

Шифр «АГЕНТ»

**МУЛЬТИАГЕНТНИЙ ПІДХІД СТВОРЕННЯ БАЗИ ЗНАНЬ ДЛЯ
КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ**

АНОТАЦІЯ

до студентської наукової роботи за шифром «АГЕНТ»

Актуальність теми.

Технічну підтримку автомобіля зручніше та економічно вигідніше надавати віддалено в автоматичному режимі, тобто використовувати формалізовані знання експерта. Щоб забезпечити контроль технічного стану автомобіля слід впроваджувати інтелектуальні та телематичні технології в автомобільній галузі.

Метою дослідження є визначення можливості застосування мультиагентного підходу для підвищення якості технічного обслуговування легкових автомобілів з урахуванням інформаційних, інтелектуальних та телематичних технологій.

Завданнями дослідження є:

- аналіз структури мультиагентного підходу та сфер їх використання;
- розробка теоретичного підходу подачі знань в межах мультиагентного підходу з урахуванням сучасних інформаційних, інтелектуальних та телематичних технологій;
- розробити практичні рекомендації щодо активізації мультиагентних систем в автомобільній галузі.

Методи дослідження – теоретико-методологічну основу дослідження складають фундаментальні положення сучасних комп'ютерних технологій, технології сервісного обслуговування, наукові праці зарубіжних та вітчизняних вчених у сфері дослідження інноваційного процесу при організації технічного обслуговування.

Отримані результати роботи було опубліковано та викладено на сайті автомобільного факультету ХНАДУ у вигляді статті, а також підготовлено та надіслано статтю до закордонного видання м. Варна, Болгарія.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Визначення мультиагентної системи	5
1.1 Сфери використання мультиагентної системи	7
1.2 Самоорганізація мультиагентної системи	10
1.3 Штучний інтелект мультиагентної системи	12
2 Мультиагентний підхід в автомобільній галузі.....	15
2.1 Агенти в обслуговуванні автомобіля	16
2.2 Керування агентами під час обслуговування автомобілів	21
2.3 Автоматизація в експлуатаційній діяльності.....	23
3 Практичні рекомендації щодо мультиагентного підходу	27
3.1 Моделювання систем і процесів.....	27
3.2 Метод оцінки ризиків в мультиагентній системі	30
Висновки.....	33
Перелік посилань	34
Додаток А – Створення бази знань на основі застосування онтологій в межах обслуговування легкових автомобілів.....	37
Додаток Б – Ілюстративний матеріал до наукової роботи.....	45

ВСТУП

Автомобіль – достатньо складна електротехнічна система, яка потребує постійної уваги та догляду. Якість їзди залежить від технічного стану транспортного засобу. Приділяючи увагу автомобілю і ремонтуючи його за ступенем необхідності, власник знижує ризик випадкової появи поломки. Таким чином, своєчасне попередження та усунення несправностей дозволяє підвищити надійність та безпеку автомобіля. На відміну від автомобілів, які випускалися кілька десятиків років тому, сучасні транспортні засоби є набагато складнішими за будовою. Велика кількість функціоналу, в тому числі електронного, підвищує ризик пошкоджень в тому чи іншому вузлі. Багато функцій в автомобілі є незамінними для їзди, а їх вихід зі строю може доставити водієві та пасажиром супутні проблеми. Для того, щоб виявити несправність в автомобілі, необхідно розуміти принцип дії електроніки та використовувати спеціальне обладнання. В іншому випадку процедура займає багато часу, а водій не зможе гарантувати доскональне визначення усіх поломок.

Процедура виявлення несправностей в автомобілі та встановлення причин, за якими вони виникли, завжди була нелегкою і тривалою. Крім того, вона не мала гарантій – діагностика не завжди виходила з першого разу, а її точність залишала бажати кращого. Використання комп'ютерів в автомобільній діагностиці дозволило зробити процес набагато легшим, точним і швидким. Та все ж, коли ми кажемо про комп'ютерну діагностику, ми враховуємо багато «але». Погрішність, поганий зв'язок з одним із датчиків, недосконалість програмного забезпечення можуть привести до неправдивої діагностики та поставити автомобіль під загрозу. Тому для усунення цих «але» з'являється мультиагентна система – новий крок у сфері обслуговування автомобілів.

1 ВИЗНАЧЕННЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ

В даний час в умовах збільшення складності і мінливості систем зростає роль процесів прийняття грамотних управлінських рішень, заснованих на використанні різного програмно-алгоритмічного забезпечення, як способу підвищення ефективності вибору рішень за рахунок проведення багатокритеріального аналізу вихідної інформації. Реальний навколишній світ є складним і поєднує в собі різноманіття станів, що характеризують порядок і хаос, організацію і дезорганізацію, рівновагу і розбіжності. При цьому розгляд його з точки зору можливостей окремого об'єкта представляє світ у вигляді локальних, фрагментарних, неточних моделей. Відповідно до цього, принцип узгодження і координації інтересів і точок зору, властивий для функціонування сучасних організацій, лягає в основу безлічі методів і засобів штучного інтелекту, в тому числі при проектуванні взаємодій штучних агентів, побудові мультиагентних систем і інтелектуальних організацій [1, 2].

В основі мультиагентного підходу лежить поняття мобільного програмного агента, який являє собою комп'ютерну програму або елемент штучного інтелекту. Задача агента – самостійно відтворювати те, що зазвичай робить людина, тобто повністю автоматизувати діагностування та обслуговування автомобіля на відстані та при будь-якій знайдений несправності самостійно знайти шлях для її вирішення.

Агент має здатність повністю функціонувати без втручання будь-кого з зовні та здійснювати контроль внутрішнього стану та своїх дій. Відміною від деяких адаптивних систем у агента є здатність до навчання та міркувань. Тому під час змін у зовнішньому середовищі він зможе поповнювати свої базові знання, що допоможе у подальшому більш якісно знаходити рішення для проблем та матиме більше альтернативних варіантів, якщо один із них не спрацює [1].

Мультиагентний підхід включає в себе не тільки виконання дій одного агента, а й взаємозв'язок між агентами у мережі. Такий спосіб допомагає

розподіляти обов'язки між агентами і скоротити час для діагностування та обслуговування автомобіля (рис. 1.1).

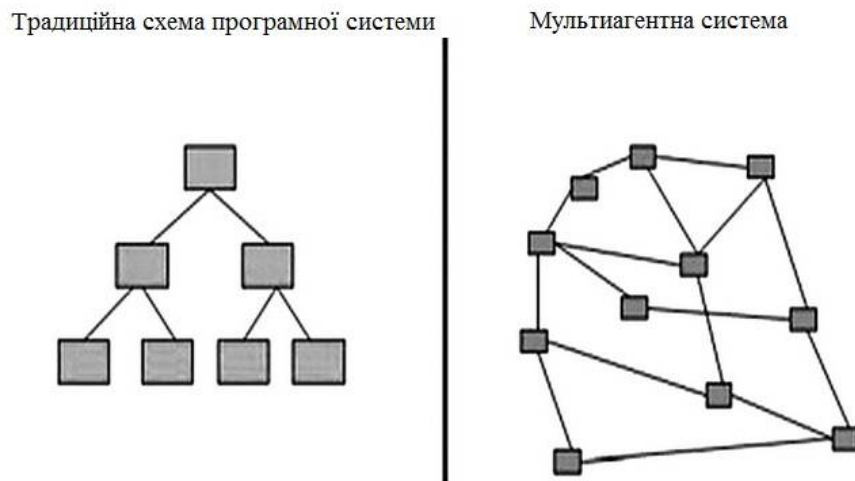


Рисунок 1.1 – Традиційна і мультиагентна побудова програмного продукту

Мультиагентний підхід є раціональним для вирішення швидкого і точного обслуговування автомобіля [3]. Його застосування для вирішення даного завдання обумовлюється наступними причинами:

- спільна діяльність агентів повинна забезпечити оптимальне (або близьке до оптимального) рішення задачі;
- можливість розпаралелювання усіх завдань між окремими агентами дозволить істотно скоротити час, що витрачається на її рішення, що було однією з вимог, що пред'являються до методів її рішення.

Актуальність застосування мультиагентних систем (МАС), багато в чому, обумовлюється складністю систем і організацій, зниженням ефективності централізованого управління через наявність великої кількості різноспрямованих потоків інформації, неоднорідністю і розподілу вирішуваних завдань, необхідністю забезпечення адаптивності керуючих систем, а також тенденціями розвитку сучасної обчислювальної техніки і програмного забезпечення.

Мультиагентна технологія – це відносно нова програмна технологія, яка для вирішення складного завдання або проблеми використовує системи, що складаються з безлічі взаємодіючих агентів.

1.1 Сфери використання мультиагентної системи

Існують чисельні мультиагентні підходи до вирішення задач дискретної оптимізації. З них найбільш відомі генетичні алгоритми, алгоритм мурашиної колонії і метод рою частинок. Менш відомі бджолиний алгоритм, штучні імунні системи, алгоритми розумних крапель, алгоритм зозулі і інші алгоритми, засновані на біологічних і фізичних метафорах. Дані підходи добре досліджені і їм присвячена велика кількість оглядів, наприклад [4].

У механіці твердого тіла, в механіці рідини і газу існують підходи, в яких середовище розглядається як безліч фіктивних частинок, які послідовно рухаються по дискретній решітці або стикаються, тобто як клітинний автомат. Прикладами таких методів є Movable Cellular Automaton (MCA) [5], Lattice Gas Cellular Automata и Lattice Boltzmann Methods (LBM).

Мультиагентний підхід застосовується в неklasичних обчисленнях, наприклад, в біологічних. Слизовик *Physarum polycephalum* (гігантська багатоядерна одноклітинна істота) часто застосовується як модельний організм для біологічних обчислень, який може бути запрограмований різними зовнішніми стимулами (рис. 1.2). У відповідь на ці стимули він росте, змінює конфігурацію, кодує певні операції над числами, крім цього слизовик здатний до навчання і самонавчання. Наприклад, свого часу цей слизовик був використаний в якості системи управління роботом, що уникає світло [6].

Також є моделі короткочасної динаміки слідування за лідером [7], які описують безперервні завдання зворотного зв'язку (прискорення і гальмування) і завдання дискретного вибору як відповідь на навколишній транспортний потік. Стиль водіння агентів характеризується параметрами моделі – часом реакції, бажаною швидкістю і т.п.

Також використовуються зміни внутрішнього стану, відповідні розуму агента, для опису досвіду водія. На поведінку водія діють сусідні транспортні засоби та інші зовнішні впливи.



Рисунок 1.2 – Плазмодій слизовика виду *Physarum polycephalum*

Імовірно найперша робота, яка описувала агентний підхід до моделювання рою або зграї, – це стаття Рейнольдса [8]. У ній виділено три основних принципи побудови рою:

- уникнення зіткнень (уникати зіткнення з найближчими сусідами);
- збіг швидкостей (намагатися рухатися з однаковою швидкістю);
- центрування по рою (намагатися триматися близько один до одного).

Автор пропонував застосовувати вищевикладені принципи для графічного відображення рою частинок, але незабаром вони знайшли і інші застосування.

Слід зазначити, що мультиагентні технології розвиваються і в Україні та у найближчих країнах. Наприклад, в Росії склалася своя власна школа математичного моделювання поведінки натовпу [9], яка описується як граничне колективне прийняття рішень її елементами.

Варто зазначити, що для даного напрямку характерно те, що одні й ті ж результати використовуються і для моделювання устрою агентів на комп'ютері, і для проектування штучного інтелекту наземних роботів і безпілотної літальної апарату (БПЛА). В [10-12] та інших роботах того ж колективу авторів описаний алгоритм, що дозволяє організувати устрій агентів, визначений за допомогою однієї або декількох математичних функцій. Формация агентів розглядається як одновимірний клітинний автомат (так званий *Robot-Space Cellular Automaton*), кожна клітина якого містить координати агента на площині, його реальне і бажане взаємне розташування з сусідніми агентами.

У зв'язку з появою концепції «інтернету речей» багатоагентні системи як основа для розробки [13] і моделювання [14] мережі зв'язку стають все більш актуальними. В цьому випадку реальним прототипом агентів є смартфони, вбудовані мережеві пристрої і т.д., оснащені спеціальними програмними компонентами, що дозволяють відображати у Web дані, завдання та служби всієї системи агентів.

Застосування мультиагентних інструментальних засобів дозволяє вирішити ряд складних завдань виробничої та транспортної логістики. Прикладом такого використання служить система, яка була розроблена для однієї з найбільших в світі компаній корпоративного таксі Addison Lee (Лондон). Система дозволила розподіляти і планувати приблизно 13 тисяч замовлень на день при наявності декількох тисяч власних автомобілів (з них до 800 постійно на лінії), оснащених засобами GPS-навігації. При появі нового замовлення система автоматично знаходить найкращий автомобіль, отримуючи відомості про координати найближчих автомобілів на електронній карті Лондона, і попередньо бронює замовлення.

Нарешті, багатоагентне моделювання застосовується і в соціально-економічних науках. Застосування таких моделей в економіці стало поширеним, цілком ймовірно, після світової фінансової кризи 2008 р. [15]. Перевага агентного моделювання в тому, що воно добре відображає складність взаємовідносин різних людей, домогосподарств і фірм в динаміці. Агентне моделювання дозволяє безпосередньо зв'язати мікрорівень і макроекономічну ситуацію і не вимагає рівноваги економічної системи.

Сутність мультиагентних технологій полягає в принципово новому методі вирішення завдань. На відміну від класичного способу, коли проводиться пошук деякого чітко визначеного (детермінованого) алгоритму, в мультиагентних технологіях рішення виходить автоматично в результаті взаємодії безлічі самостійних цілеспрямованих програмних модулів – так званий програмних агентів.

1.2 Самоорганізація мультиагентної системи

Мультиагентна система – складна система, в якій функціонують два або більше інтелектуальних агентів. Процес самоорганізації в мультиагентних системах – внутрішня впорядкованість, узгодженість, взаємодія більш або менш диференційованих і автономних агентів мультиагентної системи, зумовленої її будовою. Таким чином, в МАС кілька агентів можуть спілкуватися, передавати один одному деяку інформацію, взаємодіяти між собою і вирішувати поставлену задачу. У такій системі завдання (або підзавдання) розподілені між агентами, кожен з яких розглядається як член групи або організації. Розподіл завдань передбачає призначення ролей кожному з членів групи, визначення міри його «відповідальності» і вимог до «досвіду».

МАС відносять до самоорганізованих систем, оскільки у них відбувається пошук оптимального рішення задачі без зовнішнього втручання. Під оптимальним рішенням розуміється рішення, на яке витрачена найменша кількість енергії в умовах обмежених ресурсів.

Головна перевага МАС – це гнучкість. Мультиагентна система може бути доповнена і модифікована без переписування значної частини програми. Також ці системи мають здатність до самовідновлення і володіють стійкістю до збоїв, завдяки достатньому запасу компонентів і самоорганізації.

Характеристиками мультиагентної системи є залежність від умов зовнішнього середовища (здатність реагування) і правила поведінки агентів. Агенти, в свою чергу, володіють деяким властивим їм набором атрибутів, що визначає тип і реакцію всієї системи на обурення зовнішнього середовища. Здатність агентів функціонувати в умовах нечіткої, динамічної і суперечливої інформації передбачає не обов'язкове виконання функцій, покладених на них будь-яким іншим агентом або об'єктом, а просто залежність від поведінки, цілей та інших агентів і умов середовища.

Для реалізації самоорганізації необхідна наявність як мінімум трьох типів інтелектуальних агентів (рис. 1.3). Агенти першого типу оцінюють якість

керування системи і її стан за допомогою вимірювання набору параметрів $V_1 \dots V_n$; $U_1 \dots U_m$ – деяких характеристик системи, що описують її функціонування. Агенти другого типу при виявленні агентами першого типу будь-яких підозрілих змін в результаті зовнішніх збурень Z_1, Z_2, \dots, Z_j (наприклад, відмова трансмісії, зарядних пристроїв або контрольних датчиків) аналізують і прогнозують різні варіанти вирішення проблеми шляхом прогнозування подальшої поведінки системи $Y_1 \dots Y_i$.

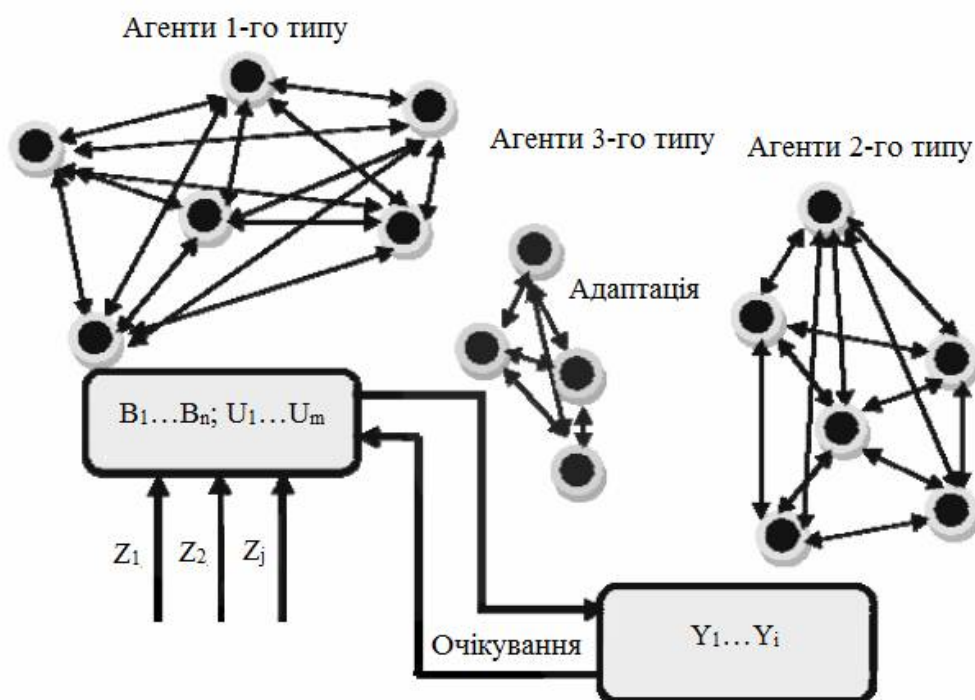


Рисунок 1.3 – Взаємодія 3-х типів агентів мультиагентної системи

Необхідно відзначити, що зазначений на рисунку процес «очікування» – це окремий випадок адаптації, коли система за допомогою обміну інформацією між інтелектуальними агентами прогнозує зміни і регулює свою поведінку, щоб відреагувати на несправність. Такий підхід захищає всю систему комплексно, а не окремі її компоненти і допомагає повідомити про проблему до сервісного центру і вирішити її.

Отже, МАС – це система, яка здатна самостійно вирішувати завдання та організувати свою діяльність, без втручання людини здійснювати діагностику та обслуговування автомобіля, прогнозувати роботу систем автомобіля,

контролювати відмови та напрацювання автомобіля під час експлуатації завдяки децентралізованій системі керування.

1.3 Штучний інтелект мультиагентної системи

Дослідження мультиагентних систем і інтелектуальних агентів проводяться вже більше сорока років, проте в останні роки вони були виділені в самостійний великий розділ штучного інтелекту. Історія теорії агентів нерозривно пов'язана із загальним контекстом становлення кібернетики, теорії автоматів, штучного інтелекту як наукових дисциплін, що моделюють поведінку штучних і біологічних сутностей в умовах певного зовнішнього середовища і заснована на результатах досліджень за напрямками «розподілений штучний інтелект», «паралельний штучний інтелект», «розподілені системи підтримки прийняття рішень» [16].

Зародження основ концепції зв'язується з появою формулювання терміну «агента», як деякого інтелектуального посередника, необхідність виникнення якого пояснюється бажанням спростити стиль спілкування користувача з програмою через інтерфейс. В даний час це спілкування обмежується явним запуском користувачем обраного ним завдання і контролем його рішення. Іншими словами, поява агента послугувала спробою збільшити інтелектуальність призначеного для користувача інтерфейсу [17]. В даний час мультиагентна система є певною сукупністю інтелектуальних агентів, локалізованих в окремих ланках в мережі, що перетікають по ній в процесі пошуку актуальної інформації, знань і процедур і координуючих свої дії в процесі вироблення рішень. З урахуванням прийняття деяких припущень в рамках мультиагентних систем на сьогоднішній день виділяються наступні основні напрямки [18]:

- теорія агентів – розглядає формалізми і математичні методи для опису міркувань про агентів і для вираження бажаних властивостей агентів;

- методи кооперації агентів – організації кооперативної поведінки в процесі спільного вирішення задач або при яких-небудь інших варіантах взаємодії;

- архітектура агентів і багатоагентних систем (рис. 1.4);
- мови програмування агентів;
- методи, мови і засоби комунікації агентів;
- методи і програмні засоби підтримки мобільності агентів.

Єдиного визначення терміна «агент» до теперішнього часу не існує. Це пов'язано з тим, що до цих пір вчені не можуть прийти до спільної думки щодо набору властивостей, якими повинен володіти агент, серед яких відповідно з різними трактуваннями виділяються: інтелект, ініціативність і реактивність, орієнтація в просторі, здатність навчатися, спілкуватися і т.д. [19].

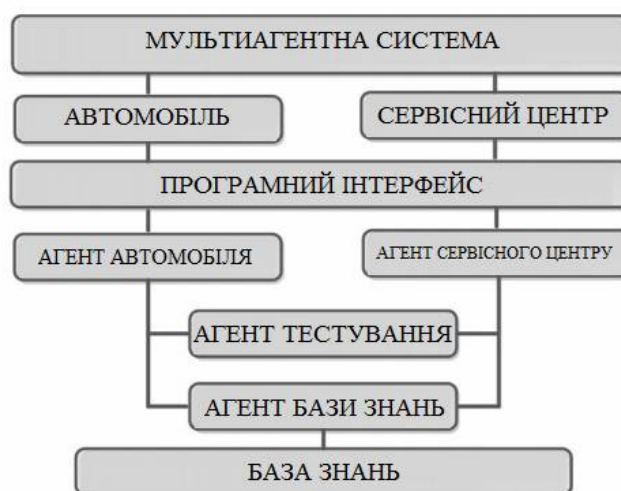


Рисунок 1.4 – Архітектура мультиагентної системи

На теперішній час агентно-орієнтовані технології все частіше знаходять своє застосування для вирішення практичних завдань різних сфер. Мова йде про такі області, як розподілене рішення задач, інтелектуальний аналіз даних, реінжиніринг бізнес-процесів підприємств і побудова віртуальних організацій, імітаційне моделювання інтегрованих виробничих систем та інш.

Мультиагентні технології також можуть використовуватися в якості центрального апарату, орієнтованого на розвиток засобів управління інформацією і знаннями, що розширить їх сферу застосування до розробки і впровадження новітніх телекомунікаційних систем, в тому числі і на базі глобальної мережі Інтернет.

2 МУЛЬТИАГЕНТНИЙ ПІДХІД В АВТОМОБІЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

Словники дають таке тлумачення слова агент: «хтось або щось, прикладає зусилля для досягнення ефекту». Таке саме загальне визначення вказує на першу ознаку агента – агенти здійснюють дію. Існує твердження, що агенти не просто здійснюють дії, але вони діють автономно і раціонально. Під автономністю зазвичай розуміють, що агент діє без прямого втручання людини або іншої керуючої істоти. Під раціональністю розуміють прагнення агента оптимізувати значення деякої оціночної функції. Міра раціональності неявно вказує на те, що агент має мету (бажання), яку агент «хоче» досягти, і уявлення про зовнішній світ (переконання), на які агент спирається при виборі дії (реалізації намірів: безліч обраних, сумісних і досяжних бажань).

Ще однією важливою властивістю агента є те, що він поміщений в зовнішнє середовище, з якого він здатний взаємодіяти. Зазвичай, середовище не контролюється агентом, він лише здатний впливати на нього. Поділ намірів і бажань необхідний, оскільки агент може мати несумісні бажання або бажання можуть бути недосяжними. Оскільки агент обмежений в ресурсах і не може досягти всіх бажань одночасно, природно вибирати найбільш значну мету – наміри. Отже, агент – розумна сутність, поміщена в зовнішнє середовище, здатна взаємодіяти з нею, роблячи автономні раціональні дії для досягнення мети. Інтелектуальний агент – це агент, що володіє наступними властивостями (табл. 2.1) [20].

Таблиця 2.1 – Властивості інтелектуального агента

Властивість	Опис
автономність	здатність функціонувати без втручання з боку свого власника й здійснювати контроль внутрішнього стану і своїх дій
адаптивність	здатність до навчання
здатність до міркувань	агенти можуть мати часткові знання або механізми виводу, а також спеціалізуватися на конкретній предметній області

Продовження таблиці 2.1

колаборативність	агент може взаємодіяти з іншими агентами декількома способами, відіграючи різні ролі
мобільність	здатність передачі коду агента з одного сервера на інший
комунікативність	агенти можуть спілкуватися з іншими агентами
активність	здатність генерувати мету й діяти раціональним чином для її досягнення
реактивність	адекватне сприйняття середовища й відповідні реакції на його зміни
соціальна поведінка	можливість взаємодії й комунікації з іншими агентами
наявність переконань	змінна частина базових знань, які можуть змінюватися в часі
наявність бажань	стан й/або ситуації, досягнення яких для агента важливі
наявність мети	сукупність станів, на досягнення яких спрямована поточна поведінка агента
наявність намірів	те, що агент повинен робити в силу своїх зобов'язань і/або бажань
наявність базових знань	знання агента про себе, навколишнє середовище, включаючи інших агентів, які не змінюються в рамках життєвого циклу агента
наявність зобов'язань	завдання, які бере на себе агент на прохання й/або за дорученням інших агентів

2.1 Агенти в обслуговуванні автомобіля

Для того, щоб мати змогу дистанційно обслуговувати той, чи інший автомобіль, спочатку треба визначити можливість його віддаленої діагностики. На сьогодні це не є проблемою. За допомогою модулю діагностики автомобіля, що включає в себе систему самодіагностики і електронний блок керування (ЕБК) використання мультиагентного підходу стає більш можливим. З екрану – це система, яка постійно тримає під наглядом сигнали різних датчиків і виконавчих механізмів системи керування двигуном. Ці сигнали порівнюються з їх контрольними значеннями, які зберігаються в пам'яті бортового комп'ютера.

Набір таких контрольних значень може бути різним у різних автомобілях і їх моделях. Він може в себе включати верхні і нижні допустимі межі контрольованих параметрів, допустиму кількість помилкових сигналів в одиницю часу, неправдоподібні сигнали та сигнали, що виходять за допустимі межі і ін. При виході сигналу за межі контрольних значень (наприклад, опір ланцюга стало рівним нулю – коротке замикання) ЕБК кваліфікує цей стан як несправність, формує і розміщує в пам'ять відповідний код.

Ранні конструкції систем діагностики були здатні формувати і зберігати лише невелике число кодів. Сучасні системи в стані генерувати і зберігати 100 і більше кодів і здатні ще збільшити цю кількість у міру того, як програмне забезпечення (ПЗ) бортових комп'ютерів навчиться виділяти нові збійні ситуації.

Наприклад, в одній діагностичній системі всі несправності визначаються одним кодом. В іншій, більш досконалій системі, різним несправностям будуть відповідати різні коди, що допоможе швидше знайти несправний елемент і усунути несправність.

Для виконання поставленого завдання розглянемо модель системи, що включає в себе підсистему супутникової навігації, підсистему зв'язку і підсистему, що реалізовує логіку поведінки агентів. В якості основи для створення ПЗ можливо використовувати мову високого рівня Java і універсальний фреймворк для мультиагентних рішень JADE (рис.2.1).

В роботі виконується огляд програмно-апаратних рішень, які можуть використовуватися при створенні подібної мультиагентної системи моніторингу та диспетчеризації автомобілів. Наводиться опис обчислювальних пристроїв, якими оснащені автомобілі та диспетчерський центр, а також пристроїв та версії протоколів зв'язку.

Система супутникового моніторингу повинна забезпечувати можливість контролю безвідмовної роботи усіх систем автомобіля. Для цього має забезпечуватися безперервне визначення геопозиції автомобіля.

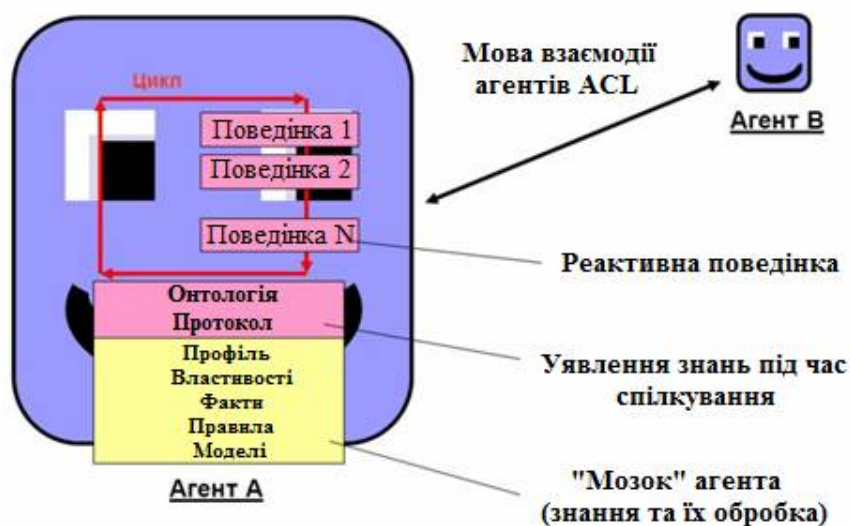


Рисунок 2.1 – Архітектура агента JADE

Супутниковий моніторинг транспорту – система моніторингу рухомих об'єктів, побудована на основі систем супутникової навігації, обладнання та технологій мобільного і / або радіозв'язку, обчислювальної техніки і цифрових карт. Супутниковий моніторинг транспорту використовується для вирішення завдань з дистанційного обслуговування та діагностики автомобілів.

На транспортному засобі встановлюється мобільний модуль, що складається з наступних частин: приймач супутникових сигналів, модулі зберігання та передачі даних про зміни у роботі систем автомобіля. Програмне забезпечення мобільного модуля отримує дані від приймача сигналів, записує їх в модуль зберігання і по можливості передає за допомогою модуля передачі.

Модуль передачі дозволяє передавати дані, використовуючи бездротові мережі операторів мобільного зв'язку. Отримані дані обробляються в диспетчерському центрі.

Мобільний модуль може бути побудований на основі приймачів супутникового сигналу, що працюють в стандартах NAVSTAR GPS (рис.2.2).

Система супутникового моніторингу автомобіля включає наступні компоненти:

– автомобіль, обладнаний GPS контролером або трекером, який отримує дані від супутників і передає їх на серверний центр моніторингу за допомогою

GSM, CDMA або рідше супутникового і УКХ зв'язку. Останні два актуальні для моніторингу в місцях, де відсутнє повноцінне GSM-покриття;

– сервісний центр з програмним забезпеченням для прийому, зберігання, обробки і аналізу даних.

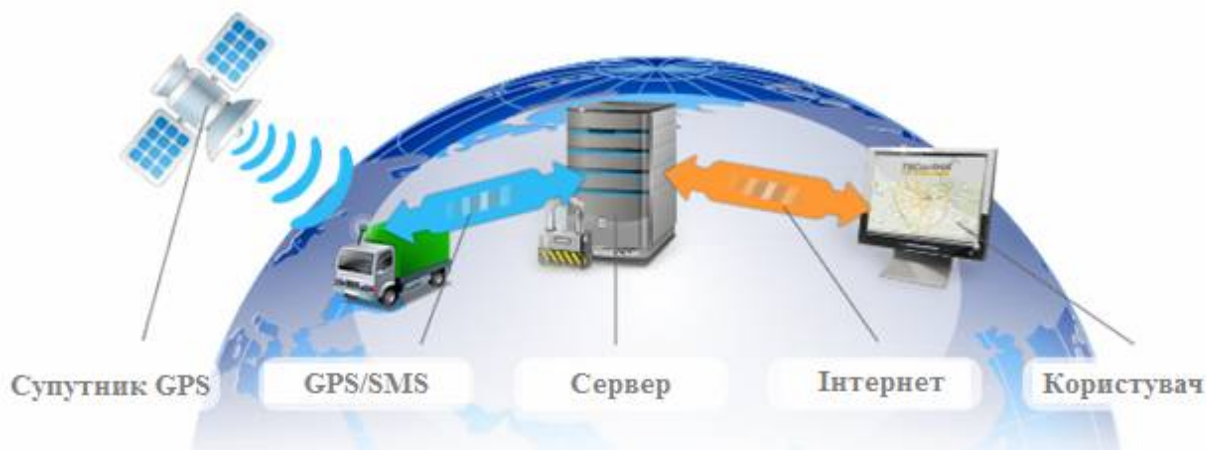


Рисунок 2.2 – Система супутникового моніторингу NAVSTAR GPS

Більшість контролерів і трекерів мають схожі функціональні можливості:

– обчислювати власне розташування, швидкість і напрямок руху на підставі сигналів супутників систем глобального позиціонування;

– підключати зовнішні датчики через аналогові або цифрові входи;

– зчитувати дані з бортового обладнання, що має послідовний порт або більш спеціалізований інтерфейс CAN;

– зберігати певний обсяг даних у внутрішній пам'яті на період відсутності зв'язку;

– передавати отримані дані на сервісний центр, де відбувається їх обробка.

Раніше через слабке охоплення територій мережами мобільного зв'язку GSM / 3G широко використовувалися контролери, які накопичували дані у внутрішній пам'яті. З приближенням до сервісного центру автомобіля дані переносилися на сервер по провідним каналам через Bluetooth або Wi-Fi (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Взаємодія між автомобілем і комп'ютером віддаленої діагностики

Багато з існуючих GPS-трекерів і контролерів мають відкритий протокол взаємодії з сервером, а також дозволяють виконувати налаштування режимів роботи за допомогою SMS, CSD або за допомогою GPRS-з'єднання.

Сучасні трекери володіють достатньою кількістю входів для підключення різноманітних датчиків: датчики рівня палива, датчики контролю водійського сидіння, датчик запалювання, датчик тиску на вісь, різні витратоміри і т.д. Це забезпечує повноцінний контроль параметрів автомобіля під час руху.

Системи діагностики на різних автомобілях розрізняються, але принцип дії всіх систем схожий: блок керування зчитує показання датчиків на різних режимах роботи в процесі експлуатації автомобіля (такі режими як запуск, прогрівання, холостий хід, розгін, гальмування, і т.д.). Показання датчиків бувають статичними (дискретними) або динамічними (що змінюються в часі). Статичні показники датчиків зазвичай визначаються певним значенням – імпульсом певного рівня або «перемикачем» (наявністю або відсутністю сигналу), а динамічні, в більшості випадків, передають зміни параметра і перевіряються на допустимі діапазони (верхній і/або нижній межі). Всі діагностичні системи зберігають і відображають статичні дані – «коди помилок» і динамічні характеристики.

На дискретні показники датчиків система самодіагностики реагує зазвичай тільки при відсутності електричного контакту (повертає сигнал про несправності датчика), а зміна динамічних показників відстежується за таблицями, що зберігаються в пам'яті пристрою управління. Буває так, що один і той же датчик може перевірятися як на електричний контакт, так і на допустимі межі зміни. І

тоді для одного пристрою можуть бути дві помилки: або відсутність сигналу, або вихід за граничні параметри.

Диспетчерський центр може бути побудований як на хмарній інфраструктурі (AWS, DigitalOcean, Hetzner), так і використовуючи свій центр обробки даних. Вигода від використання хмарних технологій очевидна – підтримка серверів на боці хмарного провайдера, націленість на горизонтальне масштабування, мінімальна вартість.

То ж, можна сказати, що з технічної сторони моделювання мультиагентів для автомобіля більш ніж реальне явище. Сучасні досягнення у транспортних сферах мобільної передачі даних, переносних діагностичних приладах і приладах на станціях технічного обслуговування, зчитування показників датчиків автомобіля за допомогою електронного блоку управління та ін. ведуть у своїй сукупності на новий рівень. А саме – компонування усіх діагностичних систем в одну, більш інноваційну і точну мультиагентну систему.

2.2 Керування агентами під час обслуговування автомобілів

Мультиагентні технології дозволяють вирішувати проблеми, для яких характерні частини і непередбачувані зміни мають місце складної залежності між елементами. На відміну від традиційних систем, в яких рішення знаходиться за допомогою централізованих, послідовних і детермінованих алгоритмів, в мультиагентних системах рішення досягається в результаті розподіленої взаємодії безлічі агентів – автономних програмних об'єктів, націлених на пошук, можливо, не стільки оптимального, скільки найбільш адекватного і актуального рішення на кожен момент часу.

Агент – це реальна або віртуальна автономна сутність у зовнішньому середовищі, здатна сприймати і діяти в цьому середовищі. Агент може спілкуватися з іншими агентами, проявляти незалежну поведінку, яка може розглядатися як наслідок його знань, взаємодії з іншими агентами і цілей, яких він повинен досягти [20].

Агент використовує певні знання для оцінки важливості та достовірності інформації, одержуваної від інших агентів, а також при узгодженні колективних рішень кількох агентів.

Агент – це деякий обчислювальний процес, який наділений автономністю і комунікативною функціональністю в рамках програми. Агенти обмінюються інформацією за допомогою мови комунікації агентів (Agent Communication Language).

Агентна платформа (рис. 2.4) представляє фізичну інфраструктуру, в якій можуть бути розгорнуті агенти. Агентна платформа складається з обчислювальної техніки, операційної системи, програмного забезпечення підтримки агентів, компонентів управління агентами (Служба каталогу, Система управління агентами та Служба передачі повідомлень) і самих агентів.

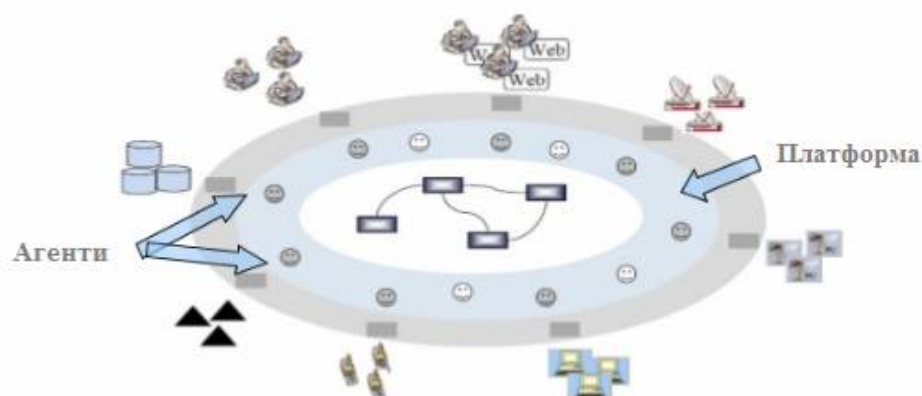


Рисунок 2.4 – Модель агентної платформи

Внутрішня структура агентної платформи залежить від системних розробників і не є предметом стандартизації FIPA. Агентні платформи і агенти цієї платформи (як створені, так і ті, що з'явилися шляхом міграції) можуть використовувати будь-які власні методи взаємодії.

FIPA розглядається тільки з точки зору комунікацій між агентами як всередині, так і ззовні для агентної платформи (рис. 2.5). Агенти вільно можуть обмінюватися повідомленнями будь-якими способами, що підтримуються.



Рисунок 2.5 – FIPA-модель агентної платформи

2.3 Автоматизація в експлуатаційній діяльності

Важливою умовою ефективного використання автомобіля за призначенням є підтримання його систем у технічно справному стані. Для цього призначена система технічного обслуговування (ТО) і ремонту (Р), що є профілактичним заходом і проводиться у плановому порядку. Однак велике розсіяння параметрів технічного стану автомобілів у процесі експлуатації під дією багатьох чинників призводить до того, що така система не може забезпечити заданої тривалості роботи автомобіля до чергового планового технічного обслуговування або ж навпаки – не забезпечує повного використання ресурсу безвідмовної роботи автомобіля. Такого недоліку позбавлена система ТО і Р за технічним станом, в основу якої покладено контроль стану автомобіля із використанням діагностичних засобів і проведення технічного обслуговування та ремонту залежно від цього стану. Одним із перспективних напрямів розвитку системи ТО і Р за технічним станом є впровадження засобів вбудованої діагностики.

Сучасні системи діагностування технічного стану автомобілів завдяки бортовим комп'ютерам та системі вбудованих датчиків попереджують водія про несправності із зазначенням місця їх виникнення – це економить кошти і час на діагностику під час ТО. Проте вартість таких систем є досить високою, і тому їх використання на сьогоднішній день не знайшло широке застосування. Така ситуація зумовлює пошук альтернативних шляхів підтримання автомобілів у працездатному стані. Забезпечення працездатності автомобілів під час

експлуатації особливо актуальне для автомобільного транспорту, що використовується сьогодні в Україні для вантажних та пасажирських перевезень.

Такі автомобілі, в основному, обладнані елементарними контрольними-вимірювальними приладами, в той час як вимоги з безпеки руху та вчасної доставки пасажирів і вантажів автомобілями роблять недопустимими вимушені зупинки через відмови в період між плановими ТО. Враховуючи складнощі переходу до системи обслуговування автомобілів за технічним станом, підтримувати працездатність автомобілів вбачається у вдосконаленні діючої планово-попереджувальної системи ТО і Р. Уникнути вищевказаних недоліків плановопереджувальної системи ТО і Р можливо шляхом прогнозування ресурсу їх безвідмовної роботи. Водночас це дозволить наблизитись до системи ТО і Р за технічним станом. Реалізація такого шляху дозволить запобігти вимушеним зупинкам автомобіля через відмови під час експлуатації, зокрема протягом виконання умовного завдання (перевезення пасажирів, вантажів), за рахунок запобігання відмовам шляхом вчасного інформування водія про можливі несправності та способи їх усунення.

Сутність методики підтримання працездатності автомобіля в періоди між плановими ТО полягає у прогнозуванні часу його безвідмовної роботи залежно від напрацювання і терміну експлуатації та встановлення переліку додаткових профілактичних робіт для тих елементів, які найчастіше приводять до втрати автомобілем працездатності. Питання про закономірності зміни показників працездатності технічних об'єктів у часі вивчає наука про надійність техніки, яка базується на фундаментальних математичних та природничих науках і широко використовує теорію ймовірностей та математичну статистику. У зв'язку із випадковим характером виникнення відмов проблема підтримання працездатності автомобіля не може бути розв'язана у відриві від надійності окремих його вузлів і агрегатів.

Агентні технології застосовуються до таких функціональних завдань ТО і Р:

- збір інформації про стан (моніторинг функціонування);
- забезпечення управління документацією;

- збір інформації про діяльність ремонтних підрозділів;
- оцінка ефективності процесу ТО і Р;
- управління процесом виконання ТО і Р та іншим.

Сутність мультиагентного підходу в цьому випадку полягає в тому, що набагато ефективніше впровадити кілька інтелектуальних агентів, які будуть відповідати за свій невеликий сегмент, ніж використовувати один електронний пристрій із заданою жорсткою програмою функціонування, що відповідає за всю діагностику (в даний час вся інформація з датчиків надходить в ECU).

Під час отримання сигналу про виникнення несправності система діагностики зобов'язана:

- класифікувати несправність за номером (кодом помилки) і запам'ятати цей код в довготривалій пам'яті;
- вжити заходів щодо мінімізації збитків, передбачених 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.

Таким чином, відібрані інтелектуальні методи вбудовуються в код мультиагентної системи, реалізуючи поставлені перед системою завдання і вирішуючи функціональні завдання комплексу систем програмно-інформаційної підтримки ТО і Р.

Підтримання працездатності автомобілів під час експлуатації забезпечить підтримку заданого рівня надійності за рахунок попередження відмов шляхом визначення залишкового ресурсу безвідмовної роботи систем автомобіля та призначення оптимальних переліків додаткових робіт з підвищення працездатності елементів систем. Реалізація методики підтримання працездатності автомобіля дозволить: зменшити час простою автомобіля для усунення відмов за рахунок їх попередження, зменшити кількість поточних ремонтів і, відповідно, – зменшити експлуатаційні витрати.

3 ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПІДХОДУ

Під час практичної реалізації розподілених систем, зокрема систем прийняття рішень, виникають серйозні труднощі з проектуванням і навіть просто описом об'єднаних в єдину мережу різнорідних локальних комп'ютерних вузлів [21]. Ці вузли приймають від зовнішнього світу, в тому числі і від людини, різну інформацію, обмінюються даними один з одним, переробляють ці дані відповідно до закладених в них алгоритмів і в результаті виробляють деякі рекомендації або рішення.

Актуальність мультиагентних систем зростає в зв'язку з необхідністю вирішувати завдання настільки складні і великі, що вони не можуть бути вирішені одним агентом через обмеженість ресурсів, так із-за ризику відмови централізованої системи; через зручності організації взаємодії та обміну інформацією між функціонуючими інформаційними системами, системами підтримки прийняття рішень, експертними системами і т. д.; для скорочення часу обробки інформації (за рахунок паралельних обчислень), підвищення надійності (здатності функціонування при відмові окремих компонентів), переналаштування системи (здатність змінювати число процесорів); для забезпечення концептуальної простоти і простоти розробки; оскільки принцип модульної побудови і об'єктно-орієнтоване програмування стали провідними технологіями розробки програм та добре узгоджується з мультиагентною ідеологією побудови інтелектуальних систем.

3.1 Моделювання систем і процесів

Модель системи з обслуговування автомобілів, побудована на основі мультиагентного підходу (рис. 3.1), складається з наступних елементів:

– база знань – являє собою сховище даних;

- словник проектування – нормативно-методична та проектно-технічна документація;
- мультиагентна система – програмна оболонка (інтерфейс), інтелектуальні агенти.

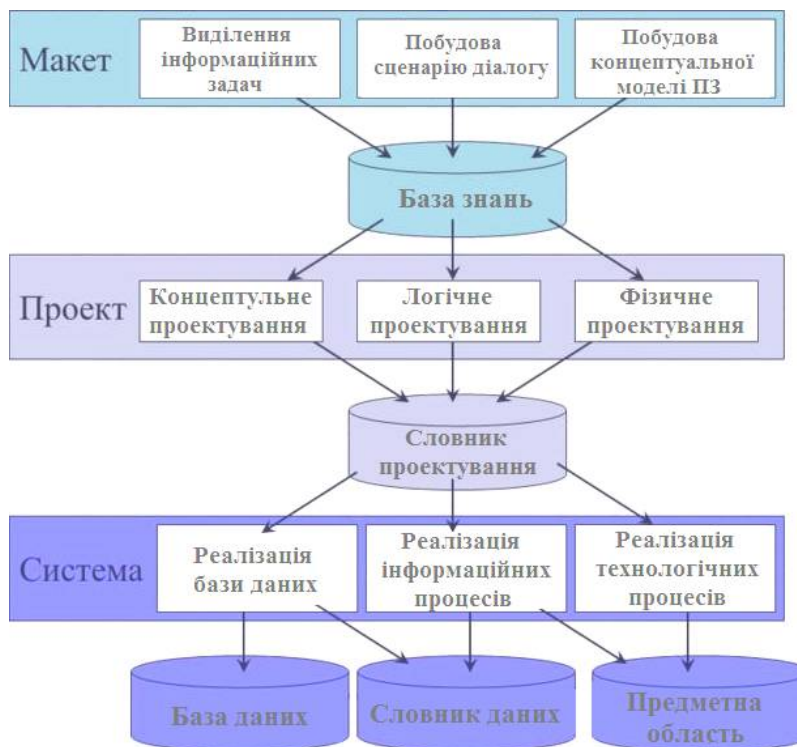


Рисунок 3.1 – Модель мультиагентної системи

Центральна ланка системи – база знань, що виступає по відношенню до інших елементів в якості змістовної підсистеми, яка включає знання та технології з обслуговування автомобілів. Основним принципом цієї системи є певна компоновка агентів і їх взаємодія.

Початок моделювання мультиагентної системи з обслуговування автомобілів починається зі створення її імітаційної моделі. Сутність імітаційного моделювання полягає в побудові комп'ютерної моделі, яка за допомогою комп'ютерних технологій відтворює формалізований процес функціонування складної системи. При цьому складна система розбивається на окремі елементи, функціонування яких моделюється програмою-імітатором з урахуванням їх узгодженості, взаємодії та можливості об'єднання в єдиний процес функціонування системи в цілому. В цьому проявляється системний підхід, як до

дослідження складних систем, так і до побудови комп'ютерної моделі, тобто – імітаційного моделювання.

Далі створюється концептуальна модель автомобіля, яка складається з елементів, організованих у системі (рис. 3.2), де вихід одного елемента або системи є входом іншого елемента або системи, утворюючи функціональні зв'язки. Усі елементи й системи пов'язані просторовими відносинами, за якими можна визначати взаємозв'язки відмов з їхніми проявами, а також прогнозувати вплив різних подій (зміни умов експлуатації, заміни блока, що відмовив, неідентичним аналогом, відмов суміжних або інакше пов'язаних вузлів і агрегатів і т.д.) на зміну динаміки відмов.

Кожна система автомобіля складається з вузлів і компонентів, які в онтології описуються атрибутами: щільністю розподілу відмов, середнім напрацюванням до відмови, забезпечуваним коефіцієнтом надійності, ресурсом роботи, строком експлуатації та ін. На підставі інформації про можливі види відмов виробу і його компонентів прогнозується ймовірність виникнення відмов в автомобілі, які перебувають в експлуатації, виділяються можливі види відмов на різних рівнях структури (відмова елемента, відмова пристрою, відмова системи), простежуються причинно-наслідкові зв'язки, що зумовлюють виникнення відмов і можливі наслідки. Унікальні особливості кожного виробу будуть відображатися в його концептуальній моделі, яка є поданням складного об'єкта в навколишньому середовищі за допомогою опису в онтологічному ядрі, й з наступним одержанням моделі у формі, максимально зручній для сприйняття користувачем.

За допомогою закріплення за кожним автомобілем його концептуальної моделі пропонується створити інструмент, що дозволяє: вчасно фіксувати, які фактичні зміни відбуваються з об'єктом, з метою отримання знань; враховувати фактичні особливості кожного автомобіля під час проведення планового ТО; прогнозувати вплив особливостей автомобіля на надійність його окремих вузлів і виявляти джерела потенційних відмов; проводити оцінку витрат під час

технічного обслуговування і ремонту та виявляти можливі шляхи оптимізації витрат за збереження необхідного рівня надійності.

Наприклад, зі збільшенням відмов за певний період, порівняно з таким же попереднім періодом, можна зробити висновок, що або минув фактичний строк працездатності вузла (який може не збігатися з номінальним через особливості експлуатації), або відмови викликаються зовнішніми умовами (середовищем експлуатації або сусідніми агрегатами) чи особливостями проведення планового ТО (від зміни використовуваного типу змащення аж до порушення методики проведення ТО одним зі співробітників ремонтної бригади).

3.2 Метод оцінки ризиків в мультиагентній системі

Мультиагентні системи розвиваються на стику між методами розподіленого штучного інтелекту і паралельними обчисленнями, багато в чому базуючись на платформі об'єктно-орієнтованого програмування. Головна особливість інтерфейсу, форми і способів подання інформації, які можуть надати агенти, полягає в тім, що ці складові виявляються персоніфікованими. Це досягається за рахунок того, що інтелектуальні агенти здатні до навчання. В одному випадку вони можуть цілеспрямовано анкетувати користувача, в іншому – агент отримує інформацію про звички користувача шляхом спостереження за його діями.

При розробці системи реактивність і проактивність агентів досягається досить легко. Найбільшу складність представляє поєднання в системі обох властивостей в потрібних пропорціях. Буде не дуже ефективно, якщо агент жорстко слідує сценарію досягнення мети, не реагуючи на зміни у зовнішньому середовищі і не володіючи здатністю помітити необхідності коригування плану. Але також неефективною буде і поведінка, обмежена лише реакцією на стимули, що надходять із зовні, без будь-якого планування цілеспрямованих дій.

Складність формулювання змістовних практично значних завдань і неможливість апріорного точного завдання всіх умов функціонування висувають адаптивні постановки проблем, окремо виділяючи таку особливість агентів, як

адаптивність – здатність автоматично пристосовуватися до невизначених і постійно змінних умов в динамічному середовищі.

В роботі [22] зазначається недостатній рівень теоретичної бази для створення систем управління розподіленими мобільними системами. Зокрема, існують обмеження пов'язані з проблемою підвищення інтелектуальності агентів і децентралізації управління.

При обміні інформацією між агентами можна виходити з наступних початкових передумов:

–неповнота інформації – агенти можуть не мати доступу до всіх даних опонентів, зокрема, не знати їх функцій переваги.

–виконання угод – якщо угода досягнута, то сторони його виконують.

–відсутність довгострокових зобов'язань – кожна угода незалежна, і поки вона не виконана, не повинно бути угод з іншими агентами, що змінюють вже прийняті зобов'язання.

–припинення переговорів – агент може припинити переговори, якщо йому це вигідно.

Необхідно зауважити, що через відмінності між моментом передачі повідомлення і моментом прийому повідомлення, в будь-якій розподіленій системі виникає асинхронність передачі повідомлення. Тому при проектуванні мультиагентних систем необхідно враховувати такі стани.

Основні проблеми, що стримують розвиток мультиагентних систем, пов'язані з відсутністю єдиної теорії інтелектуальної поведінки агентів. Багато задач агенти можуть виконувати і без використання методів штучного інтелекту, однак ряд проблем без них просто не може бути вирішеним. На даний момент існує ряд технологій, які успішно застосовуються в різних спеціалізованих системах, агентах і мультиагентних системах. Щодо мобільності і інтелектуальності агентів, більшість фахівців сходяться на тому, що мобільність – центральна характеристика агента, інтелектуальність – бажана, але не завжди строго необхідна.

ВИСНОВКИ

1. Після проведеного аналізу, можна сказати що, мультиагентні системи застосовуються в нашому житті в графічних додатках, наприклад, в комп'ютерних іграх. Теорія МАС використовується в транспорті, логістиці, графіці, геоінформаційних системах, робототехніці і багатьох інших. Добре зарекомендували себе і в сфері мережних і мобільних технологій, для забезпечення автоматичного і динамічного балансу навантаженості, розширюваності й здатності до самовідновлення.

2. Провівши дослідження, яке показало нам різноманітність способів створення мультиагентних систем, виявилось, що їх застосування у сфері обслуговування автомобілів більш ніж можливо. Завдяки існуючим вже досягненням у сфері комп'ютерних технологій, математики, технічної нейробіології та при їх взаємодії залишається тільки невеликий крок до створення системи, яка змінить уявлення про можливості обслуговування автомобіля, підніміть автомобільну галузь на новий рівень.

3. Наукова робота присвячена формалізації існуючих предметних знань, як загально-наукову категорію, яка дає можливість зробити висновок що, за допомогою спеціальних систем керування, знання або данні створюють єдину систему, так звану базу знань. Уся сукупність інформації теоретичного підходу подачі знань в межах мультиагентного підходу щодо автомобільної галузі з урахуванням сучасних технологій можна називати автомобільною базою знань.

4. З використанням відповідного програмного забезпечення на базі мультиагентного підходу в роботі була спроба створити базу знань для обслуговування автомобілів. Контроль технічного стану транспортних засобів, з використанням даної розробки, дозволить оптимізувати технічне регламентне обслуговування автомобілів, скоротити час очікування на обслуговування транспортного засобу, запобігти виникненню несправностей, які можуть виникати в дорозі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тарасов В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология информатика / Тарасов В. Б. – М.: Эдиториал УРСС, 2002. – 352 с.
2. Дли М. И. Нечеткие когнитивные модели региональных инновационных систем / М. И. Дли, Т. В. Какатунова – Интеграл, 2011. – с. 466.
3. Печеркин С.А. Взаимодействие агентов в мультиагентных системах / Печеркин С.А. – Инновации в науке: сб. ст. по матер. LV междунар. науч.-практ. конф. № 3(52). Часть I. – Новосибирск: СибАК, 2016. – 144 с.
4. Glover F. A history of metaheuristics / Glover F., Sevaux M., Sorensen K. Annual Int. Conference of the German Operations Research Society (OR-2016). – Hamburg, Germany, 2016. – 27 с.
5. Дмитриев А.И. Метод подвижных клеточных автоматов как новое направление дискретной вычислительной механики / Дмитриев А.И., Псахье С.Г., Остермайер Г.П. I. Теоретическое описание – Физическая мезомеханика, 2000. – с. 5–13.
6. Adamatzky A. Representation of shape mediated by environmental stimuli in *Physarum polycephalum* and a multi-agent model / Adamatzky A., Jones J., Mayne R. IJPEDES., 2017. – p. 166–184.
7. Helbing D. Agents for Traffic Simulation / Helbing D., Kesting A., Treiber M. – p. 158.
8. Reynolds C.W. Flocks, Herds and Schools: A Distributed Behavioral Model / Reynolds C.W. SIGGRAPH Comput. Graph, 1987. – p. 25–34.
9. Бреер В.В. Управление толпой: математические модели порогового коллективного поведения / Бреер В.В. Новиков Д.А. Рогаткин А.Д. – Москва: Ленанд, 2016. – 168 с.
10. BEER V. A Distributed Method for Evaluating Properties of a Robot Formation / BEER V., MEAD R., WEINBERG J.B. Proc. of the Twenty-Fourth AAAI

- Conference on Artificial Intelligence (AAAI-2010), Atlanta, Georgia, USA, 2010. – p. 43.
11. Long R.L. Distributed AuctionBased Initialization of Mobile Robot Formations / Long R.L., Mead R., Weinberg J.B. Proc. of the 24th AAAI Conference on Artificial Intelligence, Atlanta, Georgia, USA, 2010. – p. 346.
 12. Mead R. 2-Dimensional Cellular Automata Approach for Robot Grid Formations / Mead R., Weinberg J.B. Proc. of the 23rd AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-2008), Chicago, Illinois, USA, 2008. – p. 1818.
 13. Harjula E. Mobile Agents for Integration of Internet of Things and Wireless Sensor Networks / Harjula E. Leppanen T., Liu M. IEEE Int. Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2013. – p. 14–21.
 14. Batool K. Modeling the internet of things: a hybrid modeling approach using complex networks and agent-based models / Batool K., Niazi M.A. Complex Adaptive Systems Modeling, 2017. – p. 4.
 15. Gilbert N. Agent-Based Modelling in Economics / N. Gilbert, L. Hamill. – 1st edition. – Wiley Publishing, 2016. – 256 p.
 16. Avouris N. M. Distributed artificial intelligence: theory and praxis / N. M. Avouris, L. Gasser. – Dordrecht; Boston: Kluwer Academic, 1992. – 235 p.
 17. Maes P. Agent that Reduce Work and Information Overload / P.Maes. In: Communication of the ACM, 1994, – p. 30-40.
 18. Городецкий В. И. Многоагентные системы. / Городецкий В. И., Грушинский М. С., Хабалов А. В. – Новости искусственного интеллекта, 1998. – с. 64-116.
 19. Modeling the Forest or Modeling Comparison of System Dynamics and Agent-Based Simulation / Milling P., Schieritz N. The 21st International Conference of the System Dynamics Society, New York, USA. – p. 182.
 20. Ferber J. Les Systèmes multi-agents: vers une intelligence collective / Ferber J. I.I.A. Informatique intelligence artificielle. – InterEditions, 1995. – p.84.
 21. Чекинов Г.П., Чекинов С.Г., Применение технологии многоагентных систем для интеллектуальной поддержки принятия решения. // Системотехника. – 2013. № 1. – с. 25–34.

22. Каляев И. А. Основы построения распределенных систем управления коллективами роботов / Каляев И. А., Капустин С. Г., Усачев Л. Ж. Информационные технологии, 2005. – № 1. – с. 98.
23. Онтологічний інжиніринг знань в системі Protégé [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/243.pdf>
24. Технологія створення web-проекту [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://info-pages.com.ua/e/43>
25. Кучуганов В.Н. Система визуального проектирования баз знаний / Кучуганов В.Н., Габдрахманов И.Н .: Информационные технологии, 2001. – с. 140-143.

Додаток А – Створення бази знань на основі застосування онтологій в межах
обслуговування легкових автомобілів

Як приклад виконання онтологічного аналізу за допомогою редактора онтологій Protégé 4.3 розглянута предметна область «Діагностування автомобіля». Версія 4.3 Protégé дозволяє побудувати онтологію для семантичної мережі на OWL (Web Ontology Language) [23].

Перед створенням онтології необхідно налаштувати відображення у вікні програми необхідних вкладок (рис. А.1).

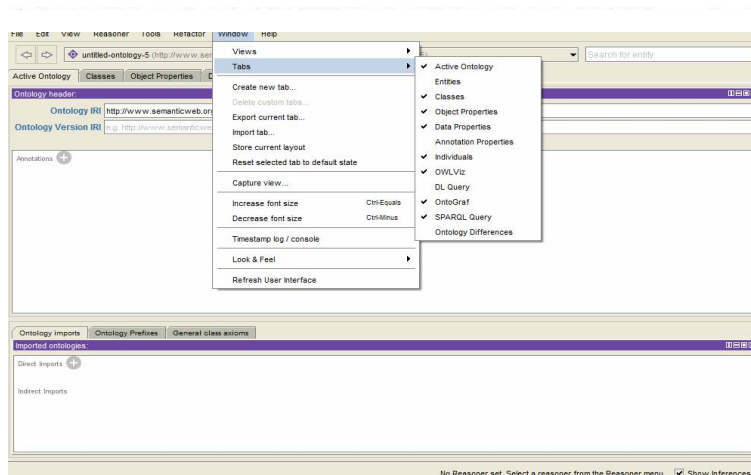


Рисунок А.1 – Вибір вкладок

Призначення вкладок:

- Active Ontology – відображення IRI, загальних характеристик (кількості аксіом, класів, властивостей, об'єктів і т.п.) і анотації онтології;
- Classes – перегляд і редагування класів;
- Object Properties – перегляд і редагування властивостей-відносин між індивідами;
- Data Properties – перегляд і редагування властивостей-даних індивідів;
- Individuals by class – перегляд і редагування примірників класів;
- OWLviz і OntoGraf – візуалізація онтології у вигляді графа;
- SPARQL Query – виконання запитів.

Насамперед при створенні онтології необхідно створити класи. Всі спроектовані нами класи будуть відображатися у вікні Class hierarchy [24].

Класи – абстрактні групи, колекції або набори об'єктів. Вони можуть включати в себе екземпляри, інші класи, або ж поєднання і того, і іншого. Класи описують поняття предметної області (рис. А.2).

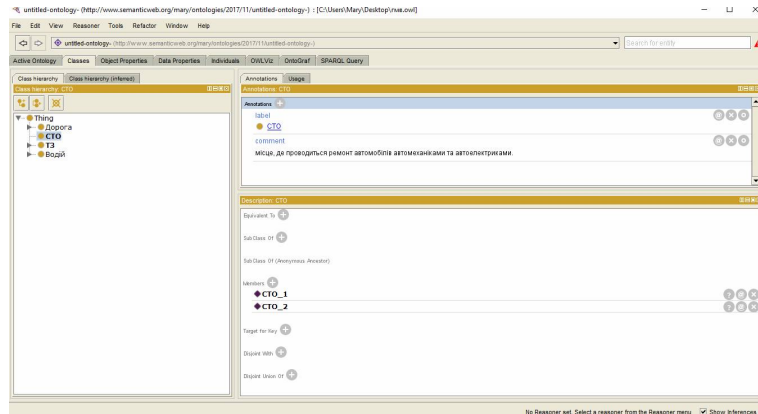


Рисунок А.2 – Класи предметної області

Основними поняттями даної предметної області є (рис. А.3):

Транспортний засіб (ТЗ) – головний клас.

Водій – клас, що містить інформацію про людину-власника ТЗ.

Дорога – клас, що містить інформацію про місце знаходження ТЗ.

Станція технічного обслуговування (СТО) – клас, що містить інформацію про найближче місце для обслуговування ТЗ.

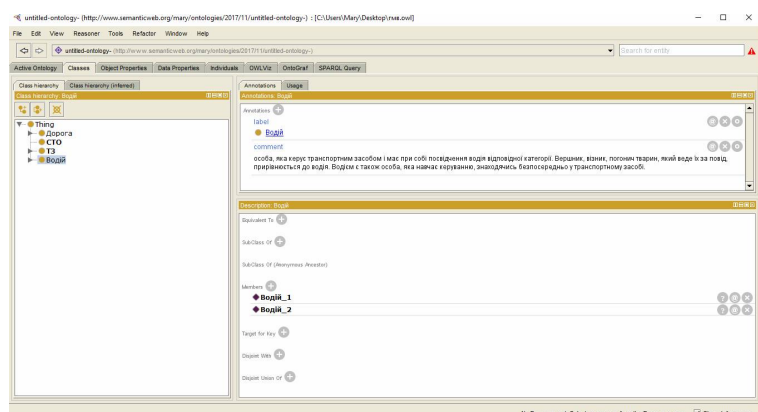


Рисунок А.3 – Класи предметної області

Робимо опис класів предметної області (рис. А.4).

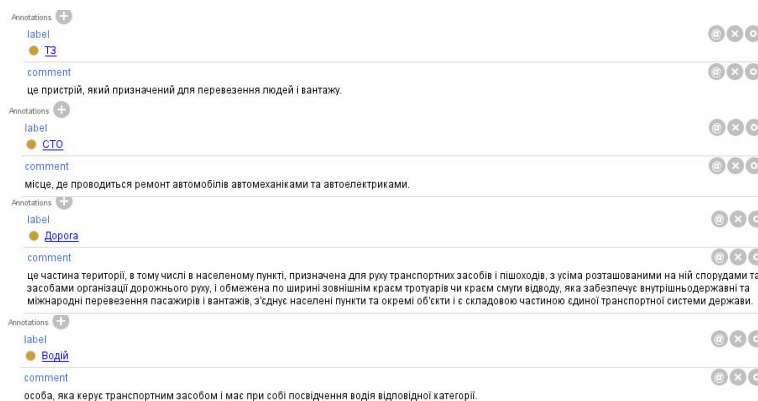


Рисунок А.4 – Опис класів предметної області

Далі створюємо підкласи даної предметної області (рис. А.5)

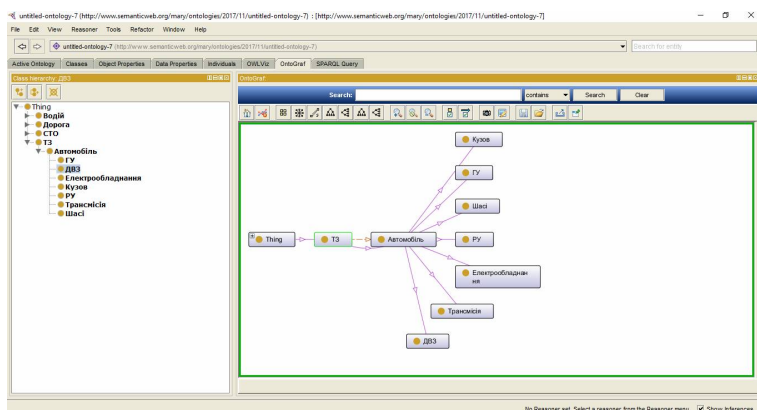


Рисунок А.5 – Підкласи предметної області

На прикладі більш детально розглянемо підклас – гальмівного управління (рис. А.6).

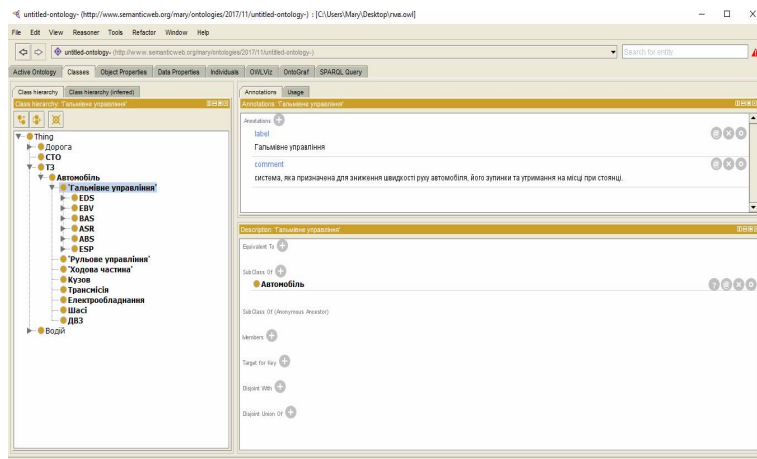


Рисунок А.6– Розклад підкласу «гальмівне управління»

Об'єкти в онтології можуть мати атрибути. Кожен атрибут має принаймні ім'я та значення і використовується для зберігання інформації, яка специфічна для об'єкта і прив'язана до нього.

Важлива роль атрибутів полягає в тому, щоб визначати відносини (залежно) між об'єктами онтології. Зазвичай ставленням є атрибут, значенням якого є інший об'єкт (рис. А.7).

Властивості класів і їх примірників (предикати RDF-трижок) діляться на два види:

- властивості-відносини задаються на вкладці «Object Properties» і визначають деякі відносини між двома індивідами (екземплярами класів), тобто суб'єктом і об'єктом RDF-трижки будуть індивіди;

- властивості-дані задаються на вкладці «Data Properties» і визначають деякі фактичні характеристики індивідів (примірників класів), тобто суб'єктом RDF-трижки буде індивід, а об'єктом значення характеристики у вигляді рядка, числа, дати і т.п.

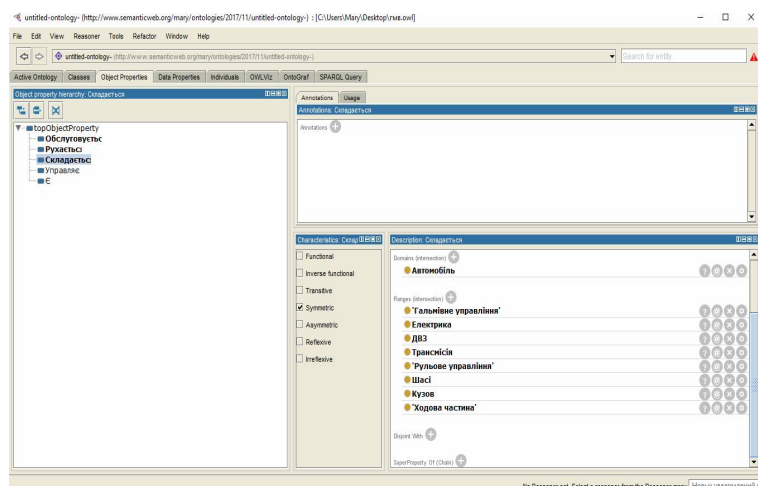


Рисунок А.7 – Відносини класів предметної області

Домен (англ. Domain) вказує, екземпляри яких класів в RDF-трижці при використанні даного властивості будуть виступати в якості суб'єктів, а діапазон (англ. Range) – в якості об'єктів.

На панелі «Характеристики» (англ. Characteristics) вибираються додаткові показники якості: транзитивність (англ. Transitive), симетричність (англ. Symmetric), рефлексивність (англ. Reflexive) і т.п.

Створення та редагування властивостей-даних виконується на вкладці «Data Properties» (рис. А.8).

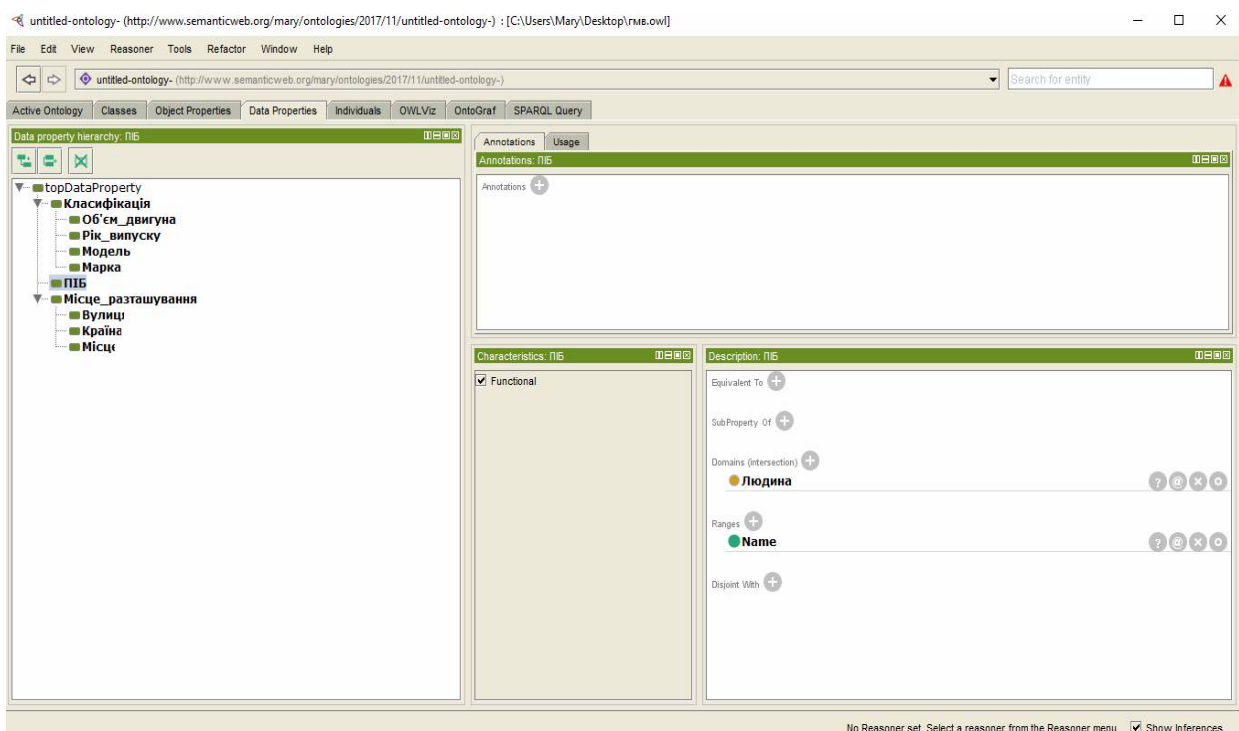


Рисунок А.8 – Заповнення даних предметної області

Створюємо екземпляри і заповнюємо значення атрибутів екземплярів (рис. А.9).

Примірники (англ. Instances) або індивіди (англ. Individuals) – це основні, нижчеуровневі компоненти онтології. Примірники можуть являти собою як фізичні об'єкти (люди, будинки, планети), так і абстрактні (числа, слова). Онтологія може обійтися і без конкретних об'єктів [24]. Однак, однією з головних цілей онтології є класифікація таких об'єктів, тому вони також включаються. Створення індивідів в Protégé відбувається у вкладці Individuals.

Автоматична побудова і відображення графа онтології і взаємозв'язків між класами виконується при виборі вкладки «OntoGraf» (рис. А.10)

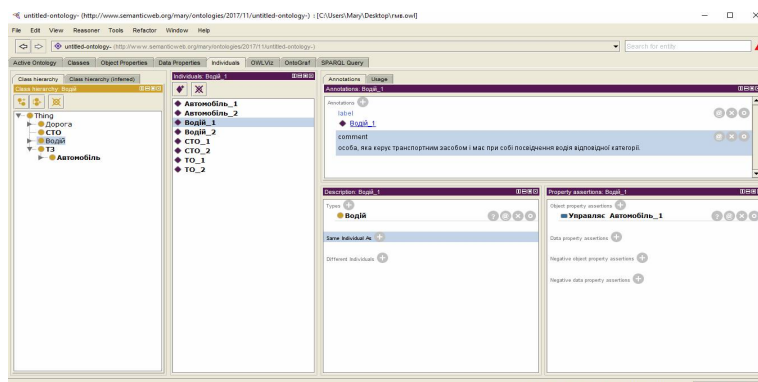


Рисунок А.9 – Заповнюємо значення атрибутів

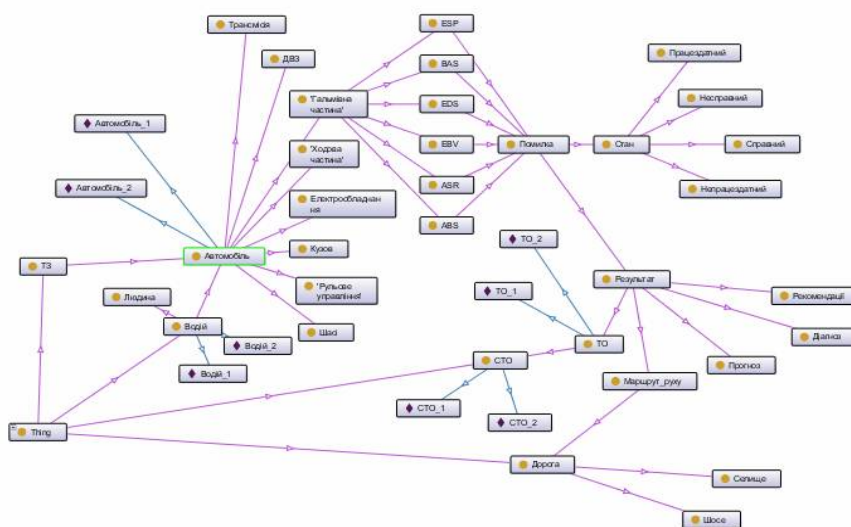


Рисунок А.10– Графічне відображення онтології

Пошук інформації за розробленою предметною онтологією (рис. А.11 - А.13)

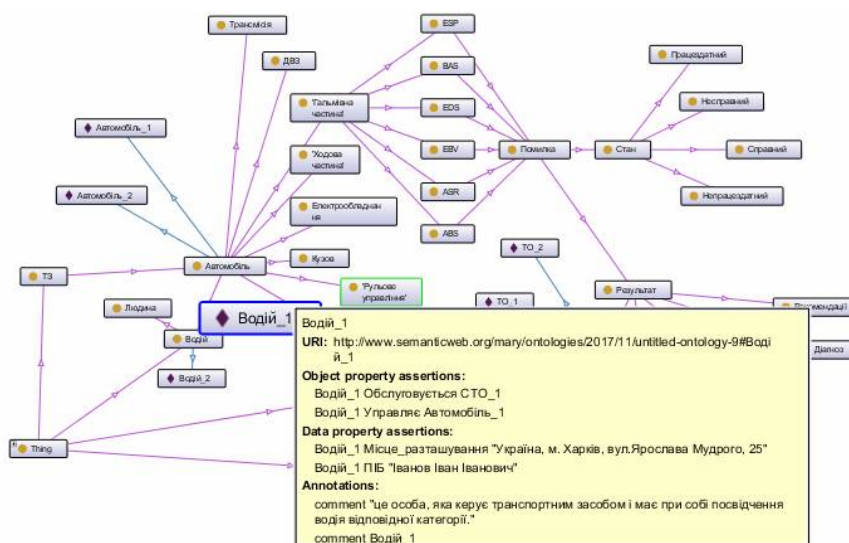


Рисунок А.11 – Пошук інформації «Водій_1»

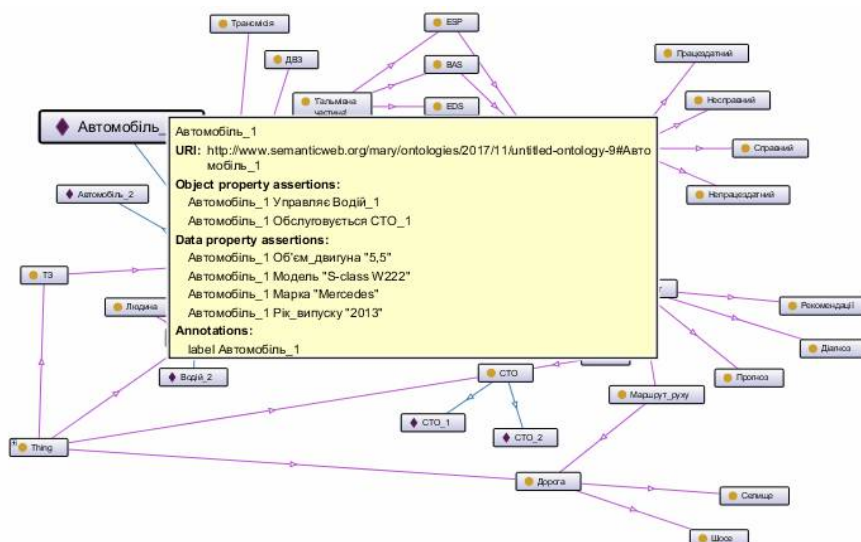


Рисунок А.12 – Пошук інформації «Автомобіль_1»

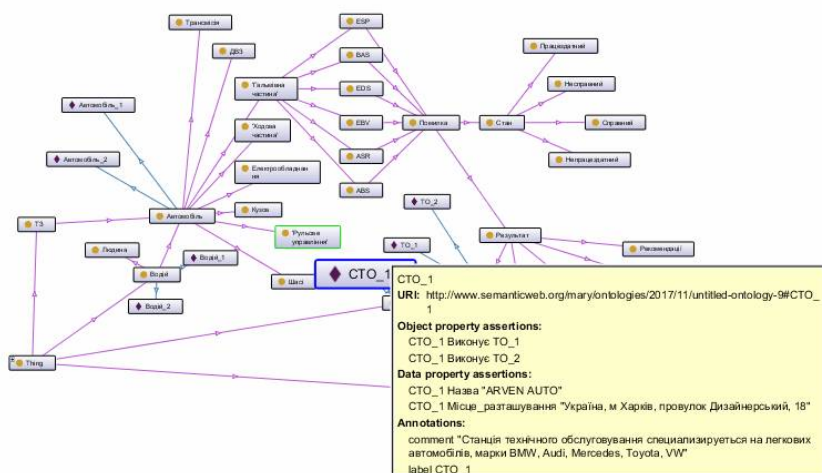


Рисунок А.13 – Пошук інформації «СТО_1»

Додаток Б – Ілюстративний матеріал до наукової роботи