

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»

Микіч Христина Ігорівна

УДК 004.827+004.89

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРОБЛЕМНИХ СИТУАЦІЙ
НА ОСНОВІ ОНТОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ**

01.05.03 – математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Буров Євген Вікторович,
Національний університет «Львівська політехніка»,
професор кафедри інформаційних систем
та мереж.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Виклюк Ярослав Ігорович,
ПВНЗ «Буковинський університет»,
проректор з наукової роботи та міжнародних
зв'язків;

кандидат технічних наук, доцент
Мельничин Андрій Володимирович,
Львівський національний університет
імені Івана Франка,
доцент кафедри теорії оптимальних процесів.

Захист відбудеться 4 травня 2018 р. о 16:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.052.05 у Національному університеті «Львівська політехніка» (79013, м. Львів, вул. С.Бандери, 12, ауд. 226 головного корпусу).

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Національного університету «Львівська політехніка» (79013, м. Львів, вул. Професорська, 1).

Автореферат розісланий «__» квітня 2018 р.

Учений секретар

спеціалізованої вченої ради,
доктор технічних наук, професор



Р.А. Бунь

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Дисертацію присвячено дослідженню та розробці нових моделей, методів та засобів ідентифікації проблемних ситуацій на базі онтологій із використанням механізмів логічного виведення, які застосовано в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень для задач тестування програмного забезпечення.

Актуальність теми. В сучасних умовах, що характеризуються дедалі більшими розвитком та впровадженням інтелектуальних систем виникла необхідність у розробці таких інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, що є повністю автономними та використовують попередній досвід з ідентифікації проблемних ситуацій. Необхідною умовою побудови таких систем є формування та підтримка в них ситуаційної обізнаності (situation awareness). На сьогодні, термін «ситуаційна обізнаність» (СО) широко використовується і означає здатність отримувати інформацію про поточний стан середовища (системи) та на основі наявних знань формувати висновки про необхідні дії з метою уникнення помилок. Тобто, завдання системи із ситуаційною обізнаністю полягає у забезпеченні повністю автономного прийняття рішення інтелектуальною системою у динамічному середовищі.

Визначення змісту поняття ситуаційної обізнаності є досить складним завданням, оскільки різні автори трактували його по-різному. Поняття ситуаційної обізнаності передбачає не просто сприймання інформації (стану середовища, системи тощо), а глибоке розуміння поточного стану системи відповідно до її цілей, для того щоб мати змогу обрати потрібну дію.

Дослідження в області ситуаційної обізнаності довгий час фокусувалися на людино-машинних застосуваннях. Наявні тенденції розвитку інтелектуальних систем визначають потреби зміни фокусу дослідження від людино-машинних систем до повністю автономних інтелектуальних систем, що здатні орієнтуватися та приймати рішення у реальних ситуаціях. Практично всі дослідження, що проводилися дотепер, були зосереджені на розробці ситуаційної обізнаності в системах із людиною-оператором і підтримки прийняття ним рішень. Ці дослідження базувались на моделях та враховували особливості когнітивних процесів людини. Дослідження чисто комп'ютерної ситуаційної обізнаності потребують інших моделей та методів ідентифікації ситуацій.

Для подання предметної області та вирішення задач у системах із ситуаційною обізнаністю потрібно не тільки використовувати різні моделі ситуацій та методи їх ідентифікації, але й поєднувати їх у межах єдиної системи. Поширеним є подання знань про предметну область у вигляді онтології, що дає змогу використовувати різні методи для вирішення різних задач у межах єдиної системи із ситуаційною обізнаністю.

Актуальність вирішення науково-технічної задачі розробки методів та засобів ідентифікації проблемних ситуацій полягає у стрімкому розвитку автономних інтелектуальних систем та розширенні потреб у ситуаційній

обізнаності для таких галузей як робототехніка, бізнес-аналітика, розробка та тестування програмного забезпечення та ін., що передбачає необхідність розробки моделей та методів ситуаційної обізнаності для підтримки автономного прийняття рішень у таких системах.

Значний внесок у дослідження в напрямку розвитку моделей та методів ідентифікації ситуації в системах із СО проводилися у роботах Mieczyslaw Kokar, Mica Endsley, Alan Steinberg, Richard Neil Baumgartner, Jusselme Anne Laure, Benjamin Koo.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Тема дисертації відповідає науковому напрямку «Дослідження, розробка та впровадження інтелектуальних розподілених інформаційних технологій та систем на основі ресурсів баз даних, сховищ даних, просторів даних та знань з метою прискорення процесів формування сучасного інформаційного суспільства» кафедри інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка». Дисертація виконана в межах науково-дослідної роботи «Розробка методів побудови та моделювання інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень з ситуаційною обізнаністю» (номер державної реєстрації U0110U001102).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційного дослідження є розширення функціональних можливостей програмних систем підтримки прийняття рішень шляхом розробки методів та засобів ідентифікації проблемних ситуацій на основі онтологічного підходу.

У процесі дисертаційного дослідження виконано такі завдання :

- аналіз, класифікація, обґрунтування переваг та недоліків відомих методів ідентифікації проблемних ситуацій у системах із ситуаційною обізнаністю;
- побудова моделі виявлення, опису використання та опрацювання проблемних ситуацій як різновиду знань інтелектуальної програмної системи підтримки прийняття рішень;
- розроблення методів ідентифікації проблемних ситуацій для формування знань про такі ситуації в інтелектуальних програмних системах підтримки прийняття рішень;
- розроблення структурно-функціональної моделі програмної системи ідентифікації проблемних ситуацій на основі онтологічного підходу;
- розроблення програмних засобів для дослідження та моделювання проблемних ситуацій на прикладі систем підтримки прийняття рішень для тестування програмного забезпечення.

Об'єкт дослідження – процеси підтримки прийняття рішень.

Предмет дослідження – методи і засоби ідентифікації проблемних ситуацій інтелектуальними системами підтримки прийняття рішень.

Методи досліджень. Дослідження, що виконані під час роботи над дисертацією, ґрунтуються на підході та методах системного аналізу. Під час вирішення задачі аналізу та класифікації систем з ситуаційною обізнаністю був використаний методологічний фреймворк JDL. Для розроблення моделей

формального подання та опрацювання знань про ситуації застосовано методи онтологічного моделювання, теорії множин, математичний апарат алгебри систем, дескриптивну логіку та методи інтерпретованих систем. Для побудови моделей та методів ідентифікації проблемних ситуацій в умовах невизначеності використано методи гранулярного комп'ютингу, нечітку та розмиту логіку, теорію нечітких множин. У процесі створення програмної системи ідентифікації ситуацій використано методи моделювання на базі UML, а також мов OWL, SWRL, SQWRL.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розв'язанні науково-технічного завдання ідентифікації проблемних ситуацій в інтелектуальних системах на базі онтологій з використанням механізмів логічного виведення. В дисертаційному дослідженні отримано такі нові наукові результати:

- вдосконалено модель синтезу даних (JDL) для інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень шляхом деталізації процесу ідентифікації ситуації, що дало змогу застосувати різні форми міркувань (reasoning) для ідентифікації проблемних ситуацій;
- вперше розроблено модель подання знань про проблемні ситуації на основі онтологічного підходу, яка дає змогу реалізувати ідентифікацію та оцінювання як для статичних, так і для динамічних типів ситуацій;
- вперше розроблено метод ідентифікації нечітких ситуацій, який відрізняється від відомих використанням апарату нечітких множин, що забезпечило можливості усунення таких ситуацій на різних етапах синтезу моделі даних;
- вперше розроблено метод ідентифікації як статичних, так і динамічних ситуацій, який ґрунтується на використанні ключових ознак, що дало змогу спростити процес ідентифікації шляхом зменшення кількості проміжних операцій.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні нових методів для виявлення та опрацювання проблемних ситуацій на основі методологічного фреймворку JDL розробленого із застосуванням онтологічного підходу. Розроблені математичні моделі та методи ідентифікації проблемних ситуацій є основою для проектування і розроблення інтелектуальних програмних систем підтримки прийняття рішень для тестування програмного забезпечення. У дисертаційній роботі розроблено програмний комплекс аналізу та моделювання проблемних ситуацій на прикладі систем підтримки прийняття рішень для тестування програмного забезпечення, що дає змогу підвищити ефективність процесу тестування та зменшити кількість помилок.

Результати роботи використані у науково-дослідній роботі кафедри інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка» «Розробка методів побудови та моделювання інтелектуальних

систем підтримки прийняття рішень з ситуаційною обізнаністю», номер державної реєстрації U0110U001102, а також у навчальному процесі кафедри інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка» та навчальному процесі кафедри інформатики та інформаційних систем Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка.

Наукові та практичні результати дисертаційної роботи використано ТЗоВ «Елкан» з метою підвищення якості функціонування системи оптової торгівлі із використанням ситуаційної обізнаності. Розроблено механізм ідентифікації ситуацій та причинно-наслідкових зв'язків між подіями на підприємстві, що дає змогу ідентифікувати проблемну ситуацію, а також спрогнозувати майбутні дії щодо удосконалення роботи підприємства.

Результати дисертаційної роботи були впроваджені в практичну діяльність ВАТ Заводу «ВЕСТА» при розробці системи підтримки прийняття рішення із використанням ситуаційної обізнаності для меблевої торгівлі та торгівлі кованими виробами.

Особистий внесок здобувача. Усі наукові результати, подані у дисертації, одержані здобувачем особисто. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, здобувачу належать: [1] – порівняння онтологій ситуаційної обізнаності, визначення напрямків розвитку існуючих систем із врахуванням задач побудови автономних інтелектуальних систем; [2] – досліджено методи опрацювання різних типів невизначеностей та визначено способи їх подання та опрацювання; [3] – розроблення удосконаленої моделі синтезу даних (JDL); [4] – запропоновано використання гранулярного комп'ютерингу для спрощення менеджменту знань у системах із ситуаційною обізнаністю; [5] – запропоновано метод що базується на використанні апарату неточних множин; [6] – проаналізовано моделі подання знань про ситуації у системах із ситуаційною обізнаністю; [7] – досліджено головні типи невизначеностей для основних етапів JDL моделі; [8] – запропоновано алгебраїчну модель подання знань у системах із ситуаційною обізнаністю; [9] – запропоновано онтологічне подання знань про ситуації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи були представлені на таких міжнародних наукових конференціях та семінарах: 5th International youth science forum "Litteris et Artibus" (Lviv, November 26-28, 2015); XIII Міжнародна конференція «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії» TCSET'2016 (Львів-Славсько, 23-26 лютого, 2016); XI-th Intern. Scientific and Techn. Conf. "Computer Science and Information Technologies" CSIT'2016 (Lviv, 6-10 September, 2016); XIII Міжнародна наукова конференція «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту» ISDMCI'2017 (Залізний порт, 22 – 26 травня 2017); V Всеукраїнська науково-практична конференція «Гуманітарні, природничі та точні науки як фундамент суспільного розвитку» (Харків, 19 – 20 вересня, 2017); XVII Міжнародна науково-технічна конференція «Штучний інтелект і інтелектуальні системи» AHS'2017 (Київ, 17 – 19 жовтня, 2017); наукових

семінарах кафедри «Інформаційні системи та мережі» Національного університету «Львівська політехніка».

Публікації. За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 10 наукових праць, з них: 2 статті у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у науковому фаховому виданні України, що включене до наукометричної бази даних Scopus; 2 статті в наукових періодичних виданнях інших держав, що включені в наукометричні бази; 5 тез доповідей на науково-технічних конференціях міжнародного та державного рівня.

Структура роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, що містять основні результати роботи, списку використаної літератури з 116 найменувань, 23 рисунків та додатків. Повний обсяг дисертації складає 150 сторінок, з них 115 сторінок основного тексту.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету та основні завдання досліджень, показано зв'язок із науковими програмами, темами, сформульовано наукову новизну отриманих результатів та їх практичну цінність.

У **першому розділі** розглянуто поняття ситуаційної обізнаності, моделі представлення та опрацювання знань у системах із ситуаційною обізнаністю. Проведено аналіз існуючих методів подання знань із використанням СО, що дало змогу краще зрозуміти структуру різних фреймворків і перспективу їх застосування при розробленні аналогічних систем. Аналіз існуючих методів розробки показує, що майже всі дослідження, що проводилися дотепер, були зосереджені на людино-машинній взаємодії. Автономне прийняття рішення потребує розробки нових методів опрацювання знань та поєднання декількох методів у межах системи. Таким чином, відсутнім є спільний, об'єднуючий фреймворк, що дає змогу поєднувати декілька методів ідентифікації ситуацій та використовувати знання та логічний вивід у межах єдиної системи, що і визначило мету та концептуальні засади дисертаційного дослідження.

У **другому розділі** розглянуто моделі подання знань у системах із ситуаційною обізнаністю, проаналізовано їх переваги та недоліки та розроблено нові моделі, які дають змогу сумісного використання різних підходів до виявлення проблемних ситуацій у системах підтримки прийняття рішень.

Для подальшого удосконалення і проектування інтелектуальних систем із використанням СО у роботі було використано формальну модель подання знань на основі алгебри систем.

Опрацювання та представлення даних у вигляді алгебраїчної структури широко використовується у галузі інформаційних технологій. На сьогодні для подання предметної області та вирішення задач у системах із СО використовуються різні методи. Існуючі методи формалізації ситуації дають змогу відображати лише певні підзадачі СО. Проте, процес прийняття

рішення та ідентифікації ситуації у реальному світі вимагає поєднання декількох методів.

Таким чином, у роботі розроблено такий цілісний підхід, що дає змогу використовувати у системі різні методи моделювання ситуаційної обізнаності. Це було досягнуто шляхом розроблення формальної алгебраїчної моделі та побудови переходів до інших моделей та методів.

Запропонований алгебраїчний підхід на базі алгебри систем відповідає загальній моделі JDL, має достатню гнучкість і дає змогу використовувати для моделювання та вирішення задач інші математичні методи шляхом побудови взаємно-однозначних відображень.

У роботі розроблено відображення між алгебраїчною моделлю, дескриптивною логікою та інтерпретованими системами. Це дає змогу використати методи логічного виведення, розроблені для дескриптивної логіки та в теорії інтерпретованих систем, для дослідження систем на базі онтологій.

Дескриптивна логіка використовується для побудови логічного висновку в системах із використанням онтологічного підходу до подання знань. В її основі лежить логіка предикатів першого порядку.

Використання логічного міркування є важливою частиною будь-якої системи бази знань, оскільки дає змогу підтримувати логічну стійкість моделі предметної області та коректність даних. Незважаючи на популярність дескриптивної логіки, існує ряд недоліків її використання. Наприклад, вона не дає змоги здійснити інші типи міркувань, наприклад причинно-наслідкові, ймовірнісні міркування, що використовуються у системах, що базуються на знаннях.

Процедура відображення алгебраїчної моделі (AM) у дескриптивну логіку (DL) містить такі кроки:

1. Визначення аксіом $Csl \subseteq Cs^*$, пов'язаних із концептами $Tl \subseteq T$, та відношеннями $Rll \subseteq Rl$, що використовує алгебраїчна модель. Як результат, створена онтологія: $(Tll, Rll, Csl) \subseteq On$.
2. Відображення Onl елементів у DL об'єкти, концепти, ролі та аксіоми:
 - ✓ в першу чергу відображаються об'єкти; множина імен об'єктів визначається на основі об'єктів у AM моделі, що належать концептам у Tl :

$$N_o = Al = \bigcup_{i=1}^n Al_i \quad (1)$$

та $\forall al_i \in Al_i : Type(Al_i) = El_i$ і $El_j \in$ частиною концепту $Tl_i, Tl_j \in Tl$;

- ✓ наступними відображаються концепти; множина концептів N_c відповідає множині Tl ; кожному об'єкту al_i ставиться у відповідність аксіома-твердження, що стосується його концепту Tl_i ; множина цих аксіом є множиною $ABox$ аксіом у базі знань;

- ✓ для кожного атрибута $At_i \in Tl_i$ створюється відповідне відношення (роль) rla_i

$$Rla = \cup_{i=1}^n rla_i; \quad (2)$$

- ✓ кожне відношення $rll_i \in Rll$ розбивають на бінарні відношення; множина відношень отриманих у результаті і є Rlr ; створено множину ролей у дескриптивній логіці:

$$N_R = Rla \cup Rlr; \quad (3)$$

- ✓ на додаток, аксіоми відображають відношення успадкування, а також інші аксіоми із АМ моделі, які можуть бути подані як логічні вирази у DL моделі.

3. Виконати процедури міркування використовуючи DL модель.

4. Оновити АМ модель використовуючи відображення і результати міркування.

Розширене відображення моделей виконується тільки один раз на початковому етапі при побудові моделі. Надалі, в процесі роботи системи із ситуаційною обізнаністю тільки відображають оновлені компоненти між моделями.

Підхід інтерпретованих систем (ІС) широко застосовується для подання часової динаміки та розумування у мультиагентних системах із ситуаційною обізнаністю. Аналіз ситуації у таких системах відбувається на основі перевірки часово-залежних тверджень із бази знань. Це дає змогу не тільки враховувати динаміку змін стану предметної області, але й моделювати процеси прийняття рішень агентами в нечітких умовах, використовуючи числові міри ймовірності, можливості, нечіткості.

Нехай Φ – множина логічних тверджень на G , що описує факти та залежності у системі. Тоді інтерпретована система I – це пара:

$$(S_y, \pi), \quad (4)$$

де S_y – це система на множині глобальних станів G , а π – це інтерпретація Φ на G . Для кожного $p \in \Phi$ та $g \in G$ інтерпретація визначає істинність або хибність твердження:

$$\pi(g)(p) \in \{true, false\}. \quad (5)$$

Для формування часово-залежних логічних висновків використовують часові оператори \square (завжди), \diamond (з часом, колись), O (у наступний момент), U (поки).

В АМ логічні твердження належать булевому домену Cs . Між Φ та булевими виразами домену Cs існує взаємно-однозначне відображення, що уможливило застосування методів дослідження та розумування ІС для систем поданих алгебраїчною моделлю у вигляді онтології.

Таким чином, використання алгебраїчної моделі для подання знань у системі із ситуаційною обізнаністю дає змогу однозначно відобразити модель системи подану у вигляді інтерпретованої системи та застосувати цей апарат

для моделювання динаміки станів системи. У табл. 1 наведено порівняльну характеристику використаних підходів для побудови моделей ситуацій.

Табл. 1. Порівняльна характеристика підходів до подання ситуацій

	Переваги	Недоліки
Алгебраїчна модель	<ul style="list-style-type: none"> - поєднання декількох методів міркувань та логік у межах єдиної системи; - поєднання декларативних та процедурних способів подання знань 	<ul style="list-style-type: none"> - більша складність реалізації; - складність виявлення помилок та протиріч; - відхилення від стандартних мов опису онтології (OWL)
Дескриптивна логіка	<ul style="list-style-type: none"> - використовується для побудови онтології та побудови логічного висновку в системах із використанням онтологічного підходу до подання знань; - використовує логіку предикатів; - наявність засобів моделювання та логічного виведення (Protégé). 	<ul style="list-style-type: none"> - не дає змоги здійснити інші типи міркувань, такі як причинно-наслідкові, використання немонотонних логік; - програми логічного виведення не можуть змінювати онтологію та факти
Інтерпретовані системи	<ul style="list-style-type: none"> - використовується для подання ситуацій як процесу; - описує роботу багатоагентних систем; - дає змогу описувати динамічні системи. 	<ul style="list-style-type: none"> - більша складність подання даних та міркування; - немає інструментальних програмних засобів, які підтримують моделювання та логічне виведення; - більше використання ресурсів для реалізації; - діє в дискретному часі і весь час міняється стан системи

У **третьому розділі** розроблено методи ідентифікації проблемних ситуацій у системах підтримки прийняття рішень. Запропоновано методи опрацювання знань про ситуації, що базуються на використанні апарату неточних множин та підходу гранулярного комп'ютингу. Вони дають змогу спростити операції визначення ситуацій та їх опрацювання. Підхід, що базується на онтологічному поданні знань про ситуації, використовується для досягнення ситуаційної обізнаності у складних інтелектуальних системах, де об'єкти можуть знаходитись у кількох ситуаціях одночасно або ситуація є неточно вираженою. Гранулярний комп'ютинг використовується для спрощення вирішення задач менеджменту знань про ситуації. Коли ознаки ситуації неточно задані, для формального визначення ситуації використовується апарат неточних множин.

Ідентифікація ситуації відбувається на другому рівні моделі JDL для систем з ситуаційною обізнаністю (рис.1). На нульовому рівні дані зчитуються з сенсорів та інтерпретуються за їх змістом. Значення, отримані з подібних сенсорів групуються. На першому рівні моделі отримані на попередньому рівні дані асоціюються з певними об'єктами у базі фактів та їх атрибутами. На другому рівні, аналізуючи наявні значення у базі фактів ідентифікують ситуації. Таким чином, вхідними даними для ідентифікації

ситуації виступають наявні факти у базі знань та значення їх атрибутів. Задачі отримання та опрацювання інформації від сенсорів та ідентифікації об'єктів та їх властивостей за значеннями зчитаних даних у цій роботі не розглядаються.

Коректна та ефективна ідентифікація ситуацій вимагає вирішення цілої низки задач та подолання різноманітних труднощів та обмежень. На практиці під ситуацією розуміють набір взаємопов'язаних фактів, параметри яких утворюють певний паттерн, який можна ідентифікувати.

З іншого боку, виявлення ситуації має сенс тільки тоді, коли в результаті ініціюється виконання певних дій, які призводять до бажаних змін у середовищі, або у зміні фактів та поповненні знань у базі знань.

Одна з причин складності ідентифікації ситуацій полягає у тому, що в різних практичних задачах ситуацію розуміють по-різному. Наприклад, її можна подавати як стан об'єкту або групи об'єктів. Ідентифікувати таку ситуацію – це виявити означений стан. Інколи потрібно ідентифікувати ситуацію для групи наближених або подібних станів. У деяких практичних застосуваннях вивчають не стільки окремі визначені стани, але переходи між станами, наприклад між граничним та цільовим станом.

З іншого боку, інколи ситуацію розглядають у динаміці, як процес, що розгортається у часі. Виявити таку ситуацію – це ідентифікувати поточний стан та попередні стани об'єкту зі станами визначеного шаблону процесу. Різні форми подання та розуміння ситуацій вимагають розроблення різних методів ідентифікації.

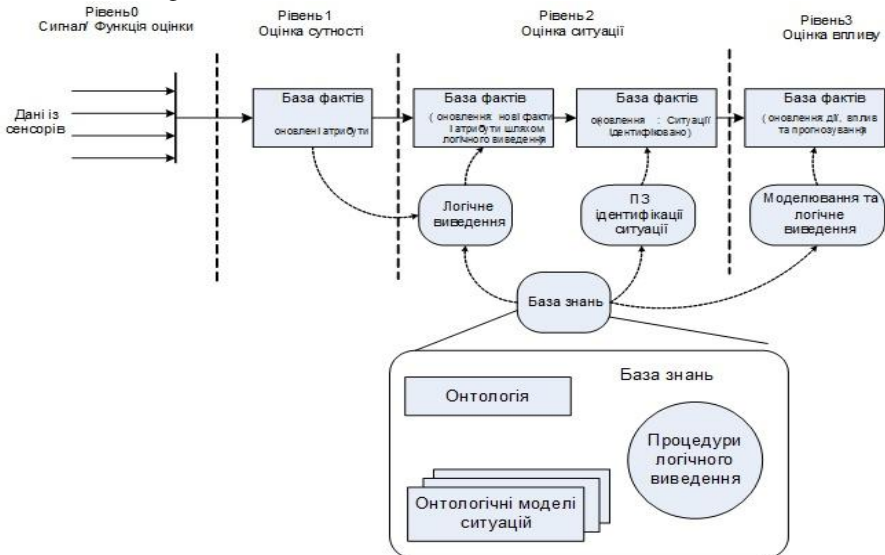


Рис. 1. Процес ідентифікації ситуацій як частина процесу JDL

З іншого боку, досягнення ситуаційної обізнаності часто необхідно для систем, що приймають рішення у реальному масштабі часу. При цьому критичним стає час прийняття рішення та обсяг задіяних інформаційних та обчислювальних ресурсів.

Використання онтологічного моделювання для подання та ідентифікації ситуацій створює додаткові можливості та обмеження на вирішення задачі ідентифікації. Перевагою є здатність застосування логічного виведення та використання аксіом у процесі міркувань про ситуації. Це відкриває перспективу розробки методів ідентифікації ситуацій, що базуються на логічному виведенні на основі інформації про поточний стан предметної області та знань про цю область.

Вихідна інформація, що отримана від сенсорів, є неточною, і методи ідентифікації також часто є неточними (приблизними), що впливає з необхідності мінімізації часу прийняття рішення. Врахування неточностей, помилок та неповних знань про предметну область є важливою вимогою для методів ідентифікації.

Формальна постановка задачі ідентифікації ситуації

Центральним компонентом бази знань є онтологія On , яка є формальним поданням певної концептуальної моделі предметної області. Онтологія подається такою трійкою:

$$On = (T, Rl, Cs), \quad (6)$$

де T – множина сутностей, Rl – множина відношень, Cs – множина обмежень або аксіом.

Знання про ситуації подані у формі ситуаційних моделей також зберігаються у базі знань, а сутність «ситуація» є частиною онтології. Формально, модель ситуації подається кортежем, який містить сутності T_s та відношення Rl_s релевантні для ситуації, умови або інформацію для ідентифікації ситуації Id_s , та множину дій Ac_s , які треба виконати, якщо ситуація буде виявлена:

$$T_{mds} = (T_s, Rl_s, Id_s, Ac_s). \quad (7)$$

Умови ідентифікації ситуації використовують значення фактів, типи яких подані у моделі ситуації.

Вирішення задачі ідентифікації ситуації зводиться до розпізнавання у базі фактів умов та залежностей, специфікованих у ситуаційній моделі. У цьому відношенні ця задача є подібною до задачі розпізнавання образів.

База фактів BF є множиною окремих фактів: $BF = \{bf\}$ з онтології On :

$$BF = \{bf_i | \forall i (bf_i \in T \vee bf_i \in Rl)\}. \quad (8)$$

Множина моделей ситуацій, в якій кожен елемент належить типу ситуації T_s з онтології On :

$$Mdsi = \{mdsi_j | \forall j (mdsi_j \in T_s)\}. \quad (9)$$

Для вирішення задачі ідентифікації ситуації побудовано таку функцію Fid відображення стану бази фактів у множину моделей ситуацій, що мінімізує неточність розпізнавання

$$Fid: BF \rightarrow Mdsi. \quad (10)$$

Функцію втрат побудовано шляхом порівняння результату виконання функції ідентифікації з результатом деякої ідеально точної функції ідентифікації Fzr над тою ж базою фактів BF . Таким чином, функція втрат, що визначає неточність ідентифікації, має вигляд:

$$Flos = \min \Delta(Fzr(BF), Fid(BF)). \quad (11)$$

Функцію відображення побудовано як функцію відстані (подібності) поточного стану до моделі

$$D(BF, mdsi_j). \quad (12)$$

При цьому ідентифікувати ситуацію – це знайти модель $mdsi_{min}$, для якої відстань між поточним станом BF є мінімальною:

$$mdsi_{min} = \text{Min}_j (D(BF, mdsi_j)). \quad (13)$$

Методи ідентифікації ситуацій для різних типів ситуацій

Ситуація як стан проблемної області. Функція ідентифікації для даного стану бази фактів приймає істинне значення, де δ_{mdi} – це умова наявності ситуації:

$$Fid(BF, \delta_{mdi}) = True. \quad (14)$$

Існує проблема складності умови, яка може складатися з багатьох складових умов, які потребують великих затрат обчислювальних ресурсів для перевірки. Для вирішення цієї проблеми використано метод ключів. Ключ – це часткова умова виконання якої, хоча не гарантує наявності ситуації, але: а) завжди виконується якщо ситуація має місце та б) вимагає мінімум ресурсів на перевірку.

Математичне визначення ключа як необхідної умови:

$$\delta_{mdi}^{key} = true, \quad (15)$$

якщо $\delta_{mdi} = true$.

Група ключів – це множина умов-ключів $S(\delta_{mdi}^{key})$, які перевіряють паралельно та які мають виконуватися для ідентифікованої ситуації. Для зменшення складності ідентифікації ситуації метод подано як послідовність перевірок груп ключів:

$$S_1(\delta_{mdi}^{key}), S_2(\delta_{mdi}^{key}), \dots, S_n(\delta_{mdi}^{key}). \quad (16)$$

Ідентифікація ситуації як процесу. Для ідентифікації ситуації як процесу використано модель інтерпретованих систем, тобто стани бази фактів у різні моменти часу та переходи між ними. Стани системи при цьому розглянуто у визначені моменти часу як пари (BF, t_i) . Ситуації у розумінні стану бази фактів також розуміють з прив'язкою до часу їх виявлення: (Si_i, t_i) .

Для ідентифікації ситуації як процесу визначено модель процесу як множину впорядкованих у часі пар ситуацій:

$$MdProc = S \left((Si_i, t_i), (Si_j, t_j) \mid t_i < t_j \right). \quad (17)$$

Визначено траєкторію зміни ситуацій як послідовність ситуацій:

$$SiT = (Si_1, t_1), (Si_2, t_{1+1}), \dots, (Si_k, t_k), \quad (18)$$

де кожна ситуація $(S_i, t_i) \in MdProc$ та ситуації ідентифіковані у послідовні моменти часу. Функція ідентифікації:

$$Fid(BF, MdProc) = \exists SiT_m: \forall (S_i, t_i) \in SiT_m \exists MdProc: (S_i, t_i) \in MdProc = true. \quad (19)$$

Метод ідентифікації передбачає пошук траєкторій для різних моделей процесів.

Ідентифікація ситуацій у випадку нечіткостей. У деяких випадках наявність ситуації визначається нечітко. Для поточного стану бази фактів BF_i функція ідентифікації ситуації моделюється як функція приналежності до нечіткої множини. Така функція може бути задана трьома умовами, які поділяють усі факти певного типу T_i на три підмножини. Для однієї з них ситуація точно виконується, для іншої точно не виконується, а третя група фактів – для яких виконання ситуації є можливим

$$Fid(BF, \delta_{mdi}^1, \delta_{mdi}^{fz}, \delta_{mdi}^0). \quad (20)$$

Така функція використана для побудови плану тестування, в якому умова δ_{mdi}^1 визначає тесткейси, які мусять бути обов'язково перетестовані, δ_{mdi}^0 – тесткейси, які перетестовувати недоцільно, та δ_{mdi}^{fz} – які бажано, але не обов'язково перетестовувати.

У деяких випадках неможливо точно задати ознаки ситуації, або ж для певних об'єктів, для яких задана ситуація, існують виключення. Тоді для формального визначення ситуації доцільно застосувати апарат неточних множин та апроксимувати популяцію об'єктів ситуації двома множинами.

Нехай ситуація S^i визначена для певного класу онтології T^k з використанням булевої сигнатури Cs^i . При цьому деякі об'єкти, які підпадають під це визначення точно не відносяться до ситуації, або ж експерти мають сумніви щодо їх віднесення до цієї ситуації. У цьому випадку верхня апроксимація популяції ситуації буде визначена як підмножина об'єктів класу T^k для яких виконується Cs^i .

$$\overline{P}_O(S^i) = \{t^k | t^k \in T^k, Cs^i(t^k) = True\}. \quad (21)$$

Для визначення нижньої апроксимації необхідно виокремити підмножину об'єктів, які не повністю відповідають ситуації. Така гранична підмножина $P_{OB}(S^i)$ визначається експертами шляхом перерахування об'єктів, що входять в неї. Тоді нижня апроксимація популяції ситуації S^i визначена формулою:

$$P_O(S^i) = \overline{P}_O(S^i) - P_{OB}(S^i). \quad (22)$$

У частковому випадку, коли об'єкти, що не відповідають ситуації, можуть бути визначені через значення атрибутів класу умовою $Cs^B(S^i)$, коли ситуація визначена на рівні певного загального класу об'єктів, але не для всіх його підкласів, гранична підмножина визначається як:

$$P_{OB}(S^i) = \{t_k | t_k \in T_k, Cs_i^B(t_k) = True\}, \quad (23)$$

а нижня апроксимація визначається за формулою (21).

Для спрощення менеджменту знань про ситуації використано парадигми гранулярного комп'ютерингу, тобто задання ситуацій для великих

груп об'єктів. У випадку онтології, де класи утворюють ієрархію і атрибути класів успадковуються підкласами, застосування підходу гранулярного комп'ютингу передбачає задання ситуацій, якщо це можливо, для класів, що належать вищим рівням ієрархії. Визначення ситуації S_j містить атрибут $SDefinition - At_{def}$, у якому зберігається булева сигнатура CS_j , який приймає істинне значення для об'єктів даного класу, які знаходяться у визначеній ситуації. Тобто, об'єкт $t_{ij} \in T_i$ знаходиться у ситуації S_{T_i} якщо $CS_{S_{T_i}}(t_{ij}) = True$.

У найпростішому випадку, коли ситуація визначена станом об'єкту визначеного класу T_i , сигнатура CS_j містить тільки атрибути цього класу:

$$CS_j = BooleanExpression(a_1, a_2, \dots, a_n), \quad (24)$$

де $\forall i: a_i \in At_i \in T_i, BooleanExpression(a_1, a_2, \dots, a_n)$ – це булевий вираз з аргументами (a_1, a_2, \dots, a_n) .

У **четвертому розділі** для практичного застосування розроблених моделей та методів ідентифікації проблемних ситуацій обрано галузь тестування програмного забезпечення. Однією з найважливіших проблем галузі програмного забезпечення є високий рівень складності програмних систем та високої вартості адміністрування, розроблення та модифікації, значний рівень дефектів у таких системах. Для виявлення дефектів традиційно застосовують тестування продукту з використанням визначеного набору сценаріїв використання. Вартість тестування сьогодні становить значну частину в загальній вартості виробництва продукту. Тестування програмного забезпечення та його якість є важливою частиною розробки програмного забезпечення. Нехтування цими процесами значно збільшує ймовірність розробки неякісного програмного забезпечення, яке несе у собі потенційні матеріальні збитки. Тестування базується на вимогах до програмного забезпечення: саме з вимог одержуються тестові дані та тестові приклади, що є результатом аналізу предметної області.

У роботі розроблено методи ідентифікації проблемних ситуацій у процесі онтологічного моделювання знань з метою підвищення якості процесу тестування шляхом ідентифікації та вчасного реагування на ситуації, що виникають у процесі тестування. Онтологічне представлення знань про предметну область дає змогу покращити визначення вимог до програмного забезпечення, підвищити їх якість і, таким чином, забезпечити зростання якості програмного забезпечення.

Тестування складного продукту містить багато процесів та операцій, паралельних та часто непорядкованих. Керівнику відділу контролю якості важко відслідковувати та бачити всі деталі та їх пов'язання. Система виявлення ситуацій працює як консультант, який бачить загальну картину та враховує досвід попередніх тестувань. Вона також використовується топ-менеджерами для виявлення катастрофічних ситуацій на проекті. Тому система ідентифікації шукає типові ситуації та залежності та повідомляє про

них. Архітектура системи ідентифікації ситуацій у галузі тестування програмного забезпечення наведена на рис. 2.

Центральним компонентом архітектури системи є інструментальний засіб для онтологічного моделювання – Protégé. Цей програмний засіб підтримується мовою програмування Java та використовує інтерфейс прикладного програмування (API – Application Programming Interface), який дає змогу розробникам вбудовувати компоненти, що доповнюють та змінюють функціональні можливості редактора. Також за користувацький інтерфейс та його додаткові можливості відповідає компонента Protégé GUI. Програмний засіб Protege містить онтології, що були створені, а також OWL файли (OWL – Web Ontology Language – мова опису Web-онтологій). Для розширення функціональних можливостей редактора Protege було використано два плагіни, за допомогою яких можна здійснювати логічне міркування з використанням SWRL, базуючись на OWL, а також будуючи правила використовувати дескриптивну логіку.

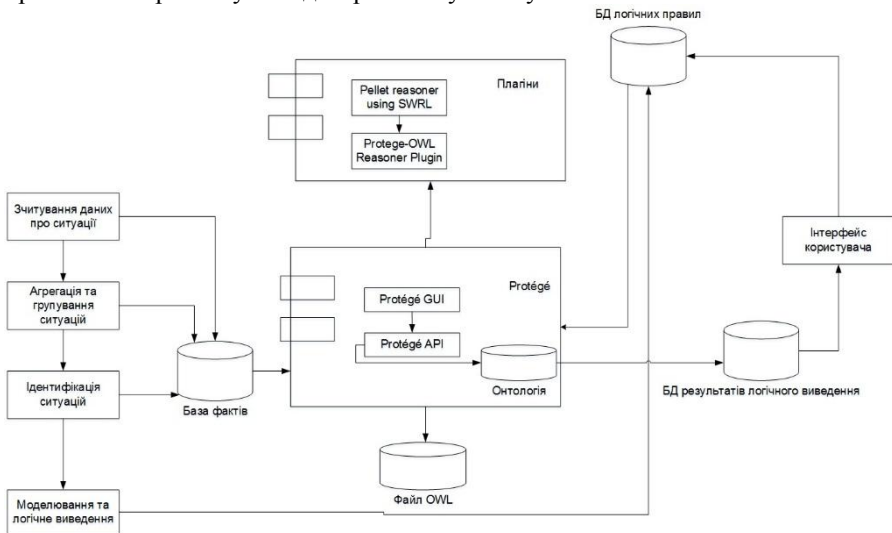


Рис.2. Архітектура системи

Система містить базу фактів, у якій зберігаються:

- дані про ситуацію, яку потрібно ідентифікувати;
- класифікаційні дані; оскільки, як зазначалось, у реальному масштабі часу існують різні типи ситуацій, система після ідентифікації поточної ситуації повинна віднести її до певного класу ситуацій;
- дані ідентифікації ситуацій; база даних повинна зберігати ситуації, які відбувались з метою повторного їх використання та уникнення помилок у майбутньому.

Також у системі наявні бази даних:

- логічних правил (тобто, це база даних, що містить логічні правила для моделювання ситуацій);
- результатів логічного виведення (ця база даних зберігає результати здійснення логічних міркувань над ситуаціями).

Приклади ситуацій на тестуванні, які відповідають розробленим методам виявлення проблемних ситуацій:

Ситуація: не протестовані вимоги замовника або ж відсутні тесткейси для певних вимог замовника. Дано:

- набір тесткейсів (тесткейс може бути асоційовано з вимогою замовника, або дефектом);
- набір вимог замовника.

Таблиця 2. Порівняння функціональних можливостей фреймворків із використанням ситуаційної обізнаності

Автор Функції	Jaroucheh (Часова логіка)	Baumgartner (Онтології)	Brannon (Нейронні мережі)	Nwiabu (Міркування на основі прецедентів)	Tararata (Граф)	Feng (Асоціативні правила)	Jousseline (Онтології)	Nagi (Граф)	Waltenegus (Онтології)	Mukich (Онтології та алгебра систем)
Повторне використання знань		+		+	+		+		+	+
Врахування історії	+			+						+
Логічне виведення		+							+	+
Використання правил						+				+
Часово-просторові		+								
Міркування на основі подібностей				+	+					
Здатність навчатися			+							
Підтримка різних форм міркувань										+
Спрощення процесу ідентифікації		+								+
Нечіткість та неповнота даних	+						+	+	+	+
Врахування контексту	+			+		+				

Процедура: перевірити, чи усі вимоги мають асоційовані тесткейси. Перевірити, чи всі ці тесткейси дійсно успішно протестовані. Виявлення ситуації проводиться на стадії фінального тестування, а також, щоб повідомити про покриття вимог тесткейсами.

Дія: повідомити керівника проекту та QA менеджера.

П1. Перевірити, чи усі вимоги мають асоційовані тест-кейси

```
Requirement(?rq)^IsTestedByTestCase(?rq,?t)^sqwrl:makeSet(?srq,?t)^sqwrl:isEmpty(?srq)->ReqNotTested(?rq);
```

П2. Надіслати повідомлення, що вимога не тестується

```
Requirement(?rq)^ ReqNotTested(?rq) ^IncludedInProject(?rq,?prj)^ProjectHasManager(?prj,?pm)-> SendMessage(?pm, ^^xsd:ReqNotTested).
```

Для визначення переваг та недоліків розробленого підходу з існуючими фреймворками побудови інтелектуальних систем із ситуаційною обізнаністю, здійснено їх порівняння. Результат аналізу відображено у табл. 2.

Таким чином, проведений порівняльний аналіз показує, що розроблені моделі та методи ідентифікації порівняно з існуючими підтримують більше функцій та є гнучкими і дають змогу поєднувати різні методи в межах єдиної системи.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язано актуальне науково-технічне завдання ідентифікації проблемних ситуацій в інтелектуальних системах на базі онтологій з використанням механізмів логічного виведення.

У процесі проведення наукового дослідження отримано такі основні наукові результати:

1. Проаналізовано термінології та існуючі методи штучного інтелекту щодо ідентифікації проблемних ситуацій в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень, здійснено їх класифікацію, обґрунтовано переваги та недоліки.
2. Удосконалено модель синтезу даних (JDL) шляхом деталізації процесу ідентифікації ситуації з використанням різних форм міркувань на базі моделі онтологічного подання знань, що дало змогу розширити функціональні можливості системи підтримки прийняття рішень.
3. Розроблено формальну модель подання знань про ситуації на основі підходу алгебри систем, яка на відміну від існуючих дає змогу реалізувати моделювання, ідентифікацію та міркувати про ситуації для різних форм подання ситуацій та підтримує різні види міркувань.
4. Здійснено відображення розробленої формальної моделі у моделі дескриптивної логіки та інтерпретованих систем, що дало змогу застосовувати ці моделі в межах єдиної системи підтримки прийняття рішень.
5. Розроблено методи ідентифікації як статичних, так і динамічних ситуацій на базі формальної моделі подання знань з використанням ключових ознак, що дало змогу спростити процес ідентифікації.

6. Проаналізовано джерела помилок на різних етапах моделі синтезу даних, запропоновано та класифіковано методи їх усунення, що дало змогу розробити методи ідентифікації нечітких ситуацій з використанням підходу гранулярного комп'ютингу, нечіткої та розмитої логік.
7. Розроблено структурно-функціональну модель програмної системи підтримки прийняття рішень для реалізації ідентифікації ситуацій галузі тестування на основі онтологічного підходу.
8. Розроблено програмні засоби для аналізу та моделювання проблемних ситуацій на прикладі систем підтримки прийняття рішень галузі тестування.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Буров Є. В. Методи подання та опрацювання знань у системах зі ситуаційною обізнаністю / Є. В. Буров, Х. І. Микіч // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Інформаційні системи та мережі. – 2015. – № 832. – С. 205-216.
2. Буров Є. В. Дослідження причин виникнення невизначеностей у системах із ситуаційною обізнаністю та аналіз методів їх опрацювання» / Є. В. Буров, Х. І. Микіч // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків : Технологічний центр 2016. – №1 (79). – С. 19-27. – Режим доступу: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/60828/56926>.
3. Burov Y. Algebraic framework for knowledge processing in systems with situational awareness / Burov Y., Mykych Kh. // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – Vol. 512. – ISSN 2194-5357. - DOI 10.1007/978-3-319-45991-2_18. – Springer International Publishing AG, 2017. – P. 217-227. – Access mode: <http://www.springer.com/us/book/9783319459905>).
4. Burov Y. The approach of granular computing and rough sets for identifying situations / Yevhen Burov, Khrystyna Mykych // *ECONTECHMOD. An international quarterly journal on economics in technology, new technologies and modelling processes*. – 2017. – Vol. 6, No 2. – P. 45-50.
5. Буров Є. В. Розроблення методів спрощення менеджменту знань про ситуації у системах із ситуаційною обізнаністю / Є. В. Буров, Х. І. Микіч // Штучний інтелект. – 2017. – № 2. – С. 86-92.
6. Burov Y. Knowledge-based situational awareness systems / Yevhen Burov, Khrystyna Mykych // 5th International Youth Science Forum "Litteris et Artibus" : proceedings, Nov. 26-28, 2015, Lviv, Ukraine / Lviv Polytechnic Nat. Univ. — Lviv : Lviv Polytechnic Publ. House, 2015. – P. 38-41.
7. Burov Y. Uncertainty in situational awareness systems / Yevhen Burov, Khrystyna Mykych // *Modern Problems of Radio Engineering*,

- Telecommunications and Computer Science (TCSET'2016) : proc. of the XIII Intern. conf., Febr., 23-26, 2016, Lviv-Slavske, Ukraine / Min. of Education and Science of Ukrainiane, Lviv Polytechn. Nat. Univ. – Lviv : Lviv Polytechnic Publ. House, 2016. – P. 729-732.
8. Burov Y. Algebraic model for knowledge representation in situational awareness systems / Yevhen Burov, Khrystyna Mykych // Computer Science and Information Technologies CSIT'2016 : proc. of the XI-th Intern. Scientific and Techn. Conf., 6-10 Sept. 2016, Lviv, Ukraine / Min. of Education and Science of Ukraine, Lviv Polytechn. Nat. Univ. – Lviv : Lviv Polytechnic Publ. House, 2016. – P. 165-167.
 9. Буров Є. В. Онтологічне подання знань про ситуації у системах із ситуаційною обізнаністю / Є. В. Буров, Х. І. Микіч // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCS'2017 : матеріали XIII Міжнародної наукової конференції , 22–26 травня 2017, Залізний порт, Україна / Херсон : Видавництво ПП Вишемирський В. С., 2017. – С. 187-188.
 10. Микіч Х. І. Ситуаційна модель як спосіб представлення знань про предметну область у системах із ситуаційною обізнаністю / Х. І. Микіч // Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції «Гуманітарні, природничі та точні науки як фундамент суспільного розвитку», 19 – 20 вересня 2017, Харків, Україна / Наукове партнерство «Центр наукових технологій». – Харків : НП «ЦНТ», 2017. – С. 83-89.

АНОТАЦІЇ

Микіч Х. І. Методи та засоби ідентифікації проблемних ситуацій на основі онтологічного підходу. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.03 – Математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем. – Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2018.

Дисертацію присвячено дослідженню та розробці нових моделей, методів та засобів ідентифікації проблемних ситуацій на базі онтологій з використанням механізмів логічного виведення, які застосовано в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень для задач тестування програмного забезпечення.

У роботі проведено аналітичний огляд існуючих методів подання знань у системах із ситуаційною обізнаністю. Сформовано мету дисертаційного дослідження, що полягає в розширенні функціональних можливостей програмних систем підтримки прийняття рішень шляхом розробки методів та засобів ідентифікації проблемних ситуацій на основі онтологічного підходу. Відповідно до сформованої мети, запропоновано математичний апарат алгебри систем, методи дескриптивної логіки та інтерпретованих систем. Для проектування методів ідентифікації проблемних ситуацій в умовах невизначеності використано методи гранулярного

комп'ютерингу, нечітку та розмиту логіки, теорію нечітких множин. Розроблено онтологію галузі тестування програмного забезпечення. Розроблено програмний комплекс для аналізу та моделювання проблемних ситуацій на прикладі систем підтримки прийняття рішень галузі тестування, який відображає результати теоретичних досліджень.

Ключові слова: ситуаційна обізнаність, проблемна ситуація, ідентифікація ситуацій, формальна модель, онтологія, система підтримки прийняття рішень.

Мыкич К. И. Методы и средства идентификации проблемных ситуаций на основе онтологического подхода. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.05.03 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин и систем. – Национальный университет «Львовська політехніка», Львов, 2018.

Диссертация посвящена исследованию и разработке новых моделей, методов и средств идентификации проблемных ситуаций на базе онтологий с использованием механизмов логического вывода, которые применены в интеллектуальных системах поддержки принятия решений для задач тестирования программного обеспечения.

В работе проведен аналитический обзор существующих методов представления знаний в системах с ситуационной осведомленностью. Сформулированная цель диссертационного исследования заключается в расширении функциональных возможностей программных систем поддержки принятия решений путем разработки методов и средств идентификации проблемных ситуаций на основе онтологического подхода. Согласно установленной цели предложен математический аппарат алгебры систем, методы дескриптивной логики и интерпретируемых систем. Для проектирования методов идентификации проблемных ситуаций в условиях неопределенности, использованы методы гранулярного компьютеринга, нечеткую и размытую логики, теории нечетких множеств. Разработана онтология области тестирования программного обеспечения. Разработан программный комплекс для анализа и моделирования проблемных ситуаций на примере систем поддержки принятия решений области тестирования, который отражает результаты теоретических исследований.

Ключевые слова: ситуационная осведомленность, проблемная ситуация, идентификация ситуаций, формальная модель, онтология, система поддержки принятия решений.

Mykych Kh.I. Methods and means for identifying problematic situations on the basis of an ontological approach. – On the rights of manuscript.

The thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 01.05.03 – Mathematical and software supply of computing machines and systems. – Lviv Polytechnic National University, Lviv, 2018.

The dissertation is devoted to the research and development of new models, methods and means for identifying problem situation based on ontology using inferential mechanism, that are used in intellectual decision support systems for software testing.

An analytical review of existing knowledge representation methods in systems with situational awareness was conducted in this paper. The purpose of the dissertation research is stated, which is expanding the functionality of software decision support systems by developing methods and means for identifying problem situations on the basis of an ontological approach.

In the first section, the concept of situation awareness, the models of representation and knowledge processing in systems with situational awareness are considered. The analysis of existing knowledge representation methods using situation awareness was carried out, which made it possible to better understand the structure of various frameworks and the perspective of their application in the development of similar systems.

In the second section, a formal model of presentation of knowledge was used. The proposed algebraic approach based on the algebra of systems corresponds to the general JDL model, has sufficient flexibility and allows using other mathematical methods for modeling and solving problems by constructing mutually unambiguous mappings.

In accordance with the established goal, the mathematical apparatus of algebra of systems, and mappings to methods of descriptive logic and interpreted systems are implemented.

In the third section, methods for identifying problem situations in decision support systems in the field of software testing are developed. The methods of situational knowledge processing based on the use of the rough sets theory and the approach of granular computing are described. They make it possible to simplify situations definition and processing. An ontological presentation of situational knowledge is used to achieve situation awareness in complex intellectual systems, where objects can be in multiple situations simultaneously or the situation is not fully defined. The method based on multi-level cues definition allowing to simplify the process of situation identification was developed.

In the fourth section is presented the software complex for analysis and modeling of problematic situations occurring in software testing, implementing the results of theoretical research. In the process of creating a system for identifying situations, UML-based modelling methods, as well as OWL, SWRL, and SQWRL languages and their implementations in Protégé modeling tool are used.

Key words: situational awareness, problematic situation, situation identification, formal model, ontology, decision support system.

Підписано до друку 26.03.2018 р.
Формат 60×84/16. Папір офсетний.
Друк цифровий. Умовн. друк. арк. 0,9.
Наклад 100 прим. Зам. № 43

ТзОВ «Растр-7»
79005, м. Львів, вул. Кн. Романа, 9/1
тел./факс: (032) 235-52-05
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ЛВ №22 від 19.11.2002 р.