

КОМП'ЮТЕРНА ТА МАТЕМАТИЧНА ЛІНГВІСТИКА

І. І. Завушак, Є. В. Буров

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

МЕТОДИ ОПРАЦЮВАННЯ КОНТЕКСТУ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

© Завушак І. І., Буров Є. В., 2017

Для управління процесом набуття знань та ефективного їх використання в інтелектуальних системах використовують контекстозалежні методи. Проаналізовано різні визначення контексту та узагальнено його властивості для системи з агентом, що приймає рішення. Наведено порівняння формальних моделей подання та опрацювання контекстозалежних даних, а також методів логічного виведення та розумування в інтелектуальних системах, що враховують контекст. Проаналізовано використання контексту в системах із ситуаційною обізнаністю. У роботі визначено головні завдання та нерозв'язані задачі контекстозалежного комп'ютингу в інтелектуальних системах.

Ключові слова: дані, знання, контекст, база даних, база знань, ситуація

Context-based methods represent an important part of toolkit used to build intelligent systems. In the article existent definitions of context for a system with a single decision making agent were discussed. Available formal models for context data representation and processing were compared. The approaches for different forms of reasoning within context were analyzed. Also the application of context awareness in systems with situation awareness is discussed. In the article unresolved problems and tasks in the domain of context aware computing are delineated.

Key words: data, knowledge, context, database, knowledge base.

Вступ та постановка проблеми

Володіння знаннями дає змогу розвиватися і досягати успіхів у розв'язанні задач інтелектуальними системами. На основі наявних знань у процесі аналітичного мислення з'являються нові висновки, завдяки чому набуваються нові знання. Процес створення знань можна назвати нескінченним, і важливу роль у ньому відведено накопиченню та передаванню здобутих знань.

Під час розв'язання задач та обміну інформацією між системами не всі дані визначаються явно – значна кількість може бути надана опосередковано. Такий, не безпосередній спосіб може бути реалізований через:

- Визначення релевантних до задачі **характеристик середовища**. Такими характеристиками можуть, наприклад, бути час, місце та інші обставини.

- **Неявні припущення та обмеження**, які заклали проектувальники системи.

- **Попередній досвід учасників**. Деякі факти, що використовуються для розв'язання задач, можуть мати кардинально іншу інтерпретацію, у випадку, якщо учасники мають певний специфічний досвід.

- **Попередні етапи процесу розв'язання задачі**. Приміром, використання займенників у мові майже повністю ґрунтується на цьому принципі.

Отже, розв'язання задач в інтелектуальній системі потребує правильного розуміння та використання неявних даних, інформації та знань [1]. Відсутність явного визначення та опрацювання контексту вважають однією з причин невдач у побудові інтелектуальних систем [2]. Задача створення контекстозалежних систем (context aware systems) набуває особливого значення у сучасних умовах завдяки розробці та поширенню автономних інтелектуальних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сьогодні поняття контексту використовується у лінгвістиці, робототехніці, інтелектуальних та мобільних системах. Водночас не існує спільного для цих галузей визначення контексту [3]. Окремі дослідження розглядають часткові випадки контексту або навіть його окремі властивості. Це призводить до різнобою у трактуванні та використанні контекстозалежних методів, неможливості повторного використання методів та моделей, створених для різних галузей і навіть для розв'язання задач однієї галузі. Тому доцільно проаналізувати наявні визначення та способи використання контекстних даних з метою виділення їх спільних рис та властивостей. Це уможливить однакове міждисциплінарне трактування поняття контексту та створення на його основі методів та засобів, які повторно використовують контекстні знання.

Енциклопедичні та словникові джерела дають таке визначення терміна “контекст”:

- Контекст – це “взаємопов'язані умови, в яких щось існує або відбувається” [4].
- “Ситуація, в якій щось існує або відбувається та яка може бути використана для пояснення цього” [5].
- “Набір умов або фактів, які визначають певну подію або ситуацію” [6].
- “Умови, які формують оточення для події, речення або ідеї та надають терміни для їх розуміння” [7].
- У [8] контекст визначено як “довільну інформацію, яка може бути використана для характеристики певної сутності”.

Отже, загальне розуміння поняття “контекст” передбачає наявність центрального об'єкта *Agent* (який також може бути мультиагентною системою або об'єктом) та зовнішнього світу (*World*). Частина зовнішнього світу, яка використовується для зрозуміння об'єкта або прийняття рішення агентом, є контекстом (*Context*) (рис. 1.) Контекст містить сам об'єкт. Зміст контексту визначається характеристиками об'єкта, а також цілями та обмеженнями, визначеними для агента. Тому контекстозалежна система *SysContext* є трійкою:

$$\text{SysContext} = (\text{Agent}, \text{World}, \text{Context})$$

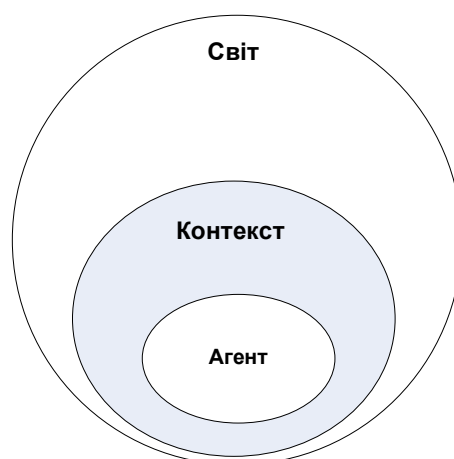


Рис. 1. Об'єкт, контекст та зовнішній світ

Контекст зменшує простір, у якому здійснюється пошук потрібної інформації у разі розв'язання задач із неповними або недостовірними вхідними даними. Тому важливим з

практичного погляду є вирішення завдання визначення мінімального обсягу контекстної інформації, яка необхідна для розв'язання поставлених перед агентом задач.

Формулювання цілі статті

Метою цієї роботи є аналіз відомих методів та засобів подання й опрацювання контексту та визначення напрямів їх розвитку з урахуванням задач побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень.

Враховуючи тісний зв'язок між контекстозалежними системами та системами, основанийими на знаннях, у роботі спочатку буде розглянуто поняття “контекст”, види та властивості контексту, надалі проаналізовано формальні методи подання та опрацювання контексту. В третій частині розглянемо та проаналізуємо застосування розумування (reasoning – результат роздумів, погляди, переконання) та логічного виводу для контекстного комп'ютингу. В останній частині розглянемо зв'язок опрацювання контексту із задачею формування ситуаційної обізнаності.

Виклад основного матеріалу. Опрацювання знань у контекстозалежних системах, види та властивості контексту

На практиці контекстозалежна система не сприймає світ напряму, а опосередковано, отримуючи та аналізуючи інформацію з багатьох джерел. Такими джерелами, наприклад, є сенсори, бази даних та знань, пам'ять. Сприйняття та опрацювання контекстних даних відбувається в межах та засобами інтелектуальної системи з використанням наявних знань про закономірності та залежності предметної області, попередні етапи роботи системи [9].

Знання, зокрема, використовуються для семантичної інтерпретації даних сенсорів, опрацювання отриманої у результаті інформації та формування нової інформації та знань.

З іншого боку, знання часто є контекстозалежними, тобто правильними тільки у визначеному контексті. Тому не дивно, що у потужних експертних системах, таких як СYC [10], логічні правила істинні або хибні тільки для певного визначеного контексту. Важливою проблемою інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень є визначення релевантності знань – тобто пошук знань, які доцільно використовувати у наявному контексті.

У [11] розрізняють знання про порядок виконання задачі (know how) та знання предметної області (know that), глибокі знання та поверхневі знання (deep and surface knowledge), процедурні та декларативні знання, явні та неявні знання. Відповідно до цих форм знань визначено [11]

- процедурний контекст (proceduralized context) як форму контекстних знань, яка необхідна для розв'язання конкретної задачі;

- контекстні знання (context knowledge) як неявні знання про особливості предметної області.

Змінність знань про середовище відображена у поняттях статичного та динамічного контексту. Зокрема:

- статичний контекст містить знання, які не змінюються в ході взаємодії об'єктів. Вони відповідають знанням про предметну область;

- динамічний контекст описує мінливу частину знань. Динамічний характер контексту проявляється під час його використання об'єктами контексту, наприклад, під час вирішення завдання [12].

Визначення та властивості контексту, наведені у [1, 2, 13], розглядають контекст, що виникає в результаті взаємодії об'єктів. Однак таке визначення не дає відповіді на питання: чим зумовлено вибір об'єктів, що взаємодіють, чому та як контекст змінюється у часі. У підході, що розглядає контекст агента, прийнятий у цій статті, ключовим є контекст агента, його властивості та поставлені перед ним задачі. Власне вони визначають раціональну поведінку об'єкта у певному оточенні. Вибір елементів оточення у контексті визначається їх важливістю та впливом на задачі, які розв'язує агент [14]. Головні властивості контексту наведено у табл. 1.

Властивості контексту

№ з/п	Властивість	Наслідок
1	Контекст визначає агент	Контекст містить самого агента та частину оточення, яка є релевантною для набору задач, що розв'язує агент
2	Загальний контекст, який виникає під час виконання завдання агентом, містить контексти об'єктів, релевантних для розв'язання задач	Розгляд контекстів агента та безпосередньо релевантних об'єктів дає змогу обмежити кількість об'єктів, що опрацьовує система. Водночас, якщо розглядати контексти об'єктів, пов'язаних з релевантними об'єктами, то розмірність задачі може зрости
3	Контекст є безмежним. Повністю визначити його неможливо [12]	Якщо враховувати контексти всіх опосередковано залежних об'єктів, то контекст розширюється та охоплює увесь світ. Складність опрацювання такого контексту зростає відповідно. Отже, важливим є обмеження розміру контексту мінімально необхідним для розв'язання поставлених задач та розроблення ефективних методів контекстного пошуку
4	Якщо розглядається контекст системи з декількох агентів, то існує спільний для них контекст	Цей спільний контекст доцільно розглядати, враховуючи цілі різних об'єктів, що взаємодіють, тобто з різних перспектив, які можуть відрізнятися
5	Контекст під час розв'язання задач агентом може змінюватися	У результаті таких змін об'єкти змінюють свою релевантність
6	Контекст містить неявні знання та інформацію	Ця властивість має два наслідки: 1) якомога більше контекстної інформації повинно бути представлено в явному вигляді; 2) використання історії отримання та змін контексту дає змогу виводити новий контекст на підставі раніше використовуваних контекстів
7	Контекст може описувати як відносини між елементами абстрактних моделей, так і конкретні екземпляри цих абстракцій	Ця властивість має як наслідок можливість створення з поточного використововуваного контексту абстрактного контексту, який надалі можна конкретизувати для інших умов. Процес створення абстрактного контексту називають деконтекстуалізацією

Багато з наявних контекстозалежних систем зосереджуються на опрацюванні процедурного контексту, тоді як завдання ефективного використання глибоких, контекстних знань для розумування та логічного виведення залишається не вирішеним.

Формальні методи подання та опрацювання контексту

Вибір формального методу подання та опрацювання контексту великою мірою визначається набором задач, які розв'язує інтелектуальна система, способами подання та опрацювання знань у ній. Історично, на перших етапах розвитку контекстозалежних систем переважали підходи на основі логіки предикатів та продукційних правил. Сьогодні найпопулярнішими методами подання та опрацювання контексту є методи онтологічного інжинірингу.

У роботі [15] подано головні вимоги до формальних моделей подання та опрацювання контексту. Такими вимогами є:

- релевантність (applicability) – можливість застосування моделі контексту для конкретної предметної області та задачі;
- можливість коректного порівняння даних. Сенсори, які надають контекстну інформацію, часто мають різні схеми кодування, можлива різна інтерпретація цих даних;
- відстеження змін. Для коректної інтерпретації контекстних даних необхідно знати походження усіх даних та усі зміни, здійснені з ними;

- визначення якості інформації та можливого рівня помилок, отриманих від різних джерел інформації, рівень довіри до джерел;
- можливість логічного виведення та інших переконань

Моделі “ключ-значення” надають контекстну інформацію для інтерпретації певних змінних у вигляді змінних оточення (environment variables). Наприклад, такі змінні можуть містити поточне розміщення, ідентифікатор користувача, вимоги до форматування інформації на сторінці тощо. Моделі “ключ-значення” широко застосовують у програмних системах, вони прості у використанні та налаштуванні, але не структуровані, що унеможливорює побудову ефективних систем керування контекстом [16].

Мови розмітки використовують для подання контекстної інформації ієрархічні структури тегів розмітки з їх атрибутами та змістом. Зміст тегів часто визначається рекурсивно іншими тегами. Документами, що специфікують використання цього класу контекстних моделей, є різноманітні профілі, зокрема, *Composite Capabilities / Preferences Profile (CC/PP)*, *Comprehensive Structured Context Profiles (CSCP)*, *Pervasive Profile Description Language (PPDL)* та інші. В них визначено ієрархії пар компонент–атрибут для конкретних сфер використання. Мови розмітки та профілі дають змогу визначити елементи контексту для певного кола задач, але вони не відображають закономірності та залежності, що існують у предметній області.

Найвідомішим представником **графічних та об’єктно-орієнтованих** форм подання контексту є UML (Unified Modeling Language) та його контекстне розширення ORM (Object Role Modeling). ORM та його розширення використовують для подання фактів предметної області та фактів, залежних від них. UML та ORM застосовують для проектування структури баз даних та документування залежностей у предметній області. Водночас вони непридатні для побудови складних моделей та алгоритмів опрацювання контекстної інформації та не підтримують ієрархічну структуру фактів.

Контекстна логіка застосовується до контексту, що визначається як набір аксіом. Ця логіка є розширенням логіки першого порядку, за якою аксіоми розглядають як правильні чи неправильні в межах деякого контексту. Контекст задається формальним об’єктом і відношенням $ist(c, p)$, де c – контекст, p – аксіома.

Відношення $ist(c, p)$ декларує, що аксіома p правильна в контексті c . Управління контекстом здійснюється за допомогою аксіом, які переносять з одного контексту в інший. Переміщена аксіома в новому контексті повинна мати ті самі умови істинності, які мала в оригінальному контексті [13].

Пропозиціональні висловлювання – вищезазначені аксіоми, виражені пропозиціями, застосовуються для формалізації контекстів у багатоконтекстуальній базі знань Сус [17]. Відповідно до відношення $ist(c, p)$ контекст визначається як узгоджена множина пропозиціональних висловлювань. Область дії контексту визначається множиною об’єктів, умов тощо, для яких висловлювання про них правильне. Між контекстами встановлені ієрархічні відносини, що дають змогу формувати контексти різної глибини деталізації. Управління контекстом здійснюється за допомогою процедур, що виконують логічний висновок висловлювань, описаних у загальних контекстах, у спеціалізованих контекстах.

Система правил – використовується для контекстів, що описують структуру знань. Формалізм системи правил подає структуру знань пакетами правил. Використовується подання на рівні правил і на рівні бази знань. Подання на рівні правил управляється виразами фільтрації.

Подання на рівні баз знань розділяє базу знань на множини окремих невеликих баз, керованих безпосередньо правилами, що викликають пакети правил у частині “then”, або ітераціями між пакетами правил для обміну інформацією. Недоліками систем на основі правил є відсутність цілісної моделі предметної області, фрагментованість пакетів правил та складність їх узгодження та супроводу.

Найживанішим формальним засобом подання контексту сьогодні є **онтології**. Онтологія як формальна концептуалізація певної предметної області дає змогу визначити концепти цієї області та відношення між ними. Таке визначення уможливорює єдине розуміння та спільне використання

знань різними контекстоорієнтованими застосуваннями [18]. На відміну від онтології предметної області, **контекстна онтологія** визначає об'єкти та відношення, релевантні для задачі, що розв'язує агент у цей момент часу [13].

З погляду способу подання контексту він повинен бути описаний стандартизованими способами, що забезпечують незалежність способу подання від платформи. Модель подання знань повинна підтримувати операції зі створення контексту й управління ним. У контекстну онтологію входять:

1. Концепти та їх властивості, що представляють об'єкти, залучені в ситуацію, в якій перебуває агент.
2. Релевантні до ситуації відношення, що пов'язують ці концепти та їхні властивості.
3. Фундаментальні обмеження на ситуацію.

Контекстна онтологія є частиною загальної онтології. Обмеження розміру контекстної онтології спрощує розумування та прийняття рішення у контексті.

Зміст та структура контекстної онтології змінюються в процесі функціонування інтелектуального агента, тому що змінюються середовище та поточні задачі, які розв'язує агент. Для таких динамічних контекстів на кожному кроці доводиться вирішувати завдання побудови контекстної онтології. При цьому часто використовують як загальну онтологію предметної області, так і інші онтології. У [13] проаналізовано такі методи та формалізми для динамічного визначення контекстної онтології.

- Алгебра онтологій [19]. Контекстна онтологія будується на основі декількох вихідних онтологій. Розроблена алгебра підтримує операції вибірки, об'єднання, перетину та визначення різниці онтологій.

- Об'єднання онтологій. Контекстну онтологію отримують як результат об'єднання частин різних онтологій, релевантних ситуації, в якій перебуває агент. В результаті такого об'єднання отримують несуперечливу онтологію.

- Відображення онтологій. Цей підхід використовують для інтеграції різнорідних джерел інформації та знань та головної онтології, зокрема у системі Сус [17].

У роботі [9] контекстна онтологія будується на основі поточного стану агента як центрального об'єкта ситуації на основі наявних фактів-відношень.

Крім побудови контекстної онтології, для задач контекстозалежного прийняття рішень важливо виявити та формалізувати контекстні залежності у формальній моделі. Власне контекстні залежності, подані ланцюжком взаємоз'язаних фактів, дають змогу знайти значення конкретного параметра у контексті, який використовується для прийняття рішення. Метод подання та використання контекстних залежностей як ланцюжків концептів та фактів запропоновано у [9].

Для розв'язання задач контекстозалежного комп'ютингу розроблено низку онтологій. Найвідомішими з них є SOUPA, CONON, ConOnto, ConOL, mySAM, ASC та інші. У роботі [15] визначено головні критерії для порівняння онтологій, які значною мірою стосуються якості онтології взагалі, а не тільки розв'язання контекстних задач. Такими критеріями є стандартизація, гнучкість та можливість розширення, загальність, гранульованість, цілісність, повнота, відсутність надлишковості, масштабованість, використання формальних мов.

Отже, в галузі формальних методів подання та опрацювання контексту нерозв'язаними залишаються задачі розроблення ефективних методів динамічного визначення релевантних контекстних онтологій, аналізу контекстних залежностей, урахування нечіткості та ненадійності контекстної інформації.

Застосування логічного виводу та розумування у процесі опрацювання контексту

Використання знань у контекстозалежних системах передбачає застосування формальних моделей предметної області та логічне виведення для формування нових фактів та знань на основі контекстної інформації. Ці факти, своєю чергою, використовують для підтримки прийняття рішень.

Важливим виміром для порівняння різних форм розумування є його глибина, яка визначається за обсягом та складністю інформації з бази знань, яку використовують під час

розумування. Так, опрацювання процедурного контексту, як правило, неглибоке, тому що розглядають невеликий, наперед відомий набір об'єктів, які використовують для розв'язання конкретної задачі. У задачах, що працюють із контекстними знаннями, ступінь опрацювання інформації глибший та використовується модель предметної області.

У [20] подано класифікацію різних методів розумування залежно від обсягу та складності опрацювання знань в них. Ці методи узагальнено та доповнено у табл. 2, у якій також наведено переваги, недоліки та сфери використання різних методів подання та опрацювання контекстних даних.

Таблиця 2

Форми подання контексту для розумування

№ з/п	Форма подання	Сфера використання	Переваги	Недоліки
1	Моделі “Ключ–значення” та мови розмітки	Перевірка виконання простих обмежень, верифікація	Простота, не потребують суттєвих обчислювальних ресурсів	Обмежене коло задач
2	Моделі на базі продукційних правил	Експертні системи	Можливість використання для розв'язання складних задач	Відсутність цілісної моделі предметної області. Складність узгодження правил та контекстів їх використання
3	Моделі на базі графів	Моделювання контекстних залежностей між даними	Формування моделі контекстних залежностей між даними	“Плаский” характер моделі
4	Використання онтологій	Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень	Подання ієрархічної моделі предметної області. Використання дескрипційної логіки для розумування	Впливають з обмежень дескрипційної логіки
5	Моделі глибокого розумування	Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень	Отримання нових фактів та знань, глибоке опрацювання знань	Великі потреби в обчислювальних ресурсах. Погана масштабованість

Зокрема, прості моделі “Ключ–значення” та мови розмітки, такі як XML або HTML, використовують контекстні дані для додавання інформації про елемент коду. Цю інформацію використовують браузері для відображення та верифікації даних. Такі прості моделі не можуть бути покладені в основу складних інтелектуальних систем, тому що обмежені правилами та синтаксичними та семантичними можливостями конкретної мови.

Моделі на базі продукційних правил дають змогу відображати складніші ситуації й застосовуються у складних експертних системах, наприклад, для медичної діагностики. Використання контекстних даних у них істотно ускладнює систему, оскільки потребує врахування правильності наборів правил у межах визначених контекстів. Недоліком систем на базі правил є відсутність цілісної моделі предметної області, складність узгодження правил та контекстів.

Графові моделі, зокрема ORM (Object Role Model), розроблено для відображення контекстних залежностей під час проектування схем баз даних. Вони дають змогу наочно відобразити контекстні залежності. Недоліком графових моделей є “плаский” характер моделі, відсутність підтримки ієрархій концептів та успадкування властивостей.

Моделі на базі онтологій сьогодні найпопулярніші для подання та опрацювання контекстних даних. Онтологія дає змогу сформулювати формальну ієрархічну концептуальну модель предметної області та виконати операції логічного виведення, основані на використанні дескрипційної логіки. Контекст часто подають як онтологію або частину онтології [18]. Недоліки використання онтологічного підходу для контекстозалежного розумування випливають з обмеженого кола задач розумування, які підтримує дескрипційна логіка. До таких задач зараховують:

- перевірки належності до певного об'єкта;
- для наслідування властивостей від інших об'єктів;
- перевірки відношення узгодженості;
- побудови нових концептів за допомогою конструктора аксіом.

Моделі глибокого розумування суміщають різні форми розумування, зокрема причинно-наслідкове, ймовірнісне, або розумування, основані на модальних, немонотонних або абдуктивних логіках.

Ще одним напрямом розвитку розумування у контексті є реалізація багаторівневого розумування. У [20] розглянуто використання первинного контексту для попереднього обмеження кола пошуку та вторинного контексту – для глибшого пошуку у визначеному на попередньому кроці наборі документів.

Спільним недоліком використання моделей глибокого розумування для опрацювання контекстних даних є значні витрати обчислювальних ресурсів. Такі моделі погано масштабуються у разі зростання кількості фактів, які потрібно ввести у контекст задачі. Важливим, отже, є зменшення розмірності задачі за рахунок попереднього визначення релевантних для задачі глибокого розумування концептів.

Використання контексту в системах із ситуаційною обізнаністю

Поняття контексту має багато спільного з поняттям ситуації, яке визначено у [20]: “Факти, умови та події, що на впливають когось (на щось) у визначеному часі та місці”. В українському академічному тлумачному словнику поняття ситуації визначають через поняття становища: ситуація – це “сукупність умов і обставин, що створюють певне становище, викликають ті чи інші взаємини людей”, а становище – “Ті чи інші обставини, умови, в яких хто-, що-небудь перебуває” [15].

Наукові джерела визначають ситуацію як набір залежних просторово-часових фактів. У класичних роботах з теорії ситуацій терміни “ситуація” та “контекст” вважають синонімами.

Задача використання контекстозалежних знань для формування раціональної поведінки інтелектуального агента потребує формування у нього ситуаційної обізнаності. Ситуаційна обізнаність ґрунтується на сприйнятті навколишнього середовища і ситуації навколо них на певний момент [18].

Ситуаційна обізнаність є ключовим елементом у системах підтримки прийняття рішень. Зокрема, здебільшого, якщо ситуацію правильно оцінено, то це автоматично визначає послідовність дій, яку потрібно ініціювати. Методи, що розв'язують 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. Коректна ідентифікація ситуації передбачає вирішення завдання виявлення та врахування контекстних залежностей.

Розв'язання цієї задачі потребує, своєю чергою, поглибленого вивчення наявних і розроблення нових принципів і методів формалізації знань про контексти у проблемних ситуаціях, моделей їх опрацювання, створення організаційного, інформаційного та програмного забезпечення, пов'язаних з підтримкою прийняття рішень у контекстозалежних системах.

Важливим завданням галузі ситуаційної обізнаності є дослідження контексту на різних стадіях JDL моделі досягнення ситуаційної обізнаності. Так, у роботі [19] запропоновано використовувати рівні для визначення просторового контексту, які відповідають загальній моделі

JDL, а у статті [21] фреймворк ситуаційної обізнаності для завдання профілактики нещасних випадків. Водночас задача дослідження контекстних залежностей для загального випадку контексту залишається не розв'язаною.

Висновки

Узагальнене визначення поняття контексту на підставі вищенаведеного зводиться до того, що контекст описується надзвичайно великою кількістю термінів та застосовується в різних сферах. Розглянувши визначення контексту з різних позицій, можна сказати, що, незважаючи на галузь застосування, контекст – це дані та знання, актуальні в певний момент часу і значущі для вирішення конкретного завдання. Зокрема, використання контексту в Інтернеті явно підвищує ефективність пошуку в мережі. У розділі штучного інтелекту, пов'язаному з роботою із базами знань та онтологіями, контекст звужує області баз даних або баз знань, формуючи області зі значущою у певній ситуації інформацією. Контекст є засобом для управління базами знань, що дає змогу уникати надмірності й оптимізувати вилучення знань. Якщо розглядати контекст з погляду лінгвістики, у мові, як і в міжособистісному спілкуванні, інтерпретація уривку тексту, мови або виразу залежить від того, що було сказано (малося на увазі) до і після.

Орієнтація прикладної програми на використання контексту дає змогу, не впливаючи безпосередньо на логічний висновок, обмежити його тільки значущими для цього контексту правилами або процедурами. Контекст є засобом для управління базами знань, що дозволяє уникати надмірності й оптимізувати вилучення знань. Подання контексту в формалізованому вигляді дає можливості на підставі інтерпретації контексту надавати користувачеві пояснення про дії програми, вибране рішення, висунуту гіпотезу тощо. Отже, з погляду прикладної програми, контекст дає змогу ефективніше використовувати ресурси середовища, в якому функціонує система. З погляду користувача контекст надає йому дійсну, релевантну і доступну для вирішення його завдання інформацію.

Незважаючи на актуальність галузі контекстозалежного комп'ютингу, залишається ще багато напрямів досліджень та задач, що потребують розв'язання.

Стосовно розроблення **методів подання та використання контексту** актуальним є розроблення методів, перевагою є ефективне використання як процедурного контексту, так і контекстних знань залежно від конкретної ситуації. Для динамічних систем важливо відстежити статичну та динамічну складову контексту, щоб зменшити розмірність задачі його опрацювання. Нерозв'язаними залишаються задача визначення релевантності контекстних елементів та розроблення методів ефективного подання та пошуку елементів у контексті.

В галузі **розумування у контексті** важливим є розроблення ефективних методів глибокого розумування, зокрема підтримка причинно-наслідкового розумування. Необхідно вирішити проблему великої ресурсоемності задачі розумування. Одним з можливих шляхів досягнення цієї мети є розроблення методів ефективного використання багаторівневого контексту.

Моделювання **контекстних залежностей у системах з ситуаційною обізнаністю** є перспективним напрямом контекстозалежного комп'ютингу. Не вирішене завдання дослідження контекстних залежностей на всіх стадіях моделі JDL, визначення особливостей їх застосування.

Перспективним напрямом залишаються **дослідження контексту для неповно визначених, нечітких, ймовірнісних даних**, адже власне такі дані найчастіше використовують на практиці. Також актуальним є розроблення методів **використання контекстних даних** у задачах підтримки прийняття рішень **для різних предметних областей** з урахуванням їх структурних особливостей та розв'язуваних задач.

1. Bazire M., July. *Understanding context before using it* / Bazire, M., Brézillon P // *Proceedings of International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using Context*. – Springer Berlin Heidelberg, 2005. – P. 29–40. 2. Brezillon P. *Context in Artificial Intelligence: I. A Survey of the Literature* / Brezillon P. // *Computer & Artificial Intelligence*. – 1999. – No. 4 – P. 321–340. 3. Chen, Guanling, and David Kotz. *A survey of context-aware mobile computing research* / Chen, Guanling, and

David Kotz // Technical Report TR2000-381, Dept. of Computer Science, Dartmouth College. Vol. 1. No. 2.1. – 2000. 4. Context. Retrieved 1 Dec. 2016 from <http://www.merriam-webster.com/dictionary/context>. 5. Meaning of “context” in the English Dictionary. Retrieved 1 Dec. 2016 from <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/context>. 6. Context. Retrieved 1 Dec. 2016 from <http://www.dictionary.com/browse/context>. 7. Context. Retrieved 1 Dec. 2016 from <https://en.oxforddictionaries.com/definition/context>. 8. Dey A. K. Understanding and Using Context / Dey A. K. // *Personal and Ubiquitous Computing*. – 2001. – No. 1. – P. 4–7. 9. Буров Є. В. *Опрацювання контексту у когнітивній інформаційній системі, керованій моделями* / Буров Є. В. // *Східно-Європейський журнал передових технологій*. – Харків: Технологічний центр. – 2010. – No. 1/7(43). – С. 40–47. 10. Brezillon P. Context in Artificial Intelligence: II. Key Elements of Contexts / Brezillon P. // *Computer & Artificial Intelligence*. – 1999. – No. 5. – P. 425–446. 11. Pomerol J.-Ch. About Some Relationships between Knowledge and Context / Pomerol J.-Ch., Brézillon P. // *Modeling and Using Context (CONTEXT-01)*, Dundee, Scotland. Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag. – 2001. – P. 461–464. 12. Steinberg N. Adaptive Context Discovery and Exploitation / Alan N. Steinberg and Christopher L. Bowman // *Information Fusion (FUSION)*, 16th International Conference. – 2013. – P. 2004–2011. 13. Смирнов А. В. *Модели контекстно-управляемых систем поддержки принятия решений в динамических структурированных областях* / А. В. Смирнов, Т. В. Левашова, М. П. Пашкин // *Труды СПИИРАН*. – 2009. – № 9. – С. 116–147. 14. Steinberg N. Adaptive Context Assessment and Context Management / Steinberg N, Christopher L. Bowman, Gary Haith, and Erik Blasch // *Information Fusion (FUSION)*, 17th International Conference. – 2014. – P. 1–8. 15. Krummenacher R., *Ontology-Based Context Modeling* / Krummenacher and Strang // *Ieice Transactions On Information And Systems*. – 2007. 16. Strang, T. A Context modeling survey / Strang, Thomas, and Claudia Linnhoff-Popien // *Workshop Proceedings*. – 2004. 17. What is Cyc? / Cycorp, Inc. Retrieved 11 Oct. 2016 from: <http://www.cyc.com/cyc/technology/whatis-cyc>. 18. Winograd T. Architectures for Context // *Human-Computer Interaction*. 2001. Vol. 16. P. 2–3. 19. Wiederhold G. An Algebra for Ontology Composition / Wiederhold G // *Proc. 1994 Monterey Workshop on Formal Methods*. U. S. Naval Postgraduate School, Monterey CA, 1994. – P. 56–61. 20. Bettini, Claudio, et al. A survey of context modelling and reasoning techniques/ Bettini, Claudio// *Pervasive and Mobile Computing*, 6.2, – 2010. – P. 161–180. 21. Sanchez-Pi N. An Information Fusion Framework for Context-based Accidents Prevention / Nayat Sanchez-Pi, Luis Martí, José Manuel Molina, and Ana Cristina Bicharra Garcia // *Information Fusion (FUSION)*, 17th International Conference. – 2014.