

МЕТОДИ ПОДАННЯ ТА ОПРАЦЮВАННЯ ЗНАНЬ У СИСТЕМАХ ЗІ СИТУАЦІЙНОЮ ОБІЗНАНІСТЮ

© Микіч Х. І., Буров Є. В., 2015

Розглянуто методи подання та опрацювання знань у системах зі ситуаційною обізнаністю. Наведено визначення та математичну формалізацію понять ситуації та ситуаційної обізнаності. Також проаналізовано комп'ютерний процес отримання ситуаційної обізнаності з використанням онтологій. Описано базову онтологію та архітектурні фреймворки для систем онтологічного моделювання.

Ключові слова: ситуація, ситуаційна обізнаність, базова онтологія, фреймворк.

In the article, the methods of representation and processing of knowledge in systems with situational awareness are described. The definitions of concepts and mathematical formalization of situation and situational awareness are discussed. Also, the process of getting situational awareness using ontologies is analyzed. We describe the core ontologies and ontological frameworks for modeling systems with situational awareness.

Key words: situation, situational awareness, core ontology, framework.

Вступ. Загальна постановка проблеми

Ситуаційна обізнаність (СО, англ. situation awareness – SAW) є важливою частиною когнітивної діяльності людини. Не дивно, що вона завжди була предметом досліджень у наукових галузях психології, когнітики, штучного інтелекту, теорії прийняття рішень, робототехніки, теорії систем, що базуються на знаннях.

Поняття ситуаційної обізнаності визначив під час Першої світової війни пілот та військовий тактик Освальд Бьолке (Oswald Boelke), який стверджував, що “важливо усвідомити обізнаність супротивника, перш ніж супротивник отримав аналогічні знання і винайшов спосіб досягти цього” [1]. Ідею поділу між розумінням стану системи людиною-оператором і фактичним станом системи покладено в основу сучасного визначення ситуаційної обізнаності. Ситуаційна обізнаність не отримувала багато уваги в технічній та науковій літературі до кінця 1980-х років, але з того часу стала актуальною темою досліджень.

Перші дослідження з ситуаційної обізнаності як складової системи підтримки прийняття рішень проводили для військових, авіаційних та інших складних людино-машинних систем для забезпечення діяльності операторів [2]. Власне в таких системах ціна можливої помилки є дуже великою, а оператору доводиться враховувати велику кількість факторів.

Ситуаційна обізнаність є ключовим елементом у системах підтримки прийняття рішень. Зокрема, у більшості випадків, якщо ситуацію правильно оцінено, то це автоматично визначає послідовність дій яку потрібно ініціювати [3]. Методи, що вирішують задачу ідентифікації проблемних ситуацій дають змогу формалізувати знання експерта про ознаки проблемних ситуацій, накопичувати та повторно використовувати досвід щодо прийняття рішень в аналогічних ситуаціях. Це дає змогу перевіряти правильність рішень в історичній перспективі, порівнюючи їх з аналогічними ситуаціями у минулому.

У сучасних умовах, що характеризуються дедалі більшими розвитком та впровадженням інтелектуальних систем, зокрема інтернету речей (IoT – Internet of things), завдання досягнення ситуаційної обізнаності модифікується з підтримки прийняття рішень оператором до забезпечення повністю автономного прийняття рішення інтелектуальною системою у динамічному середовищі.

Вирішення цієї задачі потребує, своєю чергою, поглибленого вивчення існуючих і розроблення нових принципів і методів формалізації знань про проблемні ситуації, моделей їх опрацювання, створення організаційного, інформаційного та програмного забезпечення, пов'язаних з підтримкою прийняття рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Ситуаційна обізнаність ґрунтується на поданні та аналізі ситуацій. Неможливо провести коректний аналіз та досягти розуміння поняття ситуаційної обізнаності без попереднього аналізу поняття ситуації.

Поняття ситуації проаналізували та формалізували Джон Бервайс та Джон Перрі у класичних роботах [4, 5]. Вони створили теорію ситуацій (Situation theory) у 80-х роках минулого століття як математичну теорію значень (семантична теорія), щоб підтримати науку про ситуаційну семантику (situation semantic) в аналітичному підході [6]. Розвиток цієї теорії сьогодні відбувається в результаті міждисциплінарних дослідних робіт, а саме когнітики, інформатики і штучного інтелекту, лінгвістики, логіки, філософії та математики. До ситуаційної теорії можна підходити з різних аспектів: або доведення і математичної строгості, або практичного використання. Теорія ситуацій є відомою математичною теорією значення (mathematical theory of meaning).

К. Девлін (K. Devlin) в [7] дослідив відношення між ситуацією та інформацією. За його словами, інформація завжди прив'язується до інформації про деяку ситуацію в теорії ситуацій. Це твердження ясно показує, що контекст інформації є ситуаційно-залежним і пояснює важливе місце теорії ситуації в семантичному і логічному аналізі інформації.

Відповідно до теорії ситуацій Бервайса інтелектуальний агент сприймає світ як набір ситуацій – наприклад, ситуація, в якій він знаходиться, ситуація, на яку посилається інший агент, ситуація, відображена в отриманому документі тощо. Отже, поведінка агента визначається та залежить від набору ситуацій. Неформально, ситуація – це певна обмежена область світу.

У цьому сенсі поняття ситуації є синонімом одного з розумінь терміна “контекст”. Так, Cambridge Advanced Learner’s Dictionary [8] наводить визначення, яке відображає це відношення:

Ситуація – це набір речей, які відбуваються, і умови, які існують у конкретному часі і місці. Контекст – це є ситуація, в якій щось існує чи відбувається.

Загальноприйнятим є подання ситуації як набору відношень. На реляційній природі ситуацій наголошено не тільки у теорії ситуацій Бервайса. Наприклад JDL модель [9] також визначає базову роль відношень для подання ситуацій і визначає процес досягнення ситуаційної обізнаності (Situation Assessment) як визначення та передбачення відношень між сутностями. Деякі автори [10] для аналізу ситуацій виділяють в окремий клас т.зв. базові відношення (часові та просторові) та визначають необхідність спеціальних механізмів для їх опрацювання.

Згідно з теорією Бервайса ситуації доцільно розглядати як фізичні або абстрактні об’єкти, допустимо також визначення типів ситуацій.

Для математичного подання ситуацій Бервайс запропонував інфони. Ситуація є об’єктом у теорії ситуації, що визначається набором інфонів (infons), які вона підтримує, де інфон (inphon) є теоретико-ситуаційним об’єктом, що містить відношення, відповідну кількість аргументів і позитивну або негативну полярності.

Інфони – це дискретні інформаційні елементи, що мають вигляд:

$$(R_i, a_{1i}, \dots, a_{ni}, p), \dots, ((R_j, a_{1j}, \dots, a_{kj}, p), \quad (1)$$

де R_i, R_j – відношення, значення p – полярність і a_1, \dots, a_n – відповідні об’єкти для R . Отже, ситуацію визначено як набір відношень. Полярність відображає істинність чи хибність інфону.

Для відображення відношення між даною реальною ситуацією s та її поданням у вигляді інфону σ , використовується відношення Підтримує (Supports). Наприклад, якщо s підтримує σ :

$$s \text{???} \sigma \quad (2)$$

Подальший розвиток класичного визначення поняття ситуації доцільно проводити у напрямку врахування залежностей між інфонами, нечіткості на неповноті знань про ситуацію.

Важливим є розроблення ефективних методів формалізації проблемних ситуацій як часткового випадку поняття загальної ситуації та їх ефективної ідентифікації.

Поняття ситуаційної обізнаності спочатку асоціювалося з діяльністю операторів технічних систем і її визначення відображали цей факт. Наприклад, Billings, C. E. (1995) визначив ситуаційну обізнаність як “абстракцію, яка існує в нашому розумі та описує явища, які ми спостерігаємо в людях, які працюють у складних та змінних середовищах” [11]. Багато авторів визначили ситуаційну обізнаність як здатність людини правильно реагувати на важливі інформаційні чинники [12–15].

Згодом дослідники виробили загальніше визначення ситуаційної обізнаності, яке з одного боку не обмежує її використання тільки агентом-людиною, а з іншого – визначає зміст та процес вироблення ситуаційної обізнаності. Так, класичне та загальноприйняте визначення ситуаційної обізнаності, розроблене Ендслі (Endsley), є таким: “Відслідковування елементів середовища у визначених просторово-часових межах, розуміння їх значення та прогнозування змін на найближче майбутнє” [16].

Інше визначення [3], що доповнює визначення Ендслі, вказує, що СО – це “постійне отримання інформації з середовища, інтеграція цієї інформації з попередніми знаннями для формування цілісної картини та використання цієї картини для керування подальшим отриманням інформації та прогнозування наступних подій”.

Наявність великої кількості наукових статей, присвячених проблематиці ситуаційної обізнаності, призвело до різного трактування значення цього терміна. Різні автори трактували СО як структурований набір даних, процес або продукт. Для того, щоб уникнути такої нечіткості, було запропоновано для процесу отримання ситуаційної обізнаності використовувати термін “Situation assessment” (оцінка ситуації), а для продукту цього процесу – термін “Situation awareness” (ситуаційна обізнаність) [16].

Критикуючи наявні визначення СО та наголошуючи на тому, що ситуаційна обізнаність є важливою частиною когнітивних процесів, Смит [17] визначає СО як “адаптивну, спрямовану назовні свідомість, що має свою базу знань про динамічне середовище і спрямована на виконання дій в цьому середовищі... Ситуаційна обізнаність, як ми визначили, є конкретним проявом адаптації. Адаптація – це процес, за допомогою якого агент передає свої знання і поведінку, щоб досягти мети, і регулюється умовами та обмеженнями.. це динамічна концепція, що існує на кордоні між агентом і його навколишнім середовищем”.

Формулювання цілі статті

Метою цієї роботи є аналіз існуючих методів та засобів подання та опрацювання знань про ситуаційну обізнаність та визначення напрямків їх розвитку із врахуванням задач побудови автономних інтелектуальних систем.

Виклад основного матеріалу

Для визначення складових СО та її місця у процесі вирішення когнітивних задач було розроблено низку моделей СО.

Ендслі [16] першою запропонувала загальну модель ситуаційної обізнаності в плані обробки інформації (рис.1) людиною-оператором. Вона припустила, що ситуаційну обізнаність можна поділити на три рівні, або етапи ментальної репрезентації.

Рівень 1 – сприйняття

Сприйняття сигналів є фундаментальним. Без базового сприйняття важливої інформації шанси на формування неправильної картини ситуації різко зростають. Джонс і Ендслі (Jones and Endsley) (1996) виявили, що 76 % помилок ситуаційної обізнаності пілотів зводяться до проблем сприйняття необхідної інформації (у зв'язку як з порушенням роботи системи чи з її недоліками, так і з проблемами когнітивних процесів).

Обізнаність із ситуацією на цьому рівні є сприйняттям людини, що приймає рішення про статус, атрибути та динаміку відповідних елементів у навколишньому середовищі (ситуація

прийняття рішення). Отже, цей рівень є найнижчим і базовим рівнем ситуаційної обізнаності. Досягнення рівня містить основні процеси виявлення інформації.

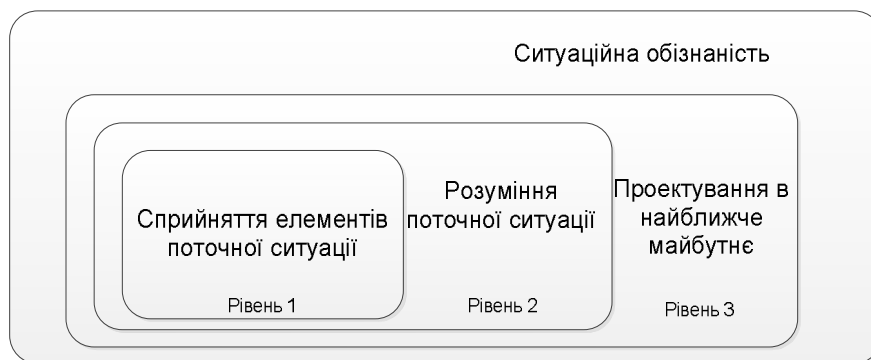


Рис. 1. Модель ситуаційної обізнаності

Рівень 2 – розуміння

Обізнаність із ситуацією як концепція виходить за межі простого сприйняття. Вона також охоплює те, як люди поєднують, інтерпретують та зберігають інформацію. Отже, вона містить більше, ніж сприйняття чи звернення уваги на інформацію, але також інтеграцію декількох частин інформації та визначення їх відношення щодо цілей людини. Це аналогічно високому рівню розуміння прочитаного порівняно із простим читанням слів.

Тобто, ситуаційна обізнаність – це є розуміння людини, що приймає рішення інформації, яка була сприйнята, тобто першого рівня. Рівень 2 досягається через розпізнавання, інтерпретацію та оцінку. Рівень 2 породжує повну картину навколишнього середовища.

Рівень 3 – проектування

На найвищому рівні оператори мають високий рівень розуміння ситуації і мають здатність прогнозувати майбутні події ситуації та динаміки системи. Ця здатність проектувати з поточних подій і динаміки, щоб передбачати майбутні події та їх наслідки і створює можливості для своєчасного прийняття рішень. У майже всіх областях (пілотування літаків, управління повітряним рухом, експлуатації електростанцій, медицини) було виявлено, що досвідчені оператори переважно покладаються на прогнози – це ознака кваліфікованого фахівця.

Модель синтезу даних (Data Fusion) було розроблено Об'єднанням директорів лабораторій даних Fusion Group, урядовою комісією Міністерства оборони США, що здійснює нагляд за військовою технікою США (the Joint Directors of Laboratories Data Fusion Group).

Метою цієї моделі було:

- групувати різні типи процесів синтезу;
- забезпечити загальні принципи побудови системи класифікації для обговорення злиття;
- полегшити розуміння тих типів завдань, для яких застосовується злиття даних;
- систематизувати збіги серед проблем;
- допомогти в розширенні попередніх рішень;
- забезпечити основу для інвестицій в автоматизацію.

Слід підкреслити, що модель було задумано як функціональну модель, а не як модель процесу чи як архітектурну парадигму. Характерною особливістю моделі синтезу даних є абстрагування від виконання операцій збирання даних, оцінки ситуації та прийняття рішення тільки агентом-людиною, що уможлиблює розгляд СО для систем людино-машинних та суто комп'ютерних агентів.

У 1988 році Вайт опублікував статтю, в якій було запропоновано модель синтезу даних [18]. В 1998 році Штейнберг, Боумен і Вайт (Steinberg, Bowman, and White) [19] розробили розширення для цієї моделі. Вони переглянули основні визначення моделі синтезу як концептуально, так і з погляду “рівнів”, які охарактеризовано у первинній моделі.

Розширена модель синтезу даних має такі рівні:

- Рівень 0: Сигнал/Функція оцінки – оцінка та прогнозування сигналу або функції стану;
- Рівень 1: Оцінка сутності – оцінка та прогнозування параметричної сутності та атрибутивного стану (тобто сутностей, що розглядаються як індивіди);
- Рівень 2: Оцінка ситуації – оцінка та прогнозування структури частин реальності (тобто відношення між сутностями та їх значення для станів пов'язаних сутностей);
- Рівень 3: Оцінка впливу – оцінка та прогнозування корисності/цінності сигналу, сутності або стану ситуації, зокрема прогнозованих впливів заданих системою альтернативних варіантів.
- Рівень 4: Оцінка роботи – оцінка та прогнозування продуктивності системи порівняно з заданим бажаним станом і показником ефективності.

Надалі досліджувати моделі ситуаційної обізнаності доцільно у напрямку деталізації процесів, що відбуваються на окремих рівнях, побудови їх моделей та на їх основі – розроблення методів ефективної реалізації як самих процесів, так і механізмів їх взаємодії. Деякі дослідження у цьому напрямку вже проводяться. Зокрема, у [20] розроблено принципи розбудови ситуаційної обізнаності на основі аналізу когнітивних задач персоналу. Для успішного функціонування системи, що реалізує ситуаційну обізнаність у певній предметній області, необхідно використовувати модель цієї області, що відображає знання про цю область. У ранніх реалізаціях систем підтримки прийняття рішень зі ситуаційною обізнаністю така модель існувала у неявному вигляді, була частиною програмного коду системи або ж була реалізована апаратно.

Для кращого розуміння складових моделі предметної області у СО було розроблено мовні засоби для формального подання СО. Так, у роботі [21], що ґрунтується на JDL моделі СО, запропоновано формалізацію СО на основі модифікованих мов UML, DAML та системи формальних методів Speswage. Вибір такого широкого набору засобів обґрунтовано тим, що кожен з цих засобів має свої унікальні можливості, використання яких у комплексі дає змогу побудувати потужний засіб для дослідження. Формалізація СО будується авторами ієрархічно з використанням таких етапів розширення:

- базові конструкції – числа, атрибути, впорядковані структури;
- підтримка часових параметрів та параметрів розташування;
- відображення потоків даних від сенсорів. Відображення відношень;
- підтримка перетворення потоків. Розбиття та з'єднання потоків;
- підтримка опрацювання ситуацій, під час якої потоки обирають залежно від виконуваного завдання.

Ситуаційна обізнаність є основною частиною другого рівня опрацювання у JDL моделі, але тільки в останні роки вона стала центром уваги щодо досліджень синтезу інформації. Як часто трапляється з новим напрямком дослідження, результати цих досліджень важко спочатку інтегрувати в єдину концептуальну структуру. Тобто, галузь ситуаційної обізнаності потребує єдиного підходу, який набуде якості загальної теорії для інтеграції результатів різних досліджень. Більше того, наявні тенденції розвитку інтелектуальних систем визначають потребу зміни фокусу дослідження від людино- машинних систем до повністю автономних інтелектуальних систем здатних орієнтуватися та приймати рішення у реальних ситуаціях. Переважно дослідження з СО, що проводили дотепер, мали на меті розроблення СО в системах з людиною – оператором і підтримка прийняття ним рішень. Ці дослідження базувалися на моделях та враховували особливості когнітивних процесів людини. Дослідження суто комп'ютерної ситуаційної обізнаності потребують інших моделей. Комп'ютерному процесу отримання СО, як і раніше, не вистачає систематичного опрацювання.

Тому необхідно розробити однозначні специфікації, проекти та реалізації процесів ситуаційної обізнаності. Однією з тенденцій цього напрямку, що став розвиватись останніми роками, є використання обчислень, що ґрунтуються на онтологічному моделюванні як парадигмі, на якій розвиваються процеси ситуаційної обізнаності з використанням комп'ютера.

Обізнаність у ситуації дає змогу агенту визначати значення інформації, яку він сприймає у високодинамічному середовищі і ділитися отриманими знаннями. Підходи SAW на основі онтологій полегшили роботу агентів, оскільки було розроблено онтології вищого рівня, що забезпечили загальний словник для спільних агентів і джерел інформації.

Зокрема, в роботі [22] зроблено спробу розробити формальну мову подання CO, яка була би зрозумілою для людини і водночас придатною для опрацювання комп'ютером. Автор розробив засоби для трансформації математичного опису ситуації з використанням інфонів у формальний онтологічний опис мовою OWL. Результатом роботи є онтологія теорії ситуацій (STO – Situation theory ontology), яка може відігравати роль спільної теорії для машинних систем з CO. Наведено приклади логічного виведення з використанням онтології STO.

З іншого боку, дослідники систем із ситуаційною обізнаністю зрозуміли, що в ситуаційній обізнаності існують сутності та відношення, які не залежать від предметної області та є спільними для усіх систем ситуаційної обізнаності. Для побудови об'єднавчої онтології CO, що може бути повторно використана для різних предметних областей, необхідно насамперед визначити такі спільні елементи та на їх основі побудувати базову (core) онтологію. В роботі [23] запропоновано базову онтологію та проаналізовано її виразність (expressiveness), а також продемонстровано її придатність для розширення шляхом введення нових сутностей та відношень. Автори [24] проаналізували відношення, що існують між об'єктами у ситуаціях предметної області керування дорожнім рухом з метою визначення залежностей. Відповідно до таких характеристик відношення як частота його використання та залежність від предметної області було визначено чотири типи відношень (рис. 2): базові (Primitive), провідні (Leading), ситуаційні (Situational), номінальні (Nominal). У роботі було показано, що складні, залежні від предметної області відношення можна подати як комбінацію базових відношень. Отже, власне базові відношення, зокрема часові та просторові, мають бути використані для побудови базової онтології CO.

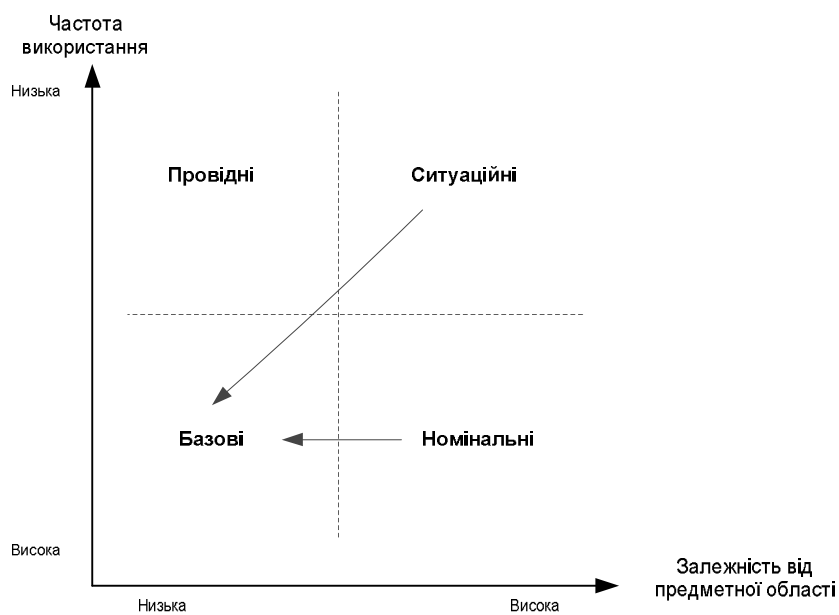


Рис. 2. Класифікація відношень

Норберт Баумгартнер [25] запропонував фреймворк для оцінювання та порівняння онтологій верхнього рівня з метою кращого розуміння різних підходів та виявлення відсутніх функцій. Зокрема, наявні онтології верхнього рівня було поділено на три категорії:

1. Верхній рівень подання ситуаційної обізнаності (top-level concepts of SAW), який був отриманий із загальних онтологій верхнього рівня. Цей рівень частково ґрунтується на роботах Сова (Sowa) [26] і використовується для деталізації верхнього рівня SAW. Ці онтології верхнього

рівня вибрано тому, що вони багато в чому узгоджуються із своїми характеристиками (наприклад, об'єкти є фізичними сутностями, ситуації співвідносяться з об'єктами).

2. СО-специфічна концепція (SAW-specific concepts), яка базується на ситуаційній теорії та JDL моделі злиття даних. Ситуаційна теорія, яка бере початок з області філософії, є формальним підходом для визначення сенсу інформації, в межах наявної ситуації. Ця концепція забезпечує розуміння характеристик СО.

3. Результати моделювання характеристик онтологій вищого рівня в межах проекту Сус та похідних від нього. Ці характеристики визначають, чи є онтологія універсальною і виразною.

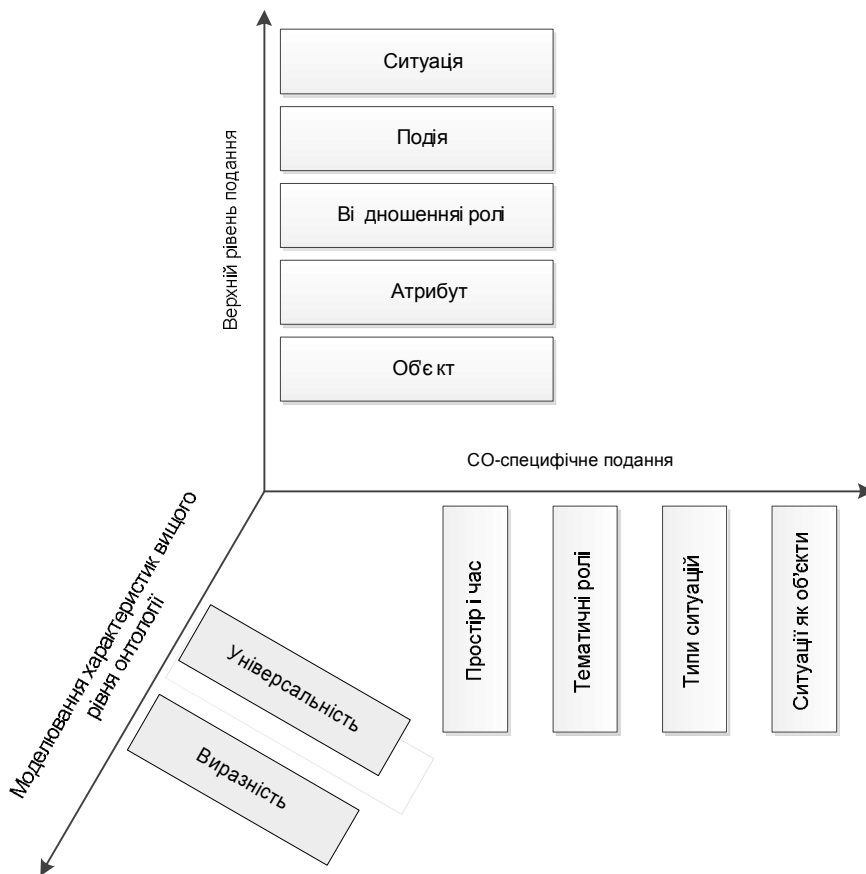


Рис. 3. Типи онтологій верхнього рівня для СО

У [25] розглянуто та порівняно чотири онтології вищого рівня, що походять з області ситуаційної обізнаності, а також підходи з області контекстної обізнаності (CAW).

Таблиця 1

Онтології вищого рівня

Назва онтології	Характеристика
SAWA (Situation Awareness Assistant)	Онтологія СО верхнього рівня; походить із військової галузі.
Situation Ontology	Онтологія СО верхнього рівня для мобільного комп'ютерного середовища.
SOUPA (Standard Ontology for Ubiquitous and Pervasive Applications)	Онтологія СО верхнього рівня для мобільного комп'ютерного середовища; частина контекстної архітектури брокера
CONON (Context Ontology)	Онтологія СО верхнього рівня для контекстно – залежних обчислень.

Результати порівняння онтологій наведено у табл. 2.

Результати порівняння онтологій СО

Верхній рівень представлення							SAW – спеціальне представлення				Моделювання характеристик онтологій вищого рівня	
Підхід	Об'єкт	Атрибут	Відношення і ролі	Події	Ситуація	Простір і час	Тематичні ролі	Типи ситуацій	Ситуації як об'єкти	Універсальність	Виразність	
												SAWA
Situation Ontology	□	□	-	-	++	-	-	-	+	-	-	
SOUPA	□	-	-	-	-	++	□	-	-	/	/	
CONON	□	-	□	-	-	-	□	-	-	/	/	

Таблиця 3

Умовні позначення

+	відповідає критеріям
□	частково відповідає критеріям або припускається, що відповідає критеріям
-	не відповідає критеріям
/	критерії не застосовуються

Отже, якнайкращим підходом до побудови онтології СО є підхід SAWA. Проте, деякі з вимог, не виконувани за цим підходом, наявні в інших підходах. Зокрема, підхід SOUPA щодо просторово-часового подання і можливості ситуаційної онтології для об'єднання ситуації явно є більш витонченим. Єдиною вимогою, яка не виконується жодним з підходів, є підтримка типів ситуацій. Що стосується модельних характеристик, виразність можна розглядати як складнішу характеристику, ніж універсальність. Ситуаційна онтологія зазнає невдачі щодо цих вимог, зокрема, через дуже звужений погляд на СО. SOUPA і CONON не вимагають контекстного зв'язку і ознайомлення із ситуацією; тобто їх не розглядали стосовно модельних характеристик.

Розвиток онтологічного моделювання у системах зі ситуаційною обізнаністю потребує підтримки базових параметрів ситуацій на рівні міжнародних стандартів. Потребують також дослідження формальні методи розроблення, валідації та оцінювання ефективності застосування онтологій у системах зі ситуаційною обізнаністю.

Архітектурні фреймворки систем зі ситуаційною обізнаністю

Застосування онтологічного моделювання для побудови систем зі ситуаційною обізнаністю вимагає вирішення цілого комплексу взаємопов'язаних задач, зокрема :

- визначення методів подання та використання знань з врахуванням особливостей конкретної предметної області;
- розроблення архітектури системи та визначення процесів взаємодії її компонент;
- розроблення програмних компонент системи та забезпечення визначеного рівня їх швидкодії.

Системи з ситуаційною обізнаністю реалізовано для предметних областей медицини, військової, керування авіаційним та автомобільним рухом [27–29]. У роботі [29] подано доволі

розвинений підхід до побудови системи з СО на прикладі задач галузі керування дорожнім рухом. Фреймворк BeAware! (рис. 4) передбачає використання онтології базового рівня, в якій реалізовано базові мереотопологічні відношення, розроблені у попередніх роботах авторів.

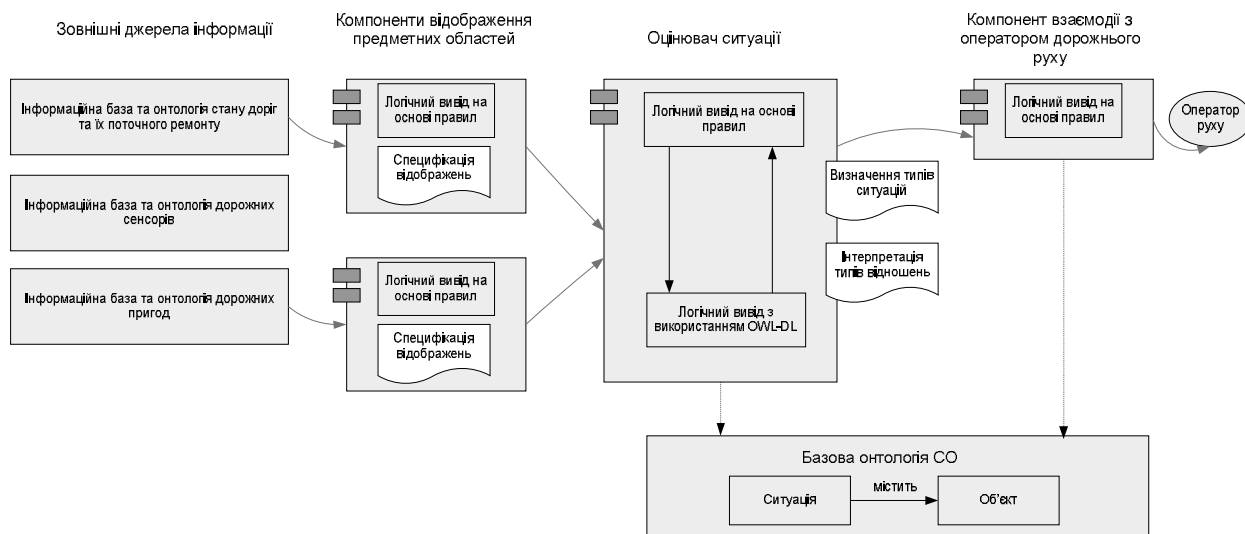


Рис. 4. Структура системи BeAware!

Базова онтологія СО та відповідна інформаційна база використовуються компонентами логічного виводу *Оцінювач ситуації* та *Взаємодія з оператором*. Обидва компоненти у своїй роботі використовують правила, а *Оцінювач ситуації* – ще й логічний вивід з використанням мов OWL та DL. Компонент *Взаємодія з оператором* безпосередньо генерує рекомендації для керування дорожнім рухом. Для забезпечення можливості вироблення коректних рекомендацій система взаємодіє та отримує відомості зі зовнішніх баз знань, що зберігають інформацію про стан доріг та поточні ремонти, оперативні дані з сенсорів дорожнього руху, відомості про дорожні пригоди. Кожна з цих баз знань використовує свою онтологію. Отже, у системі BeAware! додатково реалізують компоненти для відображення онтологій зовнішніх баз знань в онтологію системи. При цьому використовують як статичну специфікацію відображення, так і механізми логічного виведення за правилами. Крім онтологічного підходу, для реалізації систем з СО часто використовують машини станів та інтерпретовані системи. Зокрема, у роботах [30, 31] такий підхід застосовують для моделювання непевності та нечіткості у ситуаціях.

До систем зі ситуаційною обізнаністю ставляться жорсткі вимоги щодо швидкодії, адже вони працюють у режимі реального часу, і суттєва затримка у прийнятті рішень є недопустимою. Тому важливими і нетривіальними є питання проектування архітектури програмних засобів СО. В роботі [32] розроблено програмну архітектуру на базі архітектурних паттернів багаторівневості та “каналів та фільтрів” (pipes and filters). Ця архітектура забезпечила високу масштабованість та можливість повторного використання компонент.

Висновки та перспективи подальших наукових розвідок

Незважаючи на популярність наукового напрямку ситуаційної обізнаності та наявність великої кількості робіт, дослідження СО залишаються актуальними. Це пояснюється наявними тенденціями у системах підтримки прийняття рішень, розвитком автономних інтелектуальних систем прийняття рішень, розширенням потреб у ситуаційній обізнаності для таких галузей, як бізнес-аналітика тощо. Значну кількість проблем досліджено недостатньо. У кожній частині галузі систем зі ситуаційною обізнаністю існують невирішені проблеми та завдання, які потребують подальших глибоких розвідок. У результаті аналізу було визначено такі перспективні напрямки подальших досліджень у галузі інтелектуальних систем зі ситуаційною обізнаністю.

Подання даних та знань у СО. Незважаючи на те, що загальноприйнятим зараз є онтологічний підхід до подання знань, залишаються проблеми з поданням та опрацюванням часових та просторових даних та знань [29]. Зокрема, пропонується реалізувати підтримку часового параметра на рівні OWL або RDF. Вимагають подальшого вивчення питання систематичного підходу до створення, модифікації та розширення онтології у системах з СО. Недостатньо глибоко, на нашу думку, досліджено також питання формалізації відношень, їх опрацювання, збереження та перетворення. Адже ситуація має реляційну природу та визначається як набір відношень [6].

Врахування особливостей предметної області. Складність побудови систем з ситуаційною обізнаністю значною мірою впливає з динамічного характеру середовища, в якому працює система і необхідністю швидко виявляти зміни та реагувати на них. Більше того, користувачів системи, як правило, цікавить не тільки виявлення певного стану предметної області, але й тенденції зміни станів, процес руху до цих станів, пограничні та перехідні стани. Так, у роботі [29] запропоновано використовувати ідею “концептуального сусідства” та будувати відповідні графи, які відображають переходи між сусідніми станами ситуації.

Іншою проблемою, пов'язаною з предметною областю, є обмеженість, неповнота, нечіткість інформації про неї. У роботі [33] проаналізовано наявні класифікації неповноти та нечіткості інформації з метою виявлення місця різних видів неповноти у задачах ситуаційної обізнаності. У роботі [34] запропоновано використання нечітких графів для підтримання СО. Водночас завдання коректного ситуаційного оцінювання з врахуванням різних видів неповноти інформації ще не вирішене.

Проблеми вимірювання якості СО. Питання визначення якості СО було актуальним з самого початку розвитку систем з СО. У роботах [35–37] критерії якості СО визначено з врахуванням параметрів людини-оператора та її когнітивних процесів. Зрозуміло, що такий підхід не придатний для оцінювання якості СО в автономних інтелектуальних системах. Завдання теоретичного осмислення та побудови загального підходу до оцінювання якості СО в різних типах систем та проблемних областей потребує вирішення.

Спільне створення та використання знань про ситуації. Задачі ситуаційного оцінювання часто розглядають як збирання даних про певне середовище в інтересах особи, що приймає рішення [38]. Для збирання даних часто використовують багато різних агентів, що вимагає додаткового розв'язання задач узгодження та злиття даних, отриманих різними агентами [39]. Водночас відкритим залишається питання сумісного використання та поширення знань про ситуацію для зовнішніх організацій. Таке використання вимагає вирішення питань формування та реалізації політик та процедур доступу.

Ситуаційна обізнаність та контекстно-залежний комп'ютинг. Формування ситуаційної обізнаності є необхідною передумовою для організації контекстно- залежних обчислень, в яких виконувані дії залежать від стану середовища. В роботі [40] наведено приклад побудови контекстно – залежної системи підтримки прийняття рішень. У [41] описано контекстно-залежну програму, що враховує емоційний стан відвідувача музею та інші деталі поточного контексту. При цьому використовується онтологічний підхід до побудови ситуаційної обізнаності. Відкритим залишається загальнотеоретичне осмислення місця ситуаційної обізнаності в контекстно-залежному комп'ютингу.

1. Bölcke O. *An Aviator's Field Book* / Oswald Bölcke. –New York: Broadway, 1917. – 64 p.
2. Lagervik C. *A System Theoretical Approach to Situation Awareness: A holistic view of purposeful elements* / Charlie Lagervik, Madeleine Norstedt Larsson, Per M. Gustavsson // 9th International Conference on Information Fusion, Volume 1 of 4, Florence, Italy, 2006. – P. 9 – 16.
3. Durso F. *Situation awareness: Handbook of applied cognition* / Francis T. Durso, Scott D. Gronlund. – University of Oklahoma, 1999. – P. 283 – 314.
4. Barwise J, J. Perry. *Situations and Attitudes* / Barwise J, Perry J.- // *The Journal of Philosophy*, vol 78, no 11.- MIT Press, Cambridge MA, 1983.-P.668-691.
5. Barwise J. *Situations in logic* // CSLI lecture notes, no 18.-Leland university, 1988.-P.315.
6. Barwise J. *Situation Theory and Its Applications* / Jon Barwise // *Center for the Study of Language (CSLI)*, Vol. 26, 1991. – P. 631.
7. Devlin K. *Situation theory and situation semantics.*/ Devlin, Keith.// *Handbook of the History of Logic*, vol. 7, 2006. – P 601–664.
8. *Situation.* Cambridge dictionary online. – Access mode:

<http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/situation>. 9. Steinberg A. Rethinking the JDL Data Fusion Levels / Alan N. Steinberg, Christopher L. Bowman // *Nssdf Jhapl* № 38, 2004. – P. 1–18.

10. Baumgartner N. Towards a situation awareness framework based on primitive relations / N. Baumgartner, W. Retschitzegger // *Conference Proceedings of 2007 Information, Decision and Control, IDC, 2007*. – P. 291–295.

11. Billings C. E. Situation awareness measurement and analysis: A commentary / C. E. Billings // *Proceedings of the International Conference on Experimental Analysis and Measurement of Situation Awareness*. – Embry-Riddle Aeronautical University Press, FL.

12. Hartman B. Situational awareness is more than exceptional vision. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, Vol. 62, 1995. – P. 1084 – 1089.

13. Harwood K. Situational awareness: A conceptual and methodological framework / K. Harwood, B. Barnett, C. Wickens // *In Proceedings of the Psychology in the Department of Defense Eleventh Symposium (Tech. Report No. USAFA-TR-88-1)*. – Colorado Springs, CO: US Air Force Academy, 1988. – P. 316-320.

14. McMillan G. Report of the Armstrong Laboratory Situation Awareness Integration (SAINT) Team (Briefing Transcript) // *Situation Awareness: Papers and Annotated Bibliography (U)*. Armstrong Laboratory, Wright-Patterson AFB: OH, 1994.

16. Endsley M. Theoretical underpinnings of situation awareness: a critical review *Process More Data ≠ More Information* / M. Endsley, R. Mica // Edited by Array. Most, Vol. 301, 2000. – P. 3–32.

17. Smith. Situation awareness is adaptive, externally directed consciousness / Smith Kip and P. A. Hancock // *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. – Vol. 37.1, 1995. – P. 137–148.

18. White F. E. A Model for Data Fusion / F. E. White // *Proc. 1st National Symposium on Sensor Fusion, 1988*.

19. Steinberg A. N. Revisions to the JDL Model / Steinberg A. N., Bowman C. L., White F. E // *Joint NATO/IRIS Conference Proceedings*. – Quebec, 1998 and in *Sensor Fusion: Architectures, Algorithms, and Applications, Proceedings of the SPIE*, Vol. 3719, 1999. – P. 430–441.

20. Erbacher R. A multi-phase network situational awareness cognitive task analysis. // Erbacher R, Frincke D, Wong P. // *Information Visualization*, v.9, 2010.- P. 204–219.

21. Formalization of Situation Awareness / [Kokar M and other] // *In Proceedings of the Eleventh OOPSLA Workshop on Behavioral Semantics.- Citeseer, 2002*. – P. 1–15.

22. Kokar M. Ontology-Based Situation Awareness / Baclawski Kenneth, M Kokar, C Matheus, // *International Journal of Information Fusion*, Vol. 10, 2009. – P. 83–89.

23. Kokar M. A Core Ontology for Situation Awareness / Baclawski Kenneth, M Kokar, C Matheus, // *In Proceedings of Sixth International Conference on Information Fusion, Cairns, Australia, July 2003*. – P. 545-552.

24. Baumgartner N. Towards a situation awareness framework based on primitive relations / N. Baumgartner and W. Retschitzegger // *Conference Proceedings of 2007 Information, Decision and Control, IDC, 2007*. – P. 291 – 295.

25. Baumgartner N. A Survey Of Upper Ontologies For Situation Awareness / N. Baumgartner and W. Retschitzegger // *Knowledge Sharing and Collaborative Engineering (KSCE 2006)*, 2006. – P. 1 – 26.

Sowa J. *Knowledge Representation – Logical, Philosophical, and Computational Foundations/ John F. Sowa,- Pacific Grove, California, USA.- Brooks/Cole, 2000*. – P. 608.

27. Wright M. Objective Measures of Situation Awareness in a Simulated Medical Environment / Wright M. C, J. M Taekman, M. R Endsley // *Quality & Safety in Health Care*, Vol. 13 Suppl 1. – P. i65–i71.

28. Chmielewski M. Ontology Applications for Achieving Situation Awareness in Military Decision Support Systems / Chmielewski Mariusz // *Lecture Notes in Computer Science (including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, Vol. 5796 LNAI, 2009. – P. 528 – 539.

29. BeAware!-Situation awareness, the ontology-driven way / N. Baumgartner [and other] // *Data and Knowledge Engineering*, Vol. 69, 2010. – P. 1181 – 1193.

30. Joussetme A. Interpreted Systems for Situation Analysis / Joussetme Anne Laure, Patrick Maupin // *FUSION 2007 - 2007 10th International Conference on Information Fusion, 2007*.

31. Farahbod R. Integrating Abstract State Machines and Interpreted Systems for Situation Analysis Decision Support Design / Farahbod Roozbeh Uwe Glässer, Eloi Bosse, Adel Goutouni // *Proceedings of the 11th International Conference on Information Fusion, 2008*. P. 1566 – 1573.

32. Baumgartner N. A Software Architecture for Ontology-Driven Situation Awareness / Baumgartner N., W. Retschitzegger, W. Schwinger // *Proc. of the 23rd Annual ACM Symposium on Applied Computing*. – Fortaleza, Ceara, Brazil, 2008. – P. 2326–2330.

33. Joussetme A. Uncertainty in a Situation Analysis Perspective /A. Joussetme, P. Maupin, E. Bosse // *6th Annual Conference on Information Fusion, 2003*.

34. Gross G. A fuzzy graph matching approach in

intelligence analysis and maintenance of continuous situational awareness/ Gross Geoff, Nagi Rakesh, Sambhoos Kedar.// Information Fusion, v.18, 2014.- P. 43-61. 35. Endsley M. Measurement of Situation Awareness in Dynamic Systems. – Vol. 37, 1995. P. 65 – 84. 36. Measuring Situation Awareness in Complex Systems: Comparison of Measures Study / P. M. Salmon [and other] // International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 39, 2009. – P. 490 – 500. 37. Situation Awareness Measurement: A Review of Applicability for C4i Environments / P. M. Salmon [and other] // Applied Ergonomics, Vol. 37, 2006. – P. 225 – 238. 38. Modeling Shared Situation Awareness / S. Bolstad [and other] // Proceedings of the 14th Conference on Behavior Representation in Modeling and Simulation, 2005.39. Seppänen H. Developing shared situational awareness for emergency management / Seppänen H., Mäkelä J, Luokkala P, Virrantaus K// Safety science, v.35, 2013.- P.1-9. 40. Feng Y. Modelling Situation Awareness for Context-Aware Decision Support / Feng Yu Hong, Teck Hou Teng, Ah Hwee Tan // Expert Systems with Applications, Vol. 36, 2009. – P. 455 – 463. 41. Ontology Based Affective Context Representation / Ben, Kuderna-Julian, Anca Rarău, Marcel Cremene // Proceedings of the 2007 Euro American conference on Telematics and information systems EATIS 07, 2007. – P. 1.

УДК 004.9

В. В. Пасічник¹, О. І. Артеменко², І. В. Попик³

¹Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра інформаційних систем та мереж,

²Буковинський університет (м. Чернівці),
кафедра комп’ютерних систем і технологій,

³Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ЗОРІЄНТОВАНІ НА ПОТРЕБИ РІЗНИХ ГРУП ТУРИСТІВ

© Пасічник В. В., Артеменко О. І., Попик І. В., 2015

Проаналізовано дослідження та розробки в галузі геоінформаційних технологій для планування подорожі та супроводу різних груп туристів. Сформовано класифікацію геоінформаційних технологій та основаних на них застосунків для різних задач і потреб туристів. Обґрунтовано доцільність створення геоінформаційного застосунку комплексної інформаційної підтримки туриста поєднанням інтелектуальних технологій аналізу даних із функціональними можливостями геоінформаційних систем.

Ключові слова: туризм, геоінформаційні технології, турист, рекомендаційна система, мобільний застосунок.

In this paper an analysis of researches and development in information technologies for planning trips and in-travel support for various groups of tourists was provided. It allowed forming the classification of GIS and applications based on these different problems and needs of different groups of tourists. The necessitate for development of geographic information technology tools was proved to provide personalization, optimization and support for tourist in all phases of his travel using mobile technologies of combined with GIS functionality.

Key words: tourism, GIS technologies, tourist, recommendation system, mobile application.

Вступ. Загальна постановка проблеми

У туристичній галузі є доволі багато дослідницьких та прикладних задач, в процесі вирішення яких потрібно приймати рішення щодо взаємного положення об’єктів у просторі, прокладання туристичних маршрутів, визначення їх довжини та складності, вибору оптимального