

<sup>1</sup>Надточій В.І., к.т.н.,  
<sup>2</sup>Чаплінський Ю.П., к.т.н.

## КОНТЕКСТНІ МОДЕЛІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В РОЗВ'ЯЗАННІ ПРИКЛАДНИХ ВЗАЄМОПОВ'ЯЗАНИХ ЗАДАЧ

<sup>1</sup>Національний авіаційний університет  
<sup>2</sup>Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

[sss@nau.edu.ua](mailto:sss@nau.edu.ua)  
[cyuriy60@hotmail.com](mailto:cyuriy60@hotmail.com)

### **Вступ**

Діяльність як окремих людей, так і систем зараз все більшою мірою залежить від використання ними знань як одного з найцінніших ресурсів. Сучасні розв'язки прикладних задач є результатом поєднання та інтеграції знань, розуміння та ідей розв'язання множин взаємозв'язаних задач з різних предметних областей, кожна з яких має свої специфічні передумови. Складність в реалізації прийняття рішень полягає в необхідності синтезу різних точок зору на проблему, використанні термінів та понять з різних предметних областей для опису своїх ідей управління великою кількістю інформації, що стосується проблеми та розуміння рішень, що приймаються, тощо. Фундаментальні виклики, що стоять перед прийняттям рішень, виявляються у побудові спільного розуміння поставленого завдання (яке часто не існує заздалегідь, але формулюється поетапно та спільно). При цьому необхідно розуміти відношення між елементами середовища прийняття рішень, а також бачити взаємне єднання навколишнього середовища.

Прийняття якісних рішень відбувається як через горизонтальні перехресні вузли, так і через вертикальні перехресні ієрархічні зв'язки, при цьому можливо отримання раніше недоступної інформації, що в подальшому дає змогу використовувати нові знання та розуміння.

Для цього всі знання, що використовуються, розглядаються в розрізі знань, що описують контекст, та знань, що описують контент.

Контекст є важливим фактором у процесі прийняття рішень, що допомагає

визначити інформацію та знання, які необхідні для підтримки прийняття рішень, та представляється множиною взаємопов'язаних компонентів. Розгляд використання контексту в проблемних областях допомагає виявити всі семантичні відношення, надати всю необхідну інформацію та правильні інтерпретації для прийняття рішень, оскільки використання інформації в процесі прийняття рішень, як правило, відбувається в контексті складної структури процесу прийняття рішень, який часто формується за допомогою цілого ряду чинників.

Це вимагає створення нових способів отримання та представлення знань про контекст проблеми та відповідного процесу прийняття рішень, взаємодії складових тощо.

### **Постановка задачі**

Метою статті є розгляд сучасного використання контексту до інтегрованого структурованого представлення складових прийняття рішень, їх взаємодії та реалізації знання-орієнтованого прийняття рішень.

Будемо розуміти під підтримкою прийняття рішень інтелектуальну комп'ютерну технологію посилення можливостей людини, що приймає рішення (ЛПР) в процесі спостереження за станом проблемної області, діагностики проблемних ситуацій і цілей дій, планування дій та генерацію способів їх реалізації, формування раціональних варіантів рішень, їх прийняття та аналіз наслідків їх виконання. При цьому прийняття рішень реалізовується на основі інформаційних моделей даних; на основі логічних моделей; на основі формальних

моделей; на основі типових рішень або прецедентів.

Поняття контексту досліджене в різних областях інформаційних технологій, але не існує загального визначення контексту. Визначення контексту варіюються в залежності від області його застосування. В області інформатики контекст вивчався в сферах, що пов'язані зі знаннями та різними системами для їх динамічної обробки [1] або створенням інтелектуальних інтерфейсів користувача та опису і аналізу ситуацій [2], в яких відбувається цілеспрямована діяльність [2, 3] тощо. В роботі [4] розглянуто декілька сотень робіт щодо контексту та запропонована модель контексту, що містить компоненти: користувач, об'єкт, спостерігач та навколишнє середовище та різні відношення між цими компонентами. Існуючі дослідження щодо контексту використовують різні підходи для визначення контексту та його використання. Проте не існує загальноновизнаного визначення контексту в сферах, що пов'язані з прийняттям рішення.

Згідно з [3], контекст може бути визначений з двох точок зору: як репрезентативна проблема або як інтерактивна проблема. З першої точки зору контекст розглядається як форма інформації, яка є вичерпною, стабільною та незалежною від активності. Він складається з неявних атрибутів, які описують користувача та середовище, в якому відбувається інформаційна діяльність. Друга точка зору розглядає контекст, що виникає внаслідок діяльності, від якої він не може бути відокремлений.

Контекст можливо розглядати як інформаційне представлення проблеми, беручи до уваги наступні його властивості [3, 5]:

- контекст – це форма інформації, тобто контекст розглядається як те, що може бути відомо, представлено та закодоване;

- контекст є вичерпним, тобто вважається можливим визначити, що заздалегідь визначається як контекст для конкретного використання;

- контекст є стабільним, тобто, коли контекст може відрізнитися від застосування до програми, він не відрізняється від екземпляра до примірника взаємодії з додатком;

- контекст та діяльність є розділеними, тобто контекст використовується для опису особливостей середовища, в межах якого здійснюється діяльність, але елементи діяльності не відносяться до самого контексту та не розглядаються як контексти.

В [6] представлено три класи контекстних моделей, включаючи підходи, що базуються на застосуванні, моделях та онтології. Для підходів, що орієнтовані на застосування контекстозалежних систем, характерно моделювати та представляти контекст лише для конкретних програм. Ці моделі, як правило, є частковими та дослідницькими, а також характеризуються відсутністю формальності та виразності. Модельні підходи побудовані на основі концептуалізації області прийняття рішень, що використовує стандартні структури представлення (наприклад, об'єктно-рольові моделі (ORM), уніфіковану модельну мову (UML) та моделі сутностей-відносин (ER моделі)). Останній клас моделей ґрунтується на представленнях знань, що формалізовані в онтологіях. Ці моделі, як правило, сконцентровані на побудові онтології для контексту в певній області для досягнення цілей обміну знаннями в розподілених системах.

Таким чином, можна зробити висновок, що контекст визначався на етапі формулювання проблеми та процесу прийняття рішень як інформація, що необхідна для розв'язання задачі, при цьому мало уваги приділялося динамічним аспектам контексту.

Основним недоліком багатьох існуючих систем, що базуються на контексті, є неможливість реалізації динамічного опису контексту. Існуючі контекстні моделі є "статичними" або обмеженими.

Для того, щоб додати до властивостей контексту динамізм будемо розглядати контекст, який можна охарактери-

зувати такими рисами як: виникає через простір і час; має причинно-наслідковий процес прийняття рішень; визначений, але не обов'язково є передбачуваним; є семантична інтерпретація відносин між «актором», завданням або діяльністю та середовищем, в яких вони знаходяться; використовує обмежувальні критерії, за допомогою яких можна моделювати цілеспрямовану діяльність.

Такий погляд використовує іншу позицію по кожному з чотирьох перерахованих вище властивостей контексту: по-перше, замість того, щоб розглядати контекст як інформацію, він замість цього стверджує, що контекстуальність є реляційною властивістю, яка визначається між об'єктами, діями, задачами, середовищем і т.д.. Це не просто те, що щось є або не є контекстом; Навпаки, вона може або не може бути контекстуально актуальною для розв'язання певної задачі. По-друге, можна стверджувати, що множина контекстних функцій визначається динамічно. По-третє, можна стверджувати, що контекст є особливим для кожного випадку проблеми, задачі, діяльності, дії тощо. Контекст – це властивість, що пов'язана з певними налаштуваннями, окремими випадками для проблем, задач, середовищ, дій та особами, що беруть участь в процесі прийняття рішень. По-четверте, замість того, щоб розглядати контекст та контент як два відокремленими об'єкта, можна стверджувати, що контекст виникає в результаті діяльності. Іншими словами, контекст необхідно розглядати не тільки як проблему представлення, а і як проблему взаємодії.

При цьому, по-перше, контекст є невід'ємною властивістю випадків взаємодії, а не є стабільним об'єктивним набором функцій, які зовнішньо характеризують діяльність. Контекст залишається критично важливим для розуміння, контекстуалізації та непорозуміння форм діяльності та інформації, але саме в контексті природи необхідно постійно домовлятися та переглядати його. По-друге, ці контекстні властивості беруть на себе їх значення або релевантність

через їх зв'язок з формами практики, тобто займаються діями навколо артефактів та інформації, яка робить ці артефакти значущими та актуальними для людей. Тоді сенс технології не може бути відірваний від способів, яким люди мають його використовувати.

Слід зазначити, що модель контексту передбачає суб'єктивний погляд на розв'язання певної задачі. На відміну від існуючих підходів, де контекст описується в монолітному сенсі або як об'єктивно певної задачі, ми вважаємо, що будь-який вибір контекстних параметрів та їх вага в описі задачі та реалізації процесу прийняття рішень повинні бути предметом інтеграції практики та наукових досліджень. Оскільки моделі контексту – це представлення про динамічні умови та відношення, вони базуються на даних та інформації, що отримані з різних джерел з різнорідними часовими, тематичними та просторовими якістьми. Такі моделі контексту повинні давати змогу розв'язувати проблеми, що характеризуються контекстно-залежними властивостями: • неоднорідність та мобільність; • відносини та залежності; • своєчасність; • недосконалість; • міркування; • відповідність формалізму прийняття рішень; • ефективне контекстне забезпечення.

Велике значення при розгляді контексту має обмеження контексту, інакше проблема створення моделі контексту буде незрозумілою. Обмеження контексту також зменшує складність процесу прийняття рішень для розв'язання певної задачі. Наприклад, дані можуть визначати наступні обмежувальні критерії: наявність даних – наявність або відсутність; повнота; набори включення/виключення; часові межі; просторові межі; область діяльності.

Оскільки, контекст розглядається як множина динамічних відношень між «актором», цілеспрямованою діяльністю, ресурсами, можливостями, часом, розташуванням та середовищем, в яких вони знаходяться або використовуються. Це дозволяє контекстним зв'язкам виникати, змінюватися або зникати через

час і простір та охоплювати складність просторово-часової динаміки. Ми застосуємо таке представлення контексту, оскільки воно дозволяє нам моделювати контекстну динаміку таким чином, що виникає в процесі розв'язання задачі, а не тільки вибирається на етапі формулювання проблеми та процесу розв'язання задачі.

Слід зауважити, сучасний погляд на контекст виник як відповідь на проблеми, що виникають на практиці. Практика являє собою повторюваний візерунок, який можна заповнити різними заходами, що актуалізують практику, та визначити контекстуальні характеристики множини заходів, включаючи форму діяльності, модель взаємодії, середовище, інструменти та їх використання, а також деякі форми знання. Таким чином, ми розглядаємо та використовуємо контекст з практичної точки зору та представляємо структуру контексту, яка успадковується від традиційних моделей контексту [2, 3].

Контекстна інформація є достовірною інформацією у відповідному контексті. Є й послідовні погляди та види представлення контекстної інформації.

Контекст складається з ідентифікатора контексту  $C$  та множини ідентифікаторів об'єктів, які позначаються  $Objs(c)$ , так що кожне  $O \in Objs(C)$  пов'язане з:

1. множиною імен, які називаються іменами  $O$  в  $C$ , і позначається іменами  $(O, C)$ ;

2. контекстним ідентифікатором, що називається посиланням  $O$  в  $C$ , і позначається  $ref(O, C)$ .

Якщо  $O \in Objs(C)$  не пов'язане з контекстом ідентифікатора, то посилання  $(O, C)$  вважається невизначеним.

Таким чином, контекст представляється як обчислення предикатів першого порядку.

В роботі будемо розглядати контекст як концептуальну або інтелектуальну конструкцію, яка складається з понять в межах відповідних контекстних областей та допомагає нам зрозуміти,

проаналізувати та використовувати природу, значення та ефекти через елементарні сутності у відповідному середовищі або обставинах. Також контекст представляє ціле, що визначається через певні сутності, які є важливими для даного розгляду.

Це дозволяє розглядати контекст як будь-яку інформацію, яка може бути використана для опису ситуації, в якій щось існує чи відбувається, та яка може допомогти пояснити ситуацію та визначити напрямки її розв'язання. Ця ситуація залежить від знань, світогляду, практики та обставин, які можуть бути використані для побудови «нескінченної і частково відомої сукупності припущень» [7], які визначають інтегральне розв'язання проблем, та які забезпечують умови для створення, підтримки та застосування знань.

Для опису контексту необхідно визначити поняття та конструкції, які визначають природу, структуру та представлення процесу формування та прийняття рішень і відповідних складових областей, які описують такий процес. Контекст повинен бути описаний стандартизованим способом. Представлення знань процесу прийняття рішень повинне підтримувати операції, що необхідні для представлення контексту та управління ним.

Одним з сучасних засобів реалізації такого підходу для використання знань є онтології.

Наше представлення контексту складається з змісту, що базується на онтологіях, які охоплюють певну частину моделі контексту.

Під онтологією будемо розуміти систему, що описує структуру певної проблемної області або множини проблемних областей та складається з множини класів понять, зв'язаних відношеннями, їх визначень та аксіом, що задають обмеження на інтерпретацію цих понять в рамках даної проблемної області або їх множини [8]. Мета такої онтології полягає в тому, щоб забезпечити інтегровану концептуальну основу для того, щоб визначити, зрозуміти, струк-

турувати та представляти явища при прийнятті рішень за допомоги СППР. Будемо розглядати контекст як конструкцію, що складається з понять в межах відповідних контекстних областей та описується онтологією контексту через наступну структуру контекстних областей [9]:

$$O_{ctx} = \left\langle O_{ctx}^{AR}, O_{ctx}^A, O_{ctx}^{PA}, O_{ctx}^O, O_{ctx}^E, O_{ctx}^F, O_{ctx}^{Fcl}, O_{ctx}^R, O_{ctx}^{Plc}, O_{ctx}^T \right\rangle$$

На загальному рівні  $O_{ctx}$  описується наступними контекстними областями:  $O_{ctx}^{AR}$  - мета/результат,  $O_{ctx}^A$  - «актор»,  $O_{ctx}^{PA}$  - процес/дія,  $O_{ctx}^O$  - об'єкт,  $O_{ctx}^E$  - середовище,  $O_{ctx}^F$  - можливості,  $O_{ctx}^{Fcl}$  - засоби,  $O_{ctx}^R$  - представлення,  $O_{ctx}^{Plc}$  - розташування,  $O_{ctx}^T$  - час.

В рамках методології запропонованої підтримки прийняття рішень використовується трьохрівневе представлення складових прийняття рішень засобами моделі контексту. Будемо використовувати три типи контексту: абстрактний, конкретний та контекст реалізації. Абстрактний контекст будується на підставі інтеграції знань проблемних областей, що розглядаються при прийнятті рішень. Основним призначенням абстрактного контексту є формалізація складових прийняття рішень, які будуть використовуватися при розв'язання конкретної задачі. Абстрактний контекст визначається в результаті витягання з відповідних проблемних онтологій знань, релевантних конкретній задачі, та їх подальшої інтеграції. Основним призначенням абстрактного контексту є формалізація задач, які мають бути вирішені в конкретній ситуації прийняття рішень. Конкретний контекст є екзистенціалом абстрактного контексту (конкретизацією абстрактного контексту) для реальних умов, що визначаються через інформаційні ресурси. Контекст реалізації є конкретизацією конкретного контексту для реальних умов програмної платформи, програмних засобів, в яких функціонує система підтримки прийняття рішень, та компетенції користувачів.

Для представлення контексту будемо використовувати класи об'єктів, відношень та атрибутів, що дає можливість представляти їх як семантичні аспекти, де семантика умов і відношень між ними визначені явним чином (таким чином роблячи кожен аспект формальною онтологією). Використання таких категорій дозволяє зробити очевидну формалізацію аспектів в логіку опису (дескрипторів логіка) (DL).

Контекстні поняття взаємозв'язані між собою через контекстні відношення, включаючи внутрішньо обласні, міжобласні та міжконтекстні відношення. Такі поняття та конструкції необхідні для того, щоб визначити, зрозуміти, структурувати та представити сутності як контексти та/або в межах контекстів, щоб зрозуміти природу, цілі та значення відповідних сутностей задач та процесу прийняття рішень.

Відношення тут включають не тільки відношення між компонентами, а й відношення в інших контекстах. Відношення будемо поділяти на структурні (ієрархічні) та семантичні (асоціативні). До структурних відношень будемо відносити відношення: класифікація, конкретизація, узагальнення, спеціалізація, відношення аkindOf, агрегація, декомпозиція, групування, індивідуалізація, відношення омонімії. Асоціативні відношення дозволяють зрозуміти в якому зв'язку перебувають поняття, які описують один клас онтології, з поняттями іншого класу. На рівні контекстних областей існують структурні та семантичні відношення. Наприклад, в області мета/результат існують відношення агрегації (частина-ціле), тобто ціле може мати підцілі. В цій же області можуть виникати асоціативні відношення між проблемами, наприклад відношення причинності, коли виникнення однієї проблеми є причиною виникнення інших проблем. В області процес/дія виникають відношення управління – послідовність, ітерація, вибір, заміщення, заборони, адитивності. В області часу є множина часових відносин можуть бути

визначені для часових точок та інтервалів часу.

Результат способу створення бази знань контексту являє собою набір правил контексту, які складаються з контексту та відповідної контекстної інформації.

Це дає змогу людині, що приймає рішення, використовувати при прийнятті рішень як явні принципи та процедури, що представляються у формі теорій, технологій, методологій та принципів тощо, так і використовувати контекстні змінні або ситуаційні обмеження, а також реалізувати інтеграцію міркувань чи знань, використовуючи досвід, експертизу та інтуїцію, а не (повністю) чіткі інструкції.

### **Висновки**

Представлений підхід до опису контексту та використання його до розв'язання задач прийняття рішень дозволяє реалізувати інтелектуальну підтримку прийняття рішень в динамічних структурованих областях, основою якої є контекст та онтологія.

Запропоноване онтологічне представлення покладене в основу інформаційної системи, що реалізована як складова частина Вірмено-американського проекту з технічної допомоги в галузі безпеки продуктів харчування.

### **Список літератури**

1. *Giunchiglia F.A.* facet-based methodology for the construction of a large-scale geospatial ontology / *Giunchiglia F., Dutta B., Maltese V.,*

*Farazi F.* // *Journal on Data Semantics*, 2012, 1, P. 57-73.

2. *Dey A.K.* A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context Aware Applications / *Dey A.K., Salber D., Abowd G.D.* // *Human-Computer Interaction (HCI) Journal*, 2001, 16, P. 97-166.

3. *Dourish P.* What we talk about when we talk about context // *Personal and ubiquitous computing*, 2004, 8, P. 19-30.

4. *Bazire M.* Understanding Context Before Using it / *Bazire M., Brézillon P.* // In: *Dey, A. et al. (eds.) CONTEXT 2005, LNAI 3554.* Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, P. 29-40.

5. *Bettini C.A.* survey of context modelling and reasoning techniques / *Bettini C., Brdiczka O., Henricksen K., Indulska, J., Nicklas, D., Ranganathan A., Riboni D.* // *Pervasive and Mobile Computing*, 2010, 6, P. 161-180.

6. *Gu T.* An ontology-based context model in intelligent environments / *Gu T., Wang X.H., Pung H.K., Zhang D.Q.* // In *Proceedings of communication networks and distributed systems modeling and simulation conference*, P. 270-275.

7. *Porzel R.* Contextual Computing: Models and Applications. (Cognitive Technologies) // *Springer Verlag*, 2010, 180 p.

8. *Чаплінський Ю.П.* Онтологічне представлення процесів прийняття рішень // *Проблеми інформатизації та управління.* – 2009. – № 2 (26). – С. 146-151

**Надточій В.І.,  
Чаплінський Ю.П.**

## **КОНТЕКСТНІ МОДЕЛІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В РОЗВ'ЯЗАННІ ПРИКЛАДНИХ ВЗАЄМОПОВ'ЯЗАНИХ ЗАДАЧ**

*Прийняття рішень з використанням знання-орієнтованих технологій сьогодні розглядається як потужна конкурентна перевага на підприємстві, орієнтованому на постійні зміни ділових процесів. Діяльність як окремих людей, так і систем зараз все більшою мірою залежить від використання ними знань як одного з найцінніших ресурсів. Складність в реалізації такого прийняття рішень полягає в необхідності синтезу різних точок зору на проблему, використання термінів та понять з різних предметних областей, опису своїх ідей управління великою кількістю інформації, що стосується проблеми, та розуміння рішень, що приймаються, тощо. Прийняття рішень та інтеграція складових прийняття рішень базується на представленні ба-*

гаторівневого управління та прийняття рішень за допомогою контекстної моделі. Контекст дозволяє визначити, зрозуміти та надати відповідні елементи прийняття рішень. Представлений підхід спрямовано на побудову контекстної моделі, що представляє проблему, яку потрібно розв'язати за допомогою системи підтримки прийняття рішень. Контекст описує чинники, що впливають на проблему, і забезпечує вимоги до рішень, які необхідно створити для осіб, що приймають рішення. В статті контекст визначається як сукупність об'єктів, в рамках яких кожен об'єкт має множинну імен та відношень, та представляє конструкцію, що складається з понять в межах відповідних контекстних областей і описується онтологією контексту. У рамках такого розгляду онтологія контексту включає контекстні області, такі як: мета/результат, актор, процес/дія, об'єкт, середовище, можливості, засоби, представлення, розташування та час. Прийняття рішень розглядається з використанням трьох типів контекстів: абстрактного, конкретного та реалізації. Для представлення контекстних областей використовуються класи об'єктів, відношень та атрибутів. Контекстні поняття взаємозв'язані між собою через контекстні відношення, включаючи внутрішньообласні, міжобласні та міжконтекстні відношення. Представлені можливі контекстні відношення між контекстними областями, які можуть бути структурними (ієрархічними) та семантичними (асоціативними).

**Ключові слова:** система підтримки прийняття рішень, прийняття рішень, контекст, управління знаннями.

**Nadtochiy V.I.,  
Chaplinsky Yu.P.**

#### **CONTEXT MODELS OF DECISION MAKING IN APPLICATION OF APPLIED INTERACTIONS**

*Modern decision-making with the use of knowledge-based technologies is seen as a powerful competitive advantage in the enterprise, focused on permanent changes in business processes. The activities of both individuals and systems are increasingly dependent on the use of knowledge as one of the most valuable resources. The complexity of implementing such decision-making is the need to synthesize different points of view on the problem, use of terms and concepts from various subject areas, to describe their management ideas with a large amount of information relevant to the problem, and understanding of the problem decisions, etc. Decision-making and integration components of decision making based on the representation of multi-level governance and decision-making through the context model. Context assists to identify, understand, and provide the relevant elements of decision-making. The presented approach is aimed at building a context model representing the problem(s) to be solved by the decision support system. Context describes factors influencing the problem and provides requirements to solutions to be generated for the decision maker. The context is defined as a collection of objects in which each object has a set of names and relations, and represents a construct consisting of concepts within the context areas and is described by the context ontology. The context framework takes into account different context areas, such as: purpose/result, actor, process/action, object, environment, facility, tools, presentation, location, and time. The decision making is suggested being modeled by three types of contexts: abstract, concrete and realization. Objects, relationships, and attributes are used to represent contextual domains. Contextual concepts are interconnected through relationships, including intradomain, interdomain and intercontextual relationships. Possible contextual relationships between contextual domains that can be structural (hierarchical) and semantic (associative) are presented.*

**Key words:** decision-support system, decision-making, context, knowledge management.