджувати математичне моделювання та застосовувати онтології та бази знань на поліпшення роботі систем ТО.

Математичне моделювання - метод дослідження процесів або явищ шляхом побудови їх моделей і дослідження цих моделей.

Онтологічне моделювання та створення баз знань базується на знаннях з областей лінгвістики, логіки, концептуального моделювання. Термінологія цих областей використовується в онтологічному моделюванні. Однак існує також і тенденція застосовувати термінологію, специфічну для моделювання, до різних областей знань. Зокрема, в концептуальному моделюванні баз даних і проектуванні інформаційних систем.

Процес концептуалізації [2], в рамках онтологічного простору, ТО і Р, в першу чергу, передбачає розробку баз в дослідних областях для формалізації і систематизації знань про характерні для цієї області сутностей та явищах. Тобто використання понять предметних областей несуперечливим чином по відношенню до теорій.

Для забезпечення такого підходу важлива автоматизація контролю несуперечності результатів дій при будь-яких маніпуляціях поняттями предметної області.

Концептуальні визначення ТО і Р для проведення досліджень включають такі описи:

- поняття сутностей, що фігурують в системі ТО і Р;
- поняття, що визначають характеристики і поведінку;
- поняття, відповідні науковим методам, кореляція;
- поняття, що визначають підходи до моделювання системи.

При цьому важливо враховувати, що концептуальна модель [3] системи технічного обслуговування швидше описує процеси, що відбуваються в ній, і дані, використовувані цими процесами. Від якості моделювання цієї системи залежить рівень розробок і програмних додатків.

У загальному випадку методи побудови залежать від структури, властивостей і якості відображення її в інформаційно-лінгвістичну модель обробки даних і знань. В основі проектування інформаційного і лінгвістичного забезпечення лежить математичне моделювання. В результаті концептуального моделювання створюється модель предметної області у вигляді безлічі понять і зв'язків між ними. На рис. 1 можна побачити приклад зв'язків в архітектурі концептуального моделювання предметної області.

Для виконання показаних на рис. 1 функцій потрібно мати мови опису у формі, зрозумілій людині, та у формі, зрозумілій комп'ютеру. Цю роль виконують інформаційні та алгоритмічні мови, які передбачають можливість однозначного опису предметної області. Дані мови спеціально розробленими для зручності вираження людиною основного смислового змісту інформації. Також для удосконалення системи ТО і Р використовується мультиагентний підхід [4-8].

В основі цього підходу лежить поняття мобільного програмного агента, який реалізований і функціонує як самостійна спеціалізована комп'ютерна програма або елемент штучного інтелекту.

Спочатку, до появи відповідних інформаційних технологій, "агент" був людиною, яка делегувала частину повноважень - як у виконанні конкретних функцій, так і в прийнятті рішень. У перших (не комп'ютерних) мультиагентних системах (МАС) агенти представляли співробітників сервісу, від імені і за дорученням яких вони взаємодіяли між собою при виконанні певного завдання. Такі системи успадковували багато рис "бюрократичної" організації, включаючи централізацію управління, статичну структуру і вузькоспеціалізовану агентну функціональність. Зокрема, базовий агент (резидент) отримував завдання, декомпозував її і розподіляв підзадачі між іншими агентами, після чого отримував результат і ухвалював рішення - при цьому, як правило, більшість агентів займалися виключно збором і постачанням інформації.



Рис. 1 – Архітектура концептуального моделювання

На зміну таким системам, що копіюють централізовану ієрархію, швидко прийшли розподілені системи, в яких знання і ресурси розподілялися між досить "самостійними" агентами, але зберігався загальний орган командного управління, який приймає рішення в критичних або конфліктних ситуаціях. Подальшим кроком в цьому напрямку стала парадигма повністю децентралізованих систем, в яких управління відбувається тільки за рахунок локальних взаємодій між агентами. При цьому вузька функціональна орієнтація агента на рішення якоїсь однієї окремої частини загального завдання поступово стала поступатися місцем універсальній цілісності (автономності).

Суть мультиагентних технологій полягає в принципово новому методі вирішення завдань. На відміну від класичного способу, коли проводиться планово-попереджувальне технічне обслуговування, яке дозволяє знайти або попередити якісь несправності, то в мультиагентних технологіях рішення виходить автоматично в результаті взаємодії безлічі самостійних цілеспрямованих програмних модулів - так названих програмних агентів.

На рис. 2 показані в порівнянні дві схеми побудови проєкту програмного забезпечення: традиційна і на базі мультиагентної системи. У МАС кожної сутності ставиться у відповідність проєкту програмний агент, який представляє її інтереси.

Програмні інтелектуальні агенти - це новий клас систем програмного забезпечення, яке діє або від імені користувача, або від імені системи делегувала агенту повноваження на виконання тих чи інших дій. Вони є, по суті, новим рівнем абстракції, відмінним від звичних абстракцій типу - класів, методів і функцій. Але при цьому, розробка МАС дозволяє створювати системи володіють розширюваністю, масштабованістю, мобільністю, інтероперабельністю, що безсумнівно дуже важливо при розробці систем, заснованих на знаннях.

Прикладом впровадження мультиагентної системи з предметною базою знань є система «Автоматизована допомога на дорозі» (АДД), що забезпечує комплексну безпеку автомобіля на дорозі для on-line обслуговування водіїв.

Підсистема призначена для постійного поточного моніторингу пристроїв і механізмів автомобіля клієнта і базується на сучасних досягненнях в області збору, передачі, і автоматизованого аналізу сигналів, обробки сигналів в режимі on-line з використанням сучасних датчиків і контролерів, а також контролю всієї системи на базі мультиагентного підходу. Користувачем може стати будь-яка людина, який побажає встановити систему АДД при покупці нового автомобіля поширених марок Ford, Opel, Chevrolet, KIA, BMW та ін.

Архітектура системи АДД може складатися з трьох базових модулів:
– модуль діагностики автомобіля;

- програмний модуль комунікатора;
- зв'язок з сервером дилерської станції.

Відповідно до такої архітектури, алгоритму збору, аналізу, і вироблення рекомендацій для користувача буде заснований на мультиагентному підході. Суть такого підходу в цьому випадку полягає в тому, що набагато ефективніше впровадити кілька інтелектуальних агентів, які будуть відповідати за свій невеликий сегмент та формувати свої бази знань, ніж використовувати один електронний пристрій із заданою жорсткою програмою функціонування, що відповідає за всю діагностику.

Кожен агент містить базу знань, яка поширюється лише на один елемент автомобіля. Наприклад, перший агент відповідає за роботу включення і виключення автомобіля, інший агент відстежує роботу гальмівної системи, третій агент контролює роботу двигуна, четвертий агент стежить за покриттям дороги, і т. п. Агенти аналізують ситуацію, що змінилася і інформацію про неї - автомобіль їхав з постійною швидкістю, але різко зупинився. Вони спілкуються між собою: шостий агент повідомляє, що контакту не було, другий повідомляє, що подушки безпеки не розкрилися, перший агент говорить про те, що натягувачі ременів безпеки спрацювали.

Виходячи з цих даних, вони вирішують не відправляти дані на сервер дилерського центру, але занести інформацію про характер гальмування в пам'ять (для того, щоб при виникненні неполадки в майбутньому, можна було легко обчислити причину її виникнення) таким чином формуючи базу знань про конкретний автомобіль. Таким чином, видно, що агенти спілкуються між собою і при аналізі інформації, що надходить приймають рішення про реалізацію необхідних процедур.

Пристрій управління самодіагностикою складається з декількох виділених блоків: для двигуна - ECU (Engine Control Unit) або ECM (Engine Control Module); для антиблокувальної системи гальм - ABS (Antiblocking System), для подушок безпеки - ABSRS (Air Bag Supplemental Restraint System), для автоматичної коробки передач - EAT (Electronic Automatic Transaxles) та інші.

При отриманні сигналу про виникнення неполадки система діагностики зобов'язана відповісти уніфіковано:

- по-перше, класифікувати несправність по номеру (коду помилки) і запам'ятати цей код в довготривалій пам'яті;
- по-друге, взяти заходів щодо мінімізації збитку, передбачені на цей випадок керуючої програмою.

Після цього збережені в пам'яті коди помилок зчитуються спеціальним приладом (сканером), або вручну, за допомогою певної процедури, яка вводить ECU в режим індикації кодів самодіагностики.

Виходячи з прикладів вище можна розробити систему яка буде стежити не тільки за аварійними випадками, а й за проходженням ТО на підґрунті бази даних про кожен автомобіль. Наприклад за планово-попереджувальною системою мастило та фільтра двигуна потрібно змінювати за досягненням певного пробігу, а якщо впровадити таку систему, то датчик якості мастила буде відправляти на сервер дилерської станції інформацію про те коли потрібно змінити мастило по фактичному зносу його ресурсу. І таку систему можна прийняти до інших систем. Це значно зменшить затрати.

Алгоритмізацію на прикладі підходу The Brain розглянемо нижче. Застосований в The Brain підхід дає можливість організувати інформацію у вигляді пов'язаних між собою різних блоків, які представляють окремі записи бази знань.

Цінність The Brain полягає в тому, що він дозволяє зв'язати в єдине всі фрагменти, відносини між якими до цього не було видно, а значить, з його допомогою можна проводити аналіз знань і здійснювати ефективну роботу з ними.

Доцільність використання цієї програми полягає в найбільш наглядному підході для пояснювання ідеї розробки сервісного центру для вдосконалення системи технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Схема сервісу технічного обслуговування зображена на рис. 2.

В цій схемі «Автосервіс» є головним блоком з якого виходять складові цього сервісу. Ця схема використовується на програмному рівні, тому для прикладу та пояснення роботи візьмемо наступну ситуацію: в процесі експлуатації автомобіля з'являється помилка «00776». Спеціальний адаптер передає данні на сервер дилерської станції. Програма розпізнає данні та знаходить у своїй базі цю помилку (рис. 3).

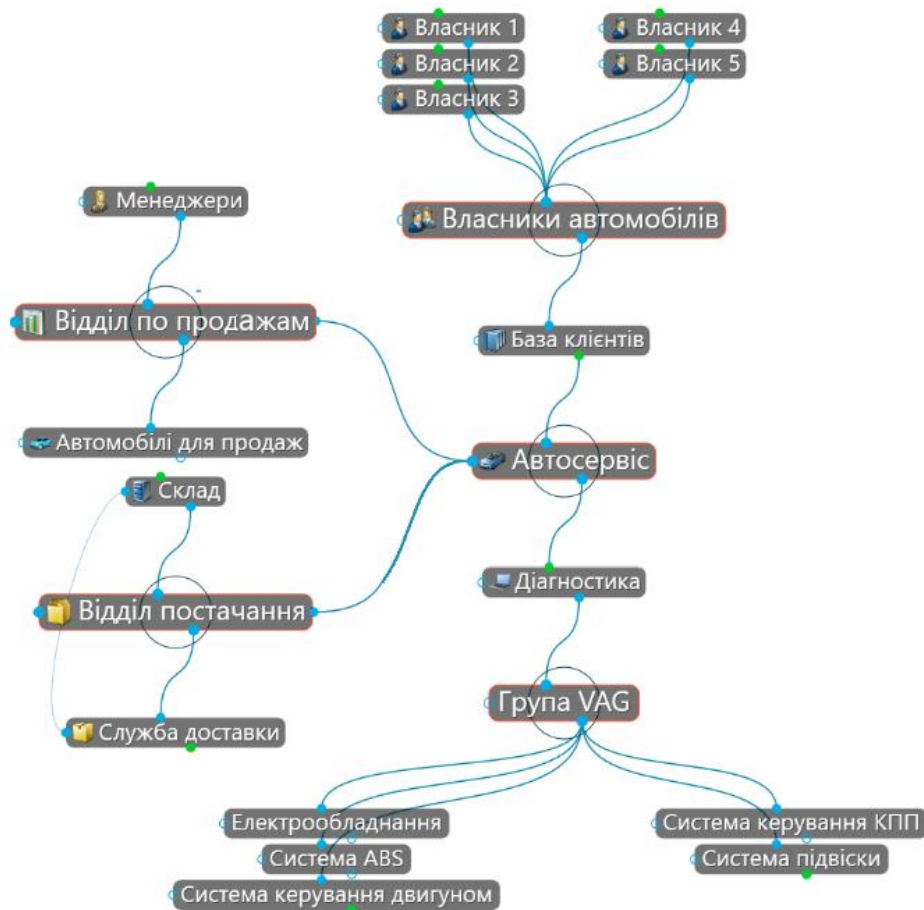


Рис. 2 – Схема сервісу технічного обслуговування для автомобілів

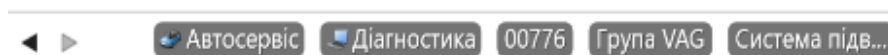
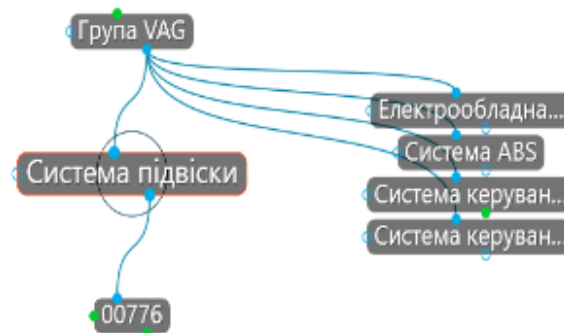


Рис. 3 – Помилка «00776»

Далі програма ідентифікує її та приймає рішення про що експлуатація з цією помилкою дозволяється (рис. 4). Сервер відправляє данні про те що з'явилася помилка не тільки власнику на смартфон, а й механіку який обслуговує це авто.

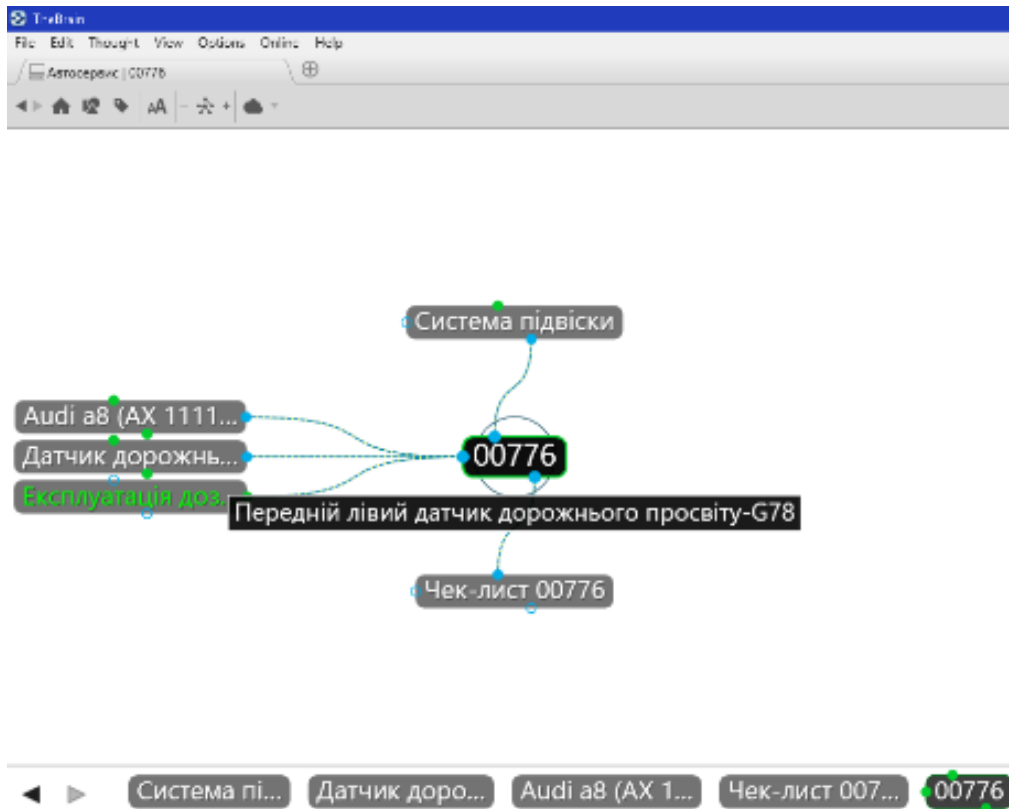


Рис. 4 – Ідентифікація помилки

Також система може видавати інформацію механіку по усуненню цієї поломки (рис. 5).

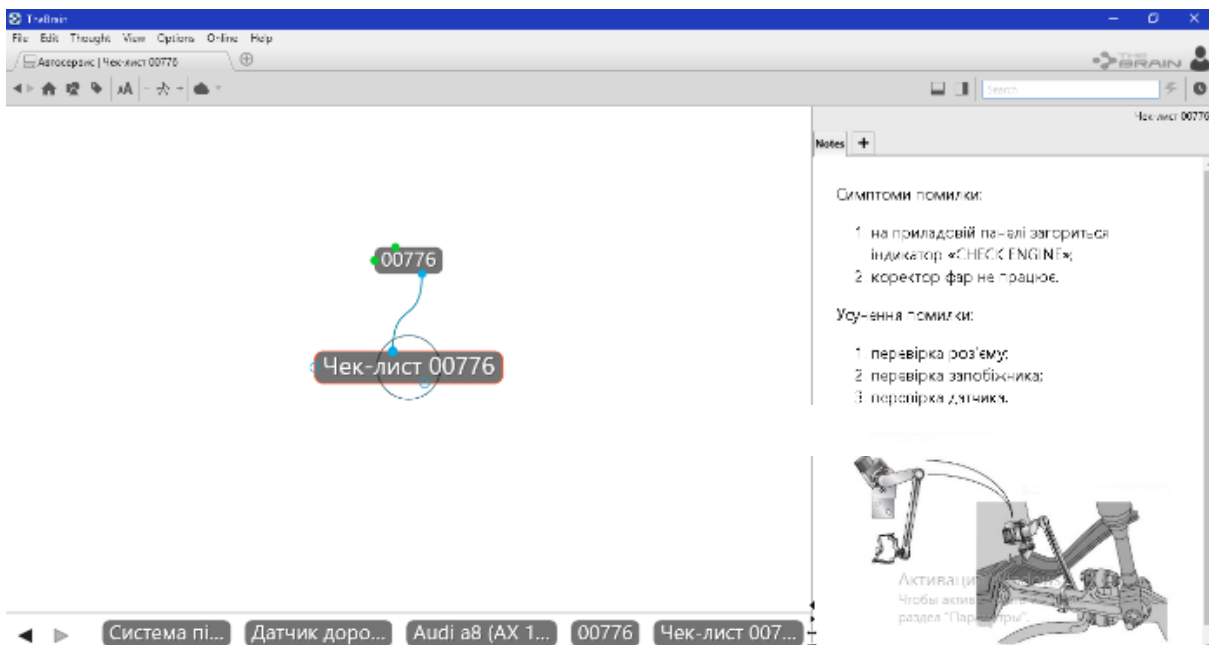


Рис. 5 – Інформація по усуненню помилки

Програма може перевірити не з'являлася чи ця помилка раніше на цьому автомобілі. Якщо вона з'являлась то це допоможе з'ясувати причини появи її знову, або дізнатися хто обслуговував цей автомобіль і усував таку поломку (рис. 6). Завдяки такій схемі ведеться контроль за якістю роботи механіків та моніторинг якості запчастин.

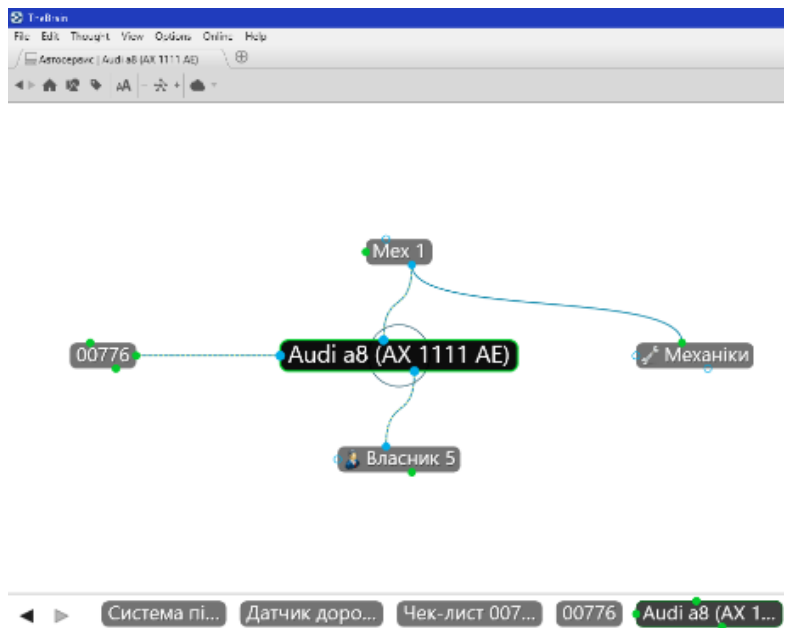


Рис. 6 – Інформація про автомобіль

Крім того система перевіряє чи є в наявності такі датчики для заміни, якщо немає то програма в автоматичному режимі замовляє датчик. Для таких дій потрібен відділ постачання та велика база інформації про наявності усіх запчастин на складі та їх контроль. Алгоритм роботи відділу постачання на основі бази знань модернізованої системи обслуговування наведено на рис.7.

Завдяки такому підходу до обслуговування проявляється індивідуальність до кожного автомобіля. Таку систему можливо застосовувати не тільки до фактичної поломки, а й для прогнозування їх. Значною перевагою перед планово попереджувальною системою є те, що автомобіль при кожному запуску двигуна проходить діагностику, та передає данні на сервер сервісу не зважаючи на те де він знаходиться. Це значно зменшить затрату на час та кількість заїздів на станцію технічного обслуговування.

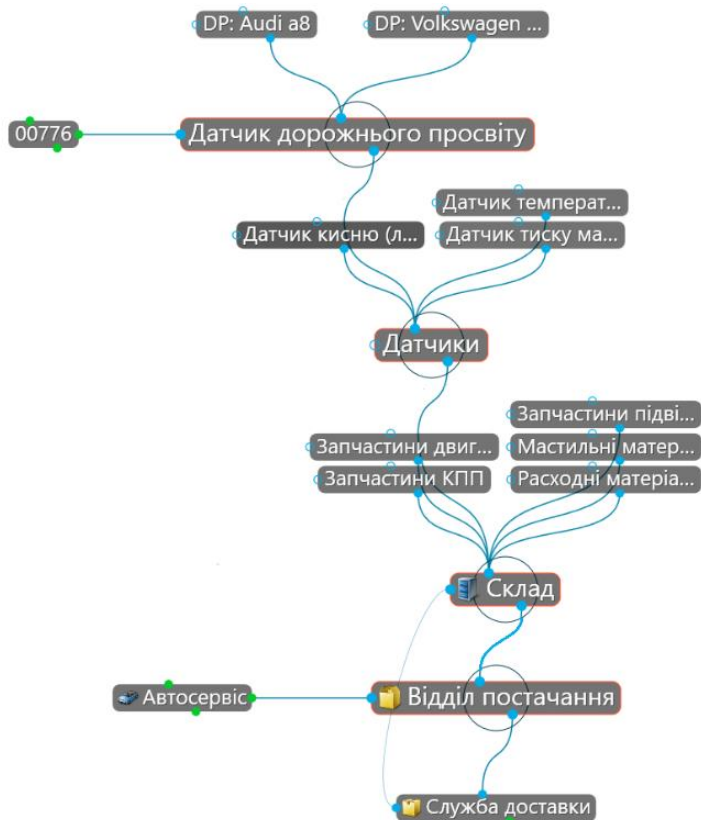


Рис. 7 – Алгоритм бази знань відділу постачання

Висновки

Математичне моделювання та впровадження інтелектуальних систем у технічне обслуговування допоможе автоматизувати процес діагностики двигуна та перевірки усіх систем автомобіля, полегшити попередження несправностей та вдосконалить процес обслуговування та модернізувати саму систему технічного обслуговування. Розглянутий в роботі підхід алгоритмізації бази знань стану автомобіля в кожний момент часу дає можливість скоротити час перебування автомобіля у сервісному центрі та значно зменшити затрати на проходження ТО при обслуговуванні легкових автомобілів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Бази знань інтелектуальних систем [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://lib.alnam.ru/book_bki.php?id=57 (дата звернення 01.11.2021).
- [2] Скворцов Н. А. Калиниченко Н. А. Ковалев Д. Ю. *Концептуальное моделирование предметных областей с интенсивным использованием данных*, ФИЦ ИУ РАН. – Москва, 2016. – С. 7 – 15.
- [3] Быстров И. И., Тарасов Б. В., Хорошилов А. А., Радоманов С. П. «Основы применения онтологии и компьютерной лингвистики при проектировании перспективных автоматизированных информационных систем» *Системы и средства информации*. – 2015. – С. 128 – 149.
- [4] Управление на базе мультиагентных систем. *Информационные технологии в управлении предприятием* [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <https://www.intuit.ru/studies/courses/13833/1230/lecture/24081> (дата звернення 01.11.2021).
- [5] В.П. Волков, В.М. Павленко, 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>.
- [6] В.П. Волков, В.М. Павленко, В.П. Кужель, Є.В. Калашніков «Аналіз програмного забезпечення для формування онтологічного простору обслуговування автомобілів» *Вісник Машинобудування та транспорту*. №2(8), 2018. – С. 15 – 24.
- [7] 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 – Вінниця, DOI: <https://doi.org/10.31649/2415-3486-2020-12-2>.
- [8] В.М. Павленко, В.М. Мануйлов, В.П. Кужель «Case-системи для розробки мультиагентної системи (MAC) в системі діагностування та технічного обслуговування автомобілів» *Вісник машинобудування та транспорту*. 1(13) 2021 – С. 87-93 – Вінниця, DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2021-13-1-87-93>.

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

Листgarten Владислав Сергеевич – магістрант автомобільного факультета, e-mail: listgarten100@gmail.com

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків.

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

Національна академія Національної гвардії України, м. Харків.

Кужель Владимир Петрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілей и транспортного менеджмента, e-mail: kuzhel2017@gmail.com, kuzhel_v@vntu.edu.ua.

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

V. Pavlenko¹
V. Manuilov²
V. Kuzhel³
V. Listgarten¹

Algorithmization of the knowledge base in service of passenger cars

¹Kharkiv National Automobile and Highway University

²National Academy of the National Guard of Ukraine

³Vinnitsia National Technical University

The article considers the architecture of conceptual modeling of the knowledge base, which creates a model of the subject area in the form of many concepts and relationships between them. This approach is based on the concept of a mobile software agent, which is implemented and functions as an independent specialized computer program or an element of artificial intelligence.

Ensuring the use of subject area knowledge has become one of the driving forces of the recent surge in the study of artificial intelligence. For example, for models of many different subject areas it is necessary to formulate the concept of time. This representation includes the concepts of time intervals, time points, relative measures of time, etc. If one group of scientists develops a detailed knowledge base, others can simply reuse it in their subject areas using their own database. Creating explicit assumptions in the subject area, which underlie the implementation, makes it easy to change the assumptions when changing our knowledge of the subject area.

The process of conceptualization of TO and P, first of all, involves the development of databases in research areas for the formalization and systematization of knowledge about the characteristics of this area of entities and phenomena. That is, the use of concepts in the field of maintenance in a consistent manner in relation to theories of knowledge.

Ultimately, the paper updated mathematical modeling, algorithmization and implementation of intelligent systems in the field of maintenance, which will help automate the process of diagnosis and inspection of all car systems, facilitate fault prevention and improve the maintenance process and modernize the maintenance system itself. The approach of algorithmization of the base of knowledge of a condition of the car in each moment of time considered in work gives the chance to reduce time of stay of the car in the service center and to reduce considerably expenses for passing of MOT at service of cars.

Key words: car, algorithm, agent, service, information, knowledge base, diagnosing, 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: kuzhel_v@vntu.edu.ua.

Listgarten Vladislav – Master of Automotive Department, e-mail: listgarten100@gmail.com.

В. Н. Павленко¹
В. Н. Мануйлов²
В. П. Кузель³
В. С. Листгартен¹

Алгоритмизация базы знаний при обслуживании легковых автомобилей

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

²Национальная академия Национальной гвардии Украины

³Винницкий национальный технический университет

В статье рассмотрены архитектуру концептуального моделирования базы знаний, в результате чего создается модель предметной области в виде множества понятий и связей между ними. В основе этого подхода закладывается понятие мобильного программного агента, который реализуется и функционирует как самостоятельная специализированная компьютерная программа или элемент искусственного интеллекта.

Обеспечение возможности использования знаний предметной области стало одной из движущих сил недавнего всплеска в изучении искусственного интеллекта. Например, для моделей многих различных предметных областей необходимо сформулировать понятие времени. Это представление включает понятие временных интервалов, моментов времени, относительных мер времени и т.п. Если одна группа ученых детально разработает базу знаний, то другие могут просто повторно использовать ее в своих предметных областях используя свою базу данных. Создание явных предположений в предметной области, лежащие в основе реализации, дает возможность легко изменить предположение при изменении наших знаний о предметной области.

Процесс концептуализации TO и P, в первую очередь, предусматривает разработку баз в исследовательских областях для формализации и систематизации знаний о характерных для этой области сущностях и явлениях. То есть использование понятий из области технического обслуживания непротиворечивым образом по отношению к теориям знаний.

В конечном итоге в работе выполнена актуализация математического моделирования, алгоритмизации и внедрения интеллектуальных систем в сферу технического обслуживания, поможет автоматизировать процесс диагностики и проверки всех систем автомобиля, облегчить предупреждения неисправностей и усовершенствует процесс обслуживания и модернизировать саму систему технического обслуживания. Рассмотрен в работе подход алгоритмизации базы знаний состояния автомобиля в каждый момент времени дает возможность сократить время пребывания автомобиля в сервисном центре и значительно уменьшить затраты на прохождение ТО при обслуживании легковых автомобилей.

Ключевые слова: автомобиль, алгоритм, агент, сервисное обслуживание, информация, база знаний, диагностирования, обслуживания.

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.

Кузель Владимир Петрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры автомобилей и транспортного менеджмента, e-mail: kuzhel2017@gmail.com, kuzhel_v@vntu.edu.ua.

Листгартен Владислав Сергеевич – магистрант автомобильного факультета, e-mail: listgarten100@gmail.com