

# Алгоритми Багатокрітеріальної Оптимізації з Нечіткими Компонентами

Ольга Ашурова  
кафедра Програмної Інженерії  
Харківський національний університет  
радіоелектроніки  
Харків, Україна  
olha.ashurova@nure.ua

Ігор Шубін  
професор  
кафедра Програмної Інженерії  
Харківський національний університет  
радіоелектроніки  
Харків, Україна  
igor.shubin@nure.ua

## Multicriteria Optimization Algorithms with Fuzzy Components

Olga Ashurova  
Department of Software Engineering  
Kharkiv National University  
of Radio Electronics  
Kharkiv, Ukraine  
olha.ashurova@nure.ua

Igor Shubin  
PhD, professor  
Department of Software Engineering Kharkiv National  
University of Radio Electronics  
Kharkiv, Ukraine  
igor.shubin@nure.ua

*Анотація—Синтезовано онтологічну модель тексту для автоматизації семантичного аналізу технічної документації. Метод дослідження – математичний апарат теорії нечітких множин, методи представлення знань в штучному інтелекті. В результаті наведено основні методи побудови онтологічних моделей, які використовувалися при побудові даної моделі. Спроектвана онтологічна модель тексту технічної документації та її програмна модель*

*Abstract—An ontological model of the text for automation of semantic analysis of technical documentation is synthesized. Research method - mathematical apparatus of the theory of automata, fuzzy sets, methods of structural and applied linguistics, methods of knowledge representation in artificial intelligence. As a result, the main methods of constructing ontological models used in the construction of this model are presented. The ontological model of the text of the technical documentation and its program model are designed*

*Ключові слова—нормативний профіль; онтологічна модель; онтологічний запит; експертна система; нечітка атрибутна граматики*

*Keywords—ormative profile; ontological model; ontological query; expert system; fuzzy attribute grammar*

### I. ВСТУП

У зв'язку з цим при розробці онтологій особливої важливості набуває організація ефективного оцінювання ПЗ, проведеного сертифікаційними центрами, до функцій яких входить, в тому числі і залучення кваліфікованих фахівців, здатних швидко і достовірно оцінити ПЗ. При цьому якість самої оцінки визначається кваліфікацією експертів і наявних в їх розпорядженні інформаційних ресурсів – бази нормативних документів.

Таким чином, для створення експертної нормативної бази документів, може бути використаний онтологічний підхід.

Застосування такого підходу для оцінки якості ПЗ [1] передбачає вирішення низки завдань, серед яких слід виділити:

– формування нормативного профілю (НП) – гармонізованої з міжнародними та національними стандартами сукупності вимог, що пред'являються до даного проекту або групі проектів [2]. НП можуть бути знову розробляються державні або галузеві стандарти, нормативно-методичні документи підприємств і загальне вимоги специфікацій ПЗ;



– реінжиніринг процесу проектування ПЗ і його оцінка на основі НП;

– динамічний аналіз ПЗ і інтервальний аналіз виконаного модуля.

## II. РОЗРОБКА ОНТОЛОГІЧНИХ МОДЕЛЕЙ

У свою чергу онтології володіють власними засобами обробки (логічного висновку), відповідними засобами семантичної обробки інформації, які можуть бути покладені в основу експертної системи, яка забезпечить підтримку експерта при роботі з нормативною базою. Така система дозволить, шляхом накопичення та узагальнення досвіду оцінок в базі знань експертних систем, знизити суб'єктивність і підвищити ефективність прийнятих рішень за рахунок врахування великої кількості факторів, що визначають властивості аналізованого проекту [3].

Так, завдяки онтології, при зверненні до пошукової системи користувач зможе отримувати у відповідь ресурси, семантично релевантні запиту, завдяки цьому онтології набули широкого поширення в рішенні проблем подання знань та інженерії знань, інформаційного пошуку і т. ін. [4].

Варто відзначити, що онтологічні системи є якісно новими інтелектуальними засобами для пошуку, новими методами подання та обробки знань і запитів [5]. Вони здатні точно і ефективно описувати семантику даних для деякої предметної області і вирішувати проблему несумісності і протилежності понять.

З огляду на зазначені обставини, при розробці онтологій особливої важливості набуває організація ефективного оцінювання ПЗ, проведеного сертифікаційними центрами, до функцій яких входить, в тому числі і залучення кваліфікованих фахівців, здатних швидко і достовірно оцінити ПЗ [6].

Проектування ПЗ – це процес складання опису, його перетворення, визначення архітектури, компонентів, інтерфейсів, інших характеристик системи і кінцевого складу програмного продукту, результатом якого є проектне рішення, яке задовольняє заданим вимогам. Проектування являє собою трудомісткий процес, що вимагає від користувача глибокого знання предметної області та навичок в проектуванні.

У зв'язку з цим вельми актуальним є використання онтологій для формування нормативного профілю НП, при сертифікації програмних систем (ПС), це дає можливість отримання моделі декларативних знань у вигляді класів зі ставленням ієрархії між ними, що допускає повторне використання.

Основна мета полягає у вирішенні завдань, пов'язаних з розробкою технологій формування нормативного профілю для сертифікації програмних систем і інтелектуальної підтримки прийняття рішень аудитором сертифікаційного центру при реалізації основного завдання експертизи програмного забезпечення – формування нормативного профілю [7].

Розроблена методика семантичного аналізу тексту ТД шляхом використання онтологічного підходу та онтологічна модель аналізу тексту для автоматизації семантичного аналізу технічної документації, що дозволяє спростити процес сертифікації ПЗ

В результаті розробки і впровадження запропонованої моделі підвищується якість проектування за рахунок автоматизації рутинної праці людини.

Однак, процес створення онтологій складний процес. Інформаційні онтології складаються з екземплярів, понять, атрибутів і відносин між ними.

Загальновідомо, що розробка і аналіз технічної документації вимагає від осіб, що займаються сертифікацією ПЗ, семантичної обробкою великого обсягу технічного тексту, глибокого знання предметної області та навичок зі сертифікування. Трудомісткість процесу аналізу тексту призводить до необхідності його автоматизації. Однак надзвичайна складність проблеми синтезу та аналізу семантики технічного тексту, для вирішення якої необхідно використовувати симбіоз методів штучного інтелекту, прикладної лінгвістики, онтологічних моделей, психології тощо, призводить до того, що вона до цих пір не вирішена [8].

Для семантичного аналізу тексту ТД необхідне створення уніфікованої структури тексту ТД, тобто створення такої граматики і таких онтологічних моделей, яка дозволить найбільш повно відобразити вміст ТД.

Проблема полягає в тому, що частина компонентів ТД містить інформацію, яка за своїм характером є нечіткою, що обумовлено варіантністю і рухливістю меж мовної норми і статистичними характером окремих видів інформації. Неточність інформації, що міститься в компонентах ТД, відноситься до семантичного і предметно-залежного рівню ТД і обумовлена складністю процесу формалізації описуваних явищ [9]. Рекомендації по проведенню такої формалізації складаються у вигляді описів на ЕЯ, що апелюють до мовної інтуїції людини, і можуть трактуватися по-різному різними фахівцями.

Практично непереборної причиною неповноти лінгвістичної інформації є відкритість і постійний розвиток ПМ: поява нових мовних одиниць, зміна властивостей існуючих одиниць та правил їх сполучуваності. Така динаміка особливо помітна в підмовою нових предметних областей з слабкою термінологією [11].

Іншою причиною неповноти лінгвістичної інформації є наявність величезного числа нюансів і мовних особливостей окремих носіїв мови, описати і формалізувати які на сьогоднішній день не представляється можливим.

Завданням дослідження є автоматизована обробка тексту документа на основі онтологічної моделі.

На даному етапі розвитку методів аналізу тексту не представляється можливим аналізувати природний мову без будь-яких обмежень, тому необхідно виявити



особливості існуючої практики написання ТД і сформулювати додаткові вимоги [12].

При проведенні досліджень було розглянуто множини різних варіантів ТД і детально вивчені стандарти.

В результаті було відзначено, що ТД є документ, написаний технічною мовою. ТД має наступні стильові особливості:

– текст не містить образних виразів, оціночних прикметників, майже позбавлений говірок, природна полісемічність мови зводиться до мінімуму використанням задалегідь визначених термінів;

– текст містить наступні граматичні конструкції: граматична основа з рядом доповнень (домінуюча конструкція), причетні і дієприслівникові обороти. З точки зору російської мови причетні і дієприслівникові обороти еквівалентні окремих пропозицій, де підмет запозичується з основного пропозиції.

### III. РЕАЛІЗАЦІЯ НЕЧІТКОЇ ГРАМАТИКИ

Найбільш зручним і поширеним способом опису функцій системи, а також її вхідних та вихідних даних є пронумеровані пропозиції російською мовою, причому одній функції або елементу даних відповідає одне речення.

Як правило, для елементів даних вказано тип, число елементів даних і назва. Для функцій часто вказується тип: «Основна», «Додаткова» або «Допоміжна». Функція системи описується згідно з концепцією «чорного ящика», тобто в опис включають її входи і виходи, не торкаючись способу реалізації функції і її внутрішніх процесів.

Нечітка атрибутна граматики ТД є формалізм, що описує структуру ТД, і є допоміжним елементом, призначеним для перетворення даних з «сирого тексту» ТД до виду списку пропозицій обмеженого природної мови і подальшого його розбору. Фактично граматики ТД використовується для розбиття вихідного тексту документа на розділи і обробки найбільш важливих з них для нашої задачі. Для цього потрібно чітко дотримання структури документа. ТД є структурований текст, що складається з послідовності задалегідь заданих розділів.

Сформульована ТД на природній мові містить семантично значиму інформацію, яку і слід формалізувати і представити у вигляді інваріантної до ПМ моделі.

Щоб зробити ПМ інваріантним до перестановок слів, відмінкові зміни словоформ передбачається використання методів морфологічного аналізу шляхом побудови морфологічного фільтра, який на основі аналізу відмінків іменників у реченні ПМ виділяє елементи. Наприклад: іменник в називному відмінку є об'єктом, але в разі, якщо таких іменників два і знахідний і називний відмінок нероздільні – перший зустрінутий іменник – суб'єкт, другий – об'єкт. Важливо відзначити, що в рамках пропонованої методики не розглядаються питання контролю повноти і несуперечності тексту ТД.

У структурі технічної документації виділені ключові слова, на підставі яких визначається приналежність розділу до певного нетерміналу, так як назви розділів можуть бути нефіксованим і відрізнятися в формулюваннях.

Запропонована методика аналізу тексту технічного завдання містить формалізми, необхідні для подання семантики вимог до програмного забезпечення на ранніх етапах проектування. Відповідно до запропонованої методики система розглядається як чорний ящик, а вимоги до неї вимоги представляються у вигляді специфікації функцій і визначення потоків вхідних і вихідних впливів. Методика аналізу тексту ТД включає в себе обробку тексту технічної документації, створення онтологічної моделі тексту. Для реалізації першого етапу необхідна семантична модель тексту ТД, сформульована у вигляді документа на обмеженій природній мові; другого етапу – онтологічна модель у вигляді опису вимог на графічній мові у вигляді діаграм.

Семантична модель тексту ТД містить розроблену розширену нечітку атрибутну граматику над онтологічною структурою формального документа.

Розширена нечітка атрибутна граматики, що необхідна для автоматизованого аналізу тексту технічного завдання, визначена у вигляді:

$$AG = \langle N, T, P, S, B, F, A, R(A) \rangle,$$

де  $N$  – кінцева множина нетермінальних символів;  $T$  – непересічне з  $N$  множина термінальних символів;  $P$  – скінченна множина правил;  $S$  – виділений символ з  $N$ , званий початковим символом;  $B$  – множина лінгвістичних змінних  $\beta_{k,i}$ ; відповідно термінальним символам  $T$  (змінна і на  $k$  рівні);  $F$  – множина функцій приналежності  $f_{k,i}$ , що визначають ступінь приналежності лінгвістичних змінних  $\beta_{k,i}$ ;  $A$  – кінцева множина атрибутів,  $A = A_{\text{sin}}UA_{\text{sem}}$ , де  $A_{\text{sin}}$  – синтаксичні атрибути,  $A_{\text{sem}}$  – семантичні атрибути;  $R(A)$  – кінцева множина семантичних дій.

Лінгвістичні змінні з множини  $B = \{\beta_{k,i}\}_k$  і використовуються для аналізу тексту технічного завдання та описуються наступним кортежем:

$$\beta_{k,i} = \langle \beta, T(\beta), U, G, M \rangle,$$

де  $\beta$  – назва лінгвістичної змінної (найменування і область застосування, підстава для розробки, призначення розробки, технічні вимоги до програмного виробу, стадії і етапи розробки і т.д.);

$T(\beta)$  – мовні вирази, для лінгвістичних змінних верхнього рівня вони є лінгвістичними змінними, відповідними термінальним правій частині правила, а для лінгвістичних змінних нижнього рівня – нечіткими змінними, тобто виразами природної мови;  $U$  – універсум,  $T(\beta) \in U$ ;  $G$  – правила морфологічного і синтаксичного опису мовних виразів, які визначають синтаксичні атрибути  $A_{\text{sin}}$ .

Можливість розширення – властивість онтологічної моделі тексту, яке говорить про те, що дана модель повинна бути розроблена з можливістю використання



розділяється і поповнюється словника термінів. Тобто онтологія не повинна оперувати вузькими поняттями, так як в подальшому використанні можливе внесення в неї нових знань, які, в свою чергу, можуть бути використані і для створення опису раніше не врахованих або нових залежностей між її об'єктами.

Незалежність від синтаксису в онтології передбачає, що концептуалізація повинна бути специфікована на рівні знання максимально незалежно від уявлення понять предметної області на рівні символів (рис. 1).



Рис. 1 – Відносини між математичною залежністю і її семантичною аотацією

Також слід зазначити, що природа об'єктів, що беруть участь у визначенні математичної залежності, може мати кілька різних представлень. При цьому онтологічна модель тексту має інваріантне уявлення опису даної предметної області. Це властивість онтологічної моделі може, як ускладнювати, так і спрощувати, в залежності від контексту виникнення, формування опису математичної залежності.

При розробці семантичної аотації математичної залежності немає необхідності використовувати онтологію математичних функцій, операцій і операторів. Семантична аотація повинна бути записана в термінах такої онтологічної моделі, яка описує поняття самої залежності, а не її математичну структуру.

Для побудови онтологічної моделі тексту семантичного аналізу ТД використовуємо – стандарт онтологічного дослідження складних систем.

#### IV. ВИСНОВКИ

Таким чином, створювана онтологія описує знання про терміни, які використовуються у визначенні математичного виразу, а відповідна йому семантична аотація вказує лише на спосіб реалізації математичної залежності, описаної в онтологічній моделі тексту,

Виходячи з замкнутості контуру відносин між математичною залежністю, відповідної онтологічної моделі тексту та її понять і семантичної аотацією даної залежності, які слід, що процес створення онтологічної моделі тексту – ітеративний.

Розроблено алгоритмічне забезпечення аналізу тексту ТД, а також алгоритми попередньої обробки тексту, семантичного аналізу тексту. Представлено автомат розбору тексту ТД на розділи. Та як алгоритм попередньої обробки тексту ТД завдання ґрунтується на роботі кінцевих автоматів, то його недоліком є громіздкість опису і фіксована структура, яка задає обмеження на вхідний текст відповідно до ДСТУ.

Спроектвана автоматизована система семантичного аналізу тексту ТД, розроблена загальна архітектура, функціональна структура автоматизованої системи, представлена структура вихідних файлів, показані діаграми класів. Розглянуто середу моделювання онтологічних структур – Protégé, як засіб розробки, що дозволяє розширювати себе для вирішення більш широкого кола завдань.

#### ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Шостак І.В., Бутенко Ю.І. Знаниеориентированные методы формирования нормативных профилей к системам критического применения на основе онтологий / І.В. Шостак, М.А. Бутенко Ю.І. // Радиоелектронні і комп'ютерні системи.- 2010г. – С.104-107.
- [2] Шостак І.В. Текущее состояние базы знаний в динамических экспертных системах управления сложными объектами / Шостак І.В. // Радиоелектроника и информатика. 2000.-№3.-С.68-71.
- [3] Motta E. Reusable Components for Knowledge Modelling // Ph.D. Thesis. The Open University, 1997.
- [4] Дослідження логічних моделей семантики переговорів інтелектуальних агентів в мультиагентних системах // <http://science.donntu.edu.ua/ius/kirgaev/diss/indexu.htm>
- [5] Musen M. Domain Ontologies in Software Engineering: Use of Protege with the EON Architecture // Methods of Inform. in Medicine, pages 540-550, 2013
- [6] Ю.М. Гонтар, О.Ю. Череди́ченко, О.В. Янголенко, М.А. Вовк - розробка розподіленої системи обробки бізнес-інформації з використанням агентного підходу / Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків – 137-141с .
- [7] SWEBOOK Guide V3.0 // ISBN-10: 0-7695-5166-1 // ISBN-13: 978-0-7695-5166-1 // 2013
- [8] Дослідження логічних моделей семантики переговорів інтелектуальних агентів в мультиагентних системах // <http://science.donntu.edu.ua/ius/kirgaev/diss/indexu.htm>
- [9] О. А. Симоненко , О. Я. Сова , В. А. Романюк , Я. Л. Уманець. Аналіз існуючих агентних платформ для побудови систем управління вузлами мобільних радіомереж класу manet Системи обробки інформації. – 2014. – № 1(117). – С. 200-203
- [10] OntoEdit: Collaborative ontology development for the Semantic Web. Y. Sure, M. Erdmann, J. Angele, S. Staab, R. Studer, D. Wenke // In Proc. of the Inter. Semantic Web Conference (ISWC 2002), Sardinia, Italia, June 2002.
- [11] Farquhar A., Fikes R., Rice J. The Ontolingua server: A tool for collaborative ontology construction // International Journal of Human-Computer Studies, 46(6), pages 707–728, 1997.
- [12] Shostak I., Danova M. Computer Support for Decision-Making on Defining the Strategy of Green IT Development at the State Level: Green-IT Engineering: Social, Business and Industrial Applications, Vol. 171. Berlin, 533–559 (2018),

