

## ВИБІР КОНЦЕПТУАЛІЗАЦІЇ ПРОБЛЕМНОЇ СИТУАЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМ АГЕНТОМ В ЗАДАЧАХ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ

Євген Буров<sup>1</sup>, Ігор Карпов<sup>2</sup>

Національний університет Львівська політехніка,  
кафедра інформаційних систем та мереж, Львів, Україна

<sup>1</sup> E-mail: yevhen.v.burov@lpnu.ua, ORCID: 0000-0001-8653-1520,

<sup>2</sup> E-mail: ihor.a.karpov@lpnu.uam, ORCID: 0000-0003-4885-5078

© Буров Є., Карпов І., 2023

Дослідження стосовно автономного інтелектуального агента нині на передньому краї упровадження рішень штучного інтелекту в усіх сферах економіки. Інтелектуальні автономні системи поєднують використання розпізнавання образів, міркувань, прийняття рішень, концептуальних методів і методів моделювання. Важливою частиною упровадження інтелектуального агента є пошук концептуалізації, яка підходить для поточної проблемної ситуації. Незважаючи на прогрес у розробленні автономних інтелектуальних агентів, люди набагато гнучкіші та креативніші у створенні правильних концептуалізацій. Вони плавно адаптуються до поточної ситуації та відфільтровують усі неістотні деталі, використовуючи різні перспективи та подання для тих самих об'єктів. У цьому дослідженні зроблено припущення, що кожен інтелектуальний агент динамічно створює власну онтологію, яку використовує для інтерпретації локальних знань. Відображення встановлюються між цією локальною онтологією та онтологіями інших агентів, коли це необхідно, щоб обмінюватися та повторно використовувати знання. У статті наведено формальну модель проблемної ситуації в контексті операції прийняття рішення. Описано моделі, які використовують для прийняття рішень, та їх взаємозв'язки. У другій частині статті проаналізовано процес вибору концептуалізації та зроблено висновок, що цей вибір здійснюється на кількох рівнях, починаючи від вибору агента-респондента з відповідною областю знань, вибору та узгодження онтологій агентів, вибору патернів та мов патернів, моделей, які краще відповідають ситуації, і, нарешті, вибору відповідних інтерпретацій понять і відношень. Наприкінці вирішено проблему вибору релевантного провайдера знань за допомогою модифікованого методу TOPSIS. Запропонований підхід і напрями дослідження допоможуть зробити гнучкішим концептуальне моделювання проблемних ситуацій інтелектуальними агентами.

**Ключові слова:** автономні інтелектуальні агенти; концептуалізація; онтологія; прийняття рішень; проблемна ситуація.

### Вступ

Розроблення та впровадження автономних інтелектуальних систем сьогодні є одним з визначальних напрямів досліджень у сфері штучного інтелекту. За оцінками фахівців [1], обсяг ринку тільки автомобілів з функцією автономного руху у 2021 р. становив 94,43 млрд доларів, з прогнозованим щорічним зростанням у 38 %, і досягне у 2030 р. 1808 млрд доларів.

Дослідження та реалізація таких систем дають змогу вивчити різні аспекти інтелектуальних систем як систем з ситуаційною обізнаністю, починаючи з отримання та інтерпретації інформації з зовнішнього середовища, та закінчуючи прийняттям рішень, аналізом результатів їх виконання, навчанням та оновленням моделей за результатами дій.

Власне у системах інтелектуальних агентів, які взаємодіють, застосовні результати наукових досліджень в області штучного інтелекту, розпізнавання образів, логічного виведення та інших видів міркування.

### Постановка проблеми

Інтелектуальний агент створює власну концептуалізацію світу, яку постійно оновлює та узгоджує за результатами своєї діяльності. Отже, ця концептуалізація відображає досвід, особливості середовища, в якому функціонує агент, а також завдання, які він виконує. Концептуалізація знань агента формально подана його онтологією. Загалом, знання агента є логічно цілісною системою, яка містить як явні, так і неявні знання та припущення. Концептуалізацію агент використовує для інтерпретації даних, моделей та знань, що зберігаються в його базі знань.

У процесі прийняття рішення інтелектуальним агентом можна виділити такі етапи [2]:

- Ідентифікація та концептуалізація проблемної ситуації, визначення проблеми.
- Побудова моделі прийняття рішення, яка містить цілі та критерії, альтернативи.
- Оцінювання альтернатив, вибір та валідація вибраного рішення.
- Реалізація вибраного рішення.
- Аналіз результатів та оновлення знань агента за результатами цього аналізу.

Важливою частиною прийняття рішень є ідентифікація та побудова концептуальної моделі проблемної ситуації. Помилки або неповнота такої концептуалізації призводять до хибного розуміння проблеми та неправильних рішень на всіх подальших етапах процесу прийняття рішення.

Важливою проблемою у застосуванні формальних концептуалізацій для прийняття рішення є те, що релевантна для опису проблемної ситуації концептуалізація залежить від проблемної ситуації та намірів агента. Наприклад, транспортний засіб може мати різні концептуалізації та визначатися різними наборами атрибутів для вирішення завдань планування маршрутів його руху, страхування, технічної діагностики.

Контекстна залежність релевантних концептуалізацій потребує гнучкого підходу до динамічного вибору та застосування онтологій інтелектуальним агентом. Аналогічно до вибору типу моделі для опису проблемної ситуації, агент вибирає онтологію, що містить необхідні концепти з їх властивостями, відношення та аксіоми, релевантні для описання проблемної ситуації. Таке бачення застосування концептуалізацій як гнучкого засобу для опису проблемної ситуації передбачає використання порівняно невеликих онтологій, між якими встановлено відношення відображення та артикуляції [3]. Це уможливило гнучкий перехід між онтологіями під час розв'язання задач прийняття рішень та повторного використання результатів моделювання.

Отже, основні припущення дослідження такі:

1. Концептуалізацію предметної області створює та використовує інтелектуальний агент, діяльність якого визначається його цілями та намірами.
2. Кожен інтелектуальний агент володіє власною системою знань (онтологією, базою знань, інформаційною базою) та розбудовує її. Зміст цієї бази формується у результаті попередньої діяльності агента, його цілей, спілкування з іншими агентами.
3. Оскільки середовище, в якому функціонує агент, та його цілі постійно змінюються, то і стан його знань змінюється в результаті процесів навчання. Отже, концептуалізація середовища, в якому функціонує агент, є динамічною та унікальною для цього агента.
4. Системи знань та концептуалізації частково узгоджуються під час спілкування агентів та використання фрагментів онтологій інших агентів (навчання в інших агентів) та вбудовуються у систему знань агента.
5. Системи знань тестуються та оновлюються в результаті вирішення практичних завдань агентом.
6. Інтерпретація концептів онтології залежить від контексту його використання (проблемної ситуації).

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Розуміння необхідності використання різних онтологій для концептуального моделювання проблемних областей стає дедалі поширенішим серед дослідників онтологічного моделювання.

Вирішення завдання узгодження онтологій зумовлене необхідністю забезпечення семантичної інтероперабельності під час взаємодії інтелектуальних агентів. Семантичну інтероперабельність визначають як здатність комп'ютерних систем обмінюватися даними з однаковою інтерпретацією їх змісту [4]. Крім семантичної, необхідна також синтаксична інтероперабельність, що розуміють як використання узгоджених форматів (мов) подання інформації.

У статті [5] наведено класифікацію причин семантичної неузгодженості онтологій, відповідно до неї усі причини можна поділити на дві групи за місцем їх виникнення – зумовлені відмінностями у мовах подання та різними підходами до моделювання.

У першому випадку семантична неузгодженість може бути спричинена:

- різним синтаксичним поданням;
- різними припущеннями на метарівні;
- різними поданнями логіки;
- різною семантикою мовних примітивів;
- різною експресивністю мовних засобів.

Причини, що виникають на рівні моделей, можуть пояснюватись різними підходами до моделювання, відмінностями у концептуалізаціях та розумінні понять. Відмінності концептуалізації можуть містити:

- різні концепти та відношення в онтологіях;
- однакові концепти, але різний зміст;
- охоплювати іншу частину області застосування або покривати область неповно;
- різну гранулярність (використання більших або менших елементів).

У випадку різного розуміння виникають:

- відмінності у визначеннях понять;
- в термінології – за рахунок використання синонімів та омонімів;
- різні одиниці вимірювання (напр., метри та фути);
- відмінності через використання різних модельних парадигм.

У роботі [6] вказано, що великі за розміром та предметною областю онтології рідко використовуються як одне ціле. Автори пропонують методологію *OntoMove* для виділення частини онтології відповідно до вимог конкретної ситуації із встановленням відображень між первинною та виділеною онтологіями.

Подібну ідею щодо неможливості створення глобальної цілісної онтології висловлено у роботі [7]. Використовуючи алгебраїчний підхід до подання онтологій, автори формально визначають правила артикуляції між окремими елементами онтології.

У статті [3] подано визначення онтологічної мережі як набору онтологій, пов'язаних відношеннями відображення, модуляризації, версійності. У роботі вирішено завдання формального подання відношень між онтологіями в онтологічній мережі.

У роботі [8] подані основні формальні визначення щодо відношень відповідності між онтологіями у мережі онтологій. Так, якщо є дві онтології  $O$  та  $O'$ , з відповідними мовами подання  $Ent(O)$ ,  $Ent(O')$  та множина відношень відповідності  $R$ , то відповідність між їх елементами визначено як трійку  $(e, e', r)$ , таку, що  $e \in Ent(O)$ ,  $e' \in Ent(O')$ . Інакше кажучи, відповідність – це твердження, що між концептами  $e$  та  $e'$  існує відношення відповідності  $r$ .

Відповідність між онтологіями загалом визначено як множину усіх відповідностей між елементами. Множина онтологій, між якими встановлено відношення відповідності, утворює онтологічну мережу. У книзі [9] онтологічні мережі інтерпретуються як графові моделі, що специфікують відношення та взаємозалежності між окремими елементами онтологій, такими

як класи (концепти), властивості та ролі. Результати теоретичного аналізу проілюстровано на декількох прикладах відображення онтологій.

У роботі [10] онтологічні мережі розглянуто як засіб для сумісного існування та обміну даними між онтологіями, що ґрунтуються на різних первинних припущеннях. Автори зазначають, що методи узгодження онтологій розроблені недостатньо. Як вирішення цієї проблеми вони пропонують розроблену метамодель для узгодження елементів різних онтологій.

Загалом, аналіз наукових публікацій демонструє важливість та актуальність вирішення завдання гнучкого підходу до вибору концептуалізації проблемної ситуації у задачах прийняття рішень в автономних системах.

### Формулювання цілі статті

Мета статті – дослідження процесу вибору релевантної до проблемної ситуації концептуалізації (онтології) інтелектуальним агентом як частини процесу прийняття рішення.

### Виклад основного матеріалу

#### Модель процесу прийняття рішень інтелектуальним агентом

Припускаємо, що кожен агент  $Ag$  виконує певну цілеспрямовану діяльність у своєму середовищі. Ця діяльність визначається цільовим компонентом (компонентом намірів, Intentional component)  $In_a$  його системи знань, який містить:

- Цілі  $Sgl$  – визначення станів середовища, які агент має сформувати у результаті своїх дій.
- Плани  $Spl$  – знання про те, що треба зробити (послідовності дій, завдань, методи та алгоритми), щоб досягти певної мети залежно від стану середовища.
- Критерії, цінності, тести –  $Scr$ , які дають змогу оцінити успіх (неуспіх) у досягненні цілі, ступінь досягнення цілі, вплинути на вибір дій під час формування планів.

Цільовий компонент знань агента подається як набір концептуальних моделей (патернів), сформульованих із використанням онтології агента  $On_a$ .

Виконання завдань, визначених у цільовому компоненті, є важливим джерелом проблемних ситуацій, які виникають під час виконання. Інше джерело проблемних ситуацій для інтелектуального агента – це непередбачені зміни у середовищі, а також результати взаємодії з іншими агентами. Такі ситуації виявляють за набором ознак, комбінації яких вказують на певні типові ситуації та відповідні концептуальні моделі. При цьому агент порівнює стан середовища з типовими концептуальними моделями ситуацій, які зберігаються у репозиторії моделей.

Моделі ситуацій у репозиторії – це шаблони, які релевантні певним класам подібних ситуацій та які можна налаштовувати, беручи до уваги цілі агента та стан середовища. Вибір моделі здійснюється за подібністю поточного стану середовища та цілей до моделі-шаблону. Вибір подібної моделі можна розглядати як задачу розпізнавання образів, використовуючи функцію подібності  $F_{sim}(Cm_i, In_a, Cm_j)$ .

Отже, задачу вибору моделі ситуації із репозиторію сформулюємо як задачу пошуку концептуальної моделі ситуації  $Cm_{sit}^k$ , що мінімізує функцію відстані, з урахуванням обмежень, накладених цільовою компонентою:

$$F_{sim}(Cm_i, Cm_j, In_a) \rightarrow \min. \quad (1)$$

Інтелектуальний агент опрацьовує інформацію, використовуючи робочий набір концептуальних моделей, які постійно оновлюються.

**Контекстна модель**  $Cm_{con}$  відображає об'єкти середовища та цільовий компонент, який сприймає агент у цей момент. Вона відображає залежності між об'єктами, їх властивості та надає інформацію, необхідну для прийняття рішення щодо подальших дій. Контекстна модель оновлюється у разі змін у середовищі або намірах агента.

**Моделі ситуацій**  $SCm_{sit} = \{Cm_{sit}\}$  специфікують завдання, що виконує агент, а також проблеми, які виявлені у середовищі та які потребують реагування. Послідовність опрацювання моделей використовує пріоритети для своєчасного реагування та зменшення використання ресурсів.

**Модель наявної ситуації**  $Cm_{sit}^{cur}$  містить елементи з контекстної моделі  $Cm_{con}$  (визначені через відображення з вибраної моделі  $Cm_{sit}^k$  з репозиторію), а також інші компоненти, які додані моделю  $Cm_{sit}^k$ .

Усі концептуальні моделі формують з використанням елементів онтології  $On_a$  агента. Водночас кожна модель містить тільки підмножину релевантних до ситуації елементів онтології. Можна сказати, що існують контексна онтологія та онтологія ситуації, які є цілісними логічними мінітеоріями, отриманими виокремленням з первинної онтології агента  $On_a$ .

#### Завдання вибору концептуалізації проблемної ситуації інтелектуальним агентом

Завдання вибору концептуальної моделі знань, релевантної для специфічної ситуації, багаторівневе, так що його вирішення на одному рівні не зводиться до вирішення на інших (рис. 1).



Рис. 1. Ієрархія рівнів узгоджень

Для вирішення завдання прийняття рішення агентом часто необхідно отримати додаткову інформацію від інших агентів, ураховуючи не тільки наявність такої інформації в агента-респондента, але й придатність його концептуалізації, що використовується для інтерпретації потрібних даних. На концептуалізацію агента впливає середовище, в якому функціонує агент, завдання, які він вирішує, досвід та репутація агента. Усі ці фактори неявно впливають на відповідність його концептуалізації потребам агента-децидента. Задача вибору агента – респондента за його параметрами подібна до задачі вибору людини – експерта для консультації. Треба врахувати як досвід та репутацію експерта, так і коло наукових проблем, з якими він працює.

На наступному рівні здійснюються оцінювання та узгодження онтологій агента-децидента та агента-кореспондента як структурних моделей знань у контексті задачі, яку необхідно розв'язати. На цьому етапі визначають, чи має онтологія респондента необхідні для подання концептуальної моделі задачі концепти та відношення.

На наступному рівні встановлюється відповідність на рівні патернів та моделей знань як частин онтології в обох агентів з метою встановлення відповідності між елементами моделей, які використовують агенти для опису проблемної ситуації.

На останньому рівні вирішується завдання вибору інтерпретації концептів та відношень у контексті задачі прийняття рішення. Визначають інтерпретацію концепта, яка має необхідні для подання проблемної ситуації властивості та обмеження.

Розв'язання задач, що виникають на кожному рівні, потребує окремих досліджень. У цій роботі запропоновано метод вирішення завдання вибору агента-кореспондента з використанням модифікованого методу TOPSIS (Technique of Order Preference Similarity to the Ideal Solution), в якому задачу вибору розглянуто як багатокритеріальну і порівняно з ідеальним вирішенням [11].

### Використання методу TOPSIS для вибору агента – провайдера інформації

У багатьох випадках інтелектуальний агент, що приймає рішення, потребує додаткової інформації для того, щоб побудувати модель проблемної ситуації. У цьому випадку він звертається до іншого агента, якого назвемо інформаційним провайдером. Як правило, використовуються механізми вебсервісів. Водночас інформація про провайдера, що подається у його профайлі, доволі обмежена.

Цю задачу можна подати як задачу багатокритеріального вибору. Набір критеріїв залежить від конкретної задачі прийняття рішення.

Нехай  $SCr = (cr_1, cr_2, \dots, cr_n)$  – вектор вибраних критеріїв.

Децидент також визначає відносну важливість цих критеріїв, що відображено у векторі відповідних ваг:

$$SW = (cw_1, \dots, cw_2, \dots, cw_n). \quad (2)$$

Визначена множина альтернатив серед агентів-провайдерів, що можуть надати необхідну інформацію:

$$SAL = \{al_1, al_2, \dots, al_m\}. \quad (3)$$

Пропонуємо подати вимоги щодо агента-провайдера у вигляді вектора значень критеріїв, що відповідають вимогам та описують ідеальний варіант вибору як точку в багатовимірному просторі критеріїв:

$$SCv^o = (cv_1, cv_2, \dots, cv_n), \quad (4)$$

де  $cv_k$  – це ідеальне значення для критерію  $cr_k$ .

Для розв'язання цієї задачі можна використати модифікацію методу TOPSIS, яка дасть змогу знайти альтернативу в  $SAL$ , розташовану найближче до ідеального значення, поданого вектором  $SCv^o$ .

1. На першому кроці цього методу побудуємо  $m \times n$  матрицю, кожен рядок якої містить значення критеріїв для всіх альтернатив:

$$Mcv = (cv_{11} \dots cv_{1n} \dots \dots cv_{m1} \dots cv_{mn}). \quad (5)$$

Додамо до цієї матриці останнім рядком вектор  $SCv^o$ , отримавши матрицю  $MCvi$ .

Нормалізуємо цю матрицю за кожним критерієм, одержавши нормалізовану матрицю  $MCv'$ .

На наступному кроці, на відміну від класичного методу TOPSIS, у якому визначаємо максимальні та мінімальні значення за кожним критерієм, визначимо відстань для кожного значення критерію за альтернативами до ідеального значення. Для кожного числа  $cv_{ij}$  визначимо різницю  $d_{ij} = |cv_{ij} - cv_j^o|$ . Для підрахунку відстані можна також скористатися формулою для евклідової відстані:

$$d_{ij} = \sqrt{(cv_{ij} - cv_j^o)^2}.$$

У результаті отримаємо матрицю відстаней від ідеального значення для всіх альтернатив та критеріїв  $MD = (d_{ij})$ .

Вилучимо з матриці відстаней нульовий рядок, що відповідає ідеальному випадку.

2. Для кожної альтернативи  $al_j$  підрахуємо зважену суму відстаней за формулою:

$$L_j = \sum_{i=1}^n (cw_i * d_{ij}). \quad (6)$$

3. Визначимо альтернативу, для якої значення  $L_j$  мінімальне. Це і буде розв'язком задачі вибору.

### Висновки

Запровадження гнучкого, контекстозалежного вибору концептуалізації істотно змінює перспективу роботи з онтологіями предметних областей. Замість великих, фіксованих онтологій предметних областей, які повинні використовувати усі інтелектуальні агенти для досягнення семантичної інтероперабельності, послуговуються мережею онтологій, які відображають досвід діяльності окремих агентів або відповідають конкретним задачам прийняття рішень. Онтології у такому розумінні – це інструменти для побудови концептуальних моделей, що дає змогу інтелектуальним агентам застосувати різні онтології для моделювання однієї ситуації з метою глибшого розуміння. Семантична інтероперабельність у цьому випадку забезпечується наявністю відображень між онтологіями.

### Список літератури

1. Autonomous Vehicle Market Size, Share, Trends, *Report*, 2023–2032. <https://www.precedenceresearch.com/autonomous-vehicle-market>
2. Катренко А. В., & Пасічник В. В. (2013). Прийняття рішень: теорія та практика. Львів: Новий Світ-2000.
3. Diaz A., Motz R., & Rohrer E. (2011). Making ontology relationships explicit in a ontology network. *AMW*, 749.
4. Rahman H., & Hussain M. I. (2020). A comprehensive survey on semantic interoperability for Internet of Things: State of the art and research challenges. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 31(12), e3902.
5. Klein M. (2001, August). Combining and relating ontologies: an analysis of problems and solutions. In *OIS@IJCAI*.
6. Bhatt M., Rahayu W., Soni S. P., & Wouters C. (2007). OntoMove: A Knowledge Based Framework for Semantic Requirement Profiling and Resource Acquisition. *Australian Software Engineering Conference*, 137–146. <https://doi.org/10.1109/aswec.2007.36>
7. Mitra P., & Wiederhold G. (2004). An ontology-composition algebra. *Handbook on Ontologies*, 93–113. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-24750-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-540-24750-0_5)
8. Euzenat J. (2008). Algebras of ontology alignment relations. In *The Semantic Web-ISWC 2008: 7th International Semantic Web Conference, ISWC 2008, Karlsruhe, Germany, October 26–30, 2008. Proceedings*, 7, 387–402. Springer Berlin Heidelberg.
9. Savić M., Ivanović M., Jain L. C., Savić M., Ivanović M., & Jain L. C. (2019). Analysis of Ontology Networks. 148, 143–175.
10. Bonacin R., Calado I., & dos Reis J. C. (2018). A Metamodel for Supporting Interoperability in Heterogeneous Ontology Networks (K. Liu, K. Nakata, W. Li, & C. Baranauskas, Eds.; Vol. 527, 187–196). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-94541-5\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94541-5_19)
11. Zavadskas E. K., Mardani A., Turskis Z., Jusoh A., & Nor K. M. (2016). Development of TOPSIS method to solve complicated decision-making problems – An overview on developments from 2000 to 2015. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 15(03), 645–682.

### References

1. Autonomous Vehicle Market Size, Share, Trends, *Report* 2023–2032. <https://www.precedenceresearch.com/autonomous-vehicle-market>
2. Katrenko A, Pasitchnyk V. (2013). Decision making: theory and practice (In Ukrainian) Lviv, Novyj Svit-2000.
3. Diaz A., Motz R., & Rohrer E. (2011). Making ontology relationships explicit in a ontology network. *AMW*, 749.
4. Rahman H., & Hussain M. I. (2020). A comprehensive survey on semantic interoperability for Internet of Things: State of the art and research challenges. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 31(12), e3902.
5. Klein M. (2001, August). Combining and relating ontologies: an analysis of problems and solutions. In *OIS@IJCAI*.

6. Bhatt M., Rahayu W., Soni S. P., & Wouters C. (2007). OntoMove: A Knowledge Based Framework for Semantic Requirement Profiling and Resource Acquisition. Australian Software Engineering Conference, 137–146. <https://doi.org/10.1109/aswec.2007.36>
7. Mitra P., & Wiederhold G. (2004). An ontology-composition algebra. Handbook on Ontologies, 93–113. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-24750-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-540-24750-0_5)
8. Euzenat J. (2008). Algebras of ontology alignment relations. In The Semantic Web-ISWC 2008: 7th International Semantic Web Conference, ISWC 2008, Karlsruhe, Germany, October 26–30, 2008. Proceedings, 7, 387–402. Springer Berlin Heidelberg.
9. Savić M., Ivanović M., Jain L. C., Savić M., Ivanović M., & Jain L. C. (2019). Analysis of Ontology Networks. 148, 143–175.
10. Bonacin R., Calado I., & dos Reis J. C. (2018). A Metamodel for Supporting Interoperability in Heterogeneous Ontology Networks (K. Liu, K. Nakata, W. Li, & C. Baranauskas, Eds.; Vol. 527, 187–196). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-94541-5\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94541-5_19).
11. Zavadskas E. K., Mardani A., Turskis Z., Jusoh A., & Nor K. M. (2016). Development of TOPSIS method to solve complicated decision-making problems – An overview on developments from 2000 to 2015. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 15(03), 645–682.

#### CHOICE OF CONCEPTUALIZATION OF A PROBLEM SITUATION BY AN INTELLIGENT AGENT IN DECISION-MAKING TASKS

Yevhen Burov<sup>1</sup>, Ihor Karpov<sup>2</sup>

Lviv polytechnic National University,

Information Systems and Networks Department, Lviv, Ukraine

<sup>1</sup> E-mail: yevhen.v.burov@lpnu.ua, ORCID: 0000-0001-8653-1520,

<sup>2</sup> E-mail: ihor.a.karpov@lpnu.uam, ORCID: 0000-0003-4885-5078

**The research in the domain of autonomous intelligent agent is the foreground of the introduction of artificial intelligence solution in all areas of economy. The intelligent autonomous systems combine the usage of pattern recognition, reasoning, decision making, conceptual modeling techniques and methods. The important part of intelligent agent implementation is to find the conceptualization which is suitable to the current problematic situation. Despite all progress around autonomous intelligent agents, humans are much more flexible and creative in making the right conceptualizations. They seamlessly adapt to the situation at hand and filter out all irrelevant details, using multiple perspectives and representations for the same objects. This research makes assumptions that every intelligent agent dynamically creates its own ontology used to interpret local knowledge. The mappings are established with this local ontology and the ontologies of other agents when needed, in order to share and reuse knowledge. In the article a formal model of problematic situation in the context of decision-making operation is presented. Models used in decision making and their relationships are described. In the second part of the article we analyze the process of conceptualization selection and arrive to the conclusion that this selection is done on multiple levels, starting from selecting the communicating agent with relevant domain of expertise, selecting and aligning ontologies of agents, selecting patterns and patterns languages which better correspond to the situation and lastly, selecting the relevant interpretations of concepts and relationships. In the last part of article, the problem of the selection of relevant knowledge provider is solved, using modified TOPSIS method. The proposed approach and directions of research will help to add flexibility to conceptual modeling of problematic situations by intelligent agents.**

**Key words:** autonomous intelligent agent; conceptualization; ontology; decision making; problematic situation.