

## СТРУКТУРА АГЕНТНО-ОРІЄНТОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПОЧАТКОВИХ ЕТАПІВ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ОСНОВІ ОНТОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ

*Метою даного дослідження є автоматизація розбору специфікацій вимог до програмного забезпечення та оцінювання достатності інформації у специфікаціях вимог шляхом розроблення агентно-орієнтованої інформаційної технології оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення на основі онтологічного підходу. У статті запропоновано структуру агентно-орієнтованої інформаційної технології оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення на основі онтологічного підходу.*

*Ключові слова: інформаційна технологія, інтелектуальний агент, специфікація вимог до програмного забезпечення (ПЗ), семантичний парсинг специфікацій вимог до ПЗ, оцінювання достатності інформації.*

T. O. HOVORUSHCHENKO, O. O. PAVLOVA, M. M. TONENKA

Khmelnytskyi National University

## STRUCTURE OF ONTOLOGY-BASED AGENT-ORIENTED INFORMATION TECHNOLOGY FOR ASSESSMENT OF THE BEGINNING STAGES OF THE SOFTWARE LIFE CYCLE

*The aim of this study is the automation of the parsing the software requirements specifications and assessment of the sufficiency of information in the requirements specifications by developing the ontology-based agent-oriented information technology for assessment of the beginning stages of the software life cycle. The developed ontology-based agent-oriented information technology for assessment of the beginning stages of the software life cycle: performs an automatic assessment and enhances the sufficiency of information of requirements for determining the software quality, thereby reducing the gap in knowledge about software projects; provides a conclusion on the sufficiency of the quality information in the software requirements specification; determines the priority of supplementing the specification with the necessary information (in case of insufficient information); provides quantitative assessment and, where appropriate, enhancement of the level of sufficiency of the available information of the specification; provides the processing the quality information in the software requirements specifications by intelligent agents, without the participation of specialists, which enables the automation of such processes, elimination of subjective influence of specialists and the preservation of this information in the software company in case of dismissal of the specialist.*

*Keywords: information technology, intelligent agent, software requirements specification, semantic parsing the software requirements specification, assessment of the sufficiency of information.*

### Вступ

Галузь інженерії програмного забезпечення (ПЗ) на даний момент потребує особливої уваги у напрямку розроблення та впровадження ефективних інформаційних технологій, зокрема, для розв'язання проблеми підвищення якості програмного забезпечення [1–5].

Досягнення високої якості програмного забезпечення є ключовим фактором ефективного його застосування та однією із основних потреб замовників. Як показує статистика, сьогодні існують проблеми у галузі забезпечення якості ПЗ [6–10] – великі проекти і досі виконуються з відставанням від графіка або з перевищенням кошторису витрат, розроблене програмне забезпечення часто не має необхідних функціональних можливостей, продуктивність його є низькою, а якість не влаштовує споживачів. Значна кількість помилок вноситься у програмне забезпечення на етапі формування вимог – за статистикою, 56% всіх дефектів програмних проектів вносяться саме на цьому етапі. Переважна більшість аварій, пов'язаних із програмним забезпеченням, виникли через помилкові вимоги, а не через помилки кодування. Чим раніше буде виявлено дефект або помилку у вимогах, тим дешевше обійдеться його виправлення. Витрати на виправлення некоректних вимог в специфікації, виявлених після випуску продукту, майже в 100 разів перевищують витрати на виправлення недоліків специфікації, що виявлені на більш ранніх етапах життєвого циклу. У процесі формування вимог відбуваються інформаційні втрати через неповне та різне розуміння потреб і контексту інформації – особливо такі втрати суттєві для програмних проектів, які розробляються на стику предметних галузей, коли враховувати потрібно як стандарти щодо розроблення ПЗ, так і стандарти предметної галузі [6–10].

Тому, для підвищення якості програмного забезпечення необхідно здійснити дослідження специфікацій вимог до програмного забезпечення з метою виявлення та усунення проблем і недоліків на початкових етапах життєвого циклу програмного забезпечення та виявлення фактів недостатності інформації, котра має до них відношення. В процесі такого дослідження необхідно оцінити, наскільки повно у специфікації вимог відображена інформація щодо функцій та обмежень майбутнього програмного забезпечення, зокрема, інформація щодо якості. Враховуючи, що оцінювання якості програмного забезпечення за стандартом ISO 25010:2011 [11] передбачає комплексну оцінку якості програмного забезпечення на основі оцінювання підхарактеристик та характеристики якості, які, в свою чергу, базуються на атрибутах якості, визначених в ISO 25023:2016 [12], інформацію щодо якості становлять атрибути якості, визначені у специфікації. Достатність інформації щодо якості у специфікації вимог до програмного забезпечення – наявність у специфікації всіх інформаційних елементів (атрибутів), необхідних для

визначення якості.

Для автоматизації розбору специфікацій вимог та оцінювання достатності інформації у специфікаціях потрібно розробити агентно-орієнтовану інформаційну технологію оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення на основі онтологічного підходу, що і буде *метою даного дослідження*.

### **Структура агентно-орієнтованої інформаційної технології оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення на основі онтологічного підходу**

Метою агентно-орієнтованої інформаційної технології оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення на основі онтологічного підходу є автоматизація кількісного оцінювання рівня достатності інформації щодо якості у специфікаціях вимог з метою мінімізації впливу людського фактору та з метою спрощення виконання зазначеного оцінювання як розробником, так і замовником. Агентно-орієнтована інформаційна технологія дозволяє виявити необхідність формування повторного запиту на додавання атрибутів, необхідних для визначення якості програмного забезпечення, та, за необхідності, сформулювати та візуалізувати його зміст.

Інформаційна технологія оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення на основі онтологічного підходу є агентно-орієнтованою (рис. 1), оскільки ґрунтується на: інтелектуальному агенті на основі онтологічного підходу для семантичного аналізу (парсингу) специфікацій вимог до програмного забезпечення та інтелектуальному агенті на основі онтологічного підходу для оцінювання достатності інформації на ранніх етапах життєвого циклу.

Інтелектуальний агент на основі онтологічного підходу для семантичного парсингу специфікацій вимог до програмного забезпечення приймає на вхід специфікацію вимог та проводить автоматичний аналіз специфікації на предмет пошуку атрибутів, необхідних для визначення якості програмного забезпечення. Шаблон специфікації вимог до програмного забезпечення, який демонструє всі необхідні атрибути для визначення якості, а також їх місце розташування у специфікації, пропонується користувачу у вигляді базової онтології предметної галузі «Інженерія програмного забезпечення» (частина «Специфікація вимог до ПЗ (атрибути)»), розробленої на основі стандарту ISO 29148:2011 [13]. Після проведення аналізу специфікації формується множина атрибутів, наявних у реальній специфікації. Використовуючи розроблену базу (універсальну) онтологію для визначення якості (відомі факти) та множину наявних атрибутів, інтелектуальний агент формує онтологію для реального програмного забезпечення, яку передає як вхідні дані інтелектуальному агенту на основі онтологічного підходу для оцінювання достатності інформації на ранніх етапах життєвого циклу.

Інтелектуальний агент на основі онтологічного підходу для оцінювання ранніх етапів життєвого циклу проводить порівняння базової онтології для визначення якості (відомі факти) із отриманою онтологією для реального програмного забезпечення. В результаті такого порівняння агент формує підмножини характеристик якості та їх підхарактеристик, які неможливо обчислити на основі наявних у реальній специфікації атрибутів; надає висновок про достатність або недостатність інформації у специфікації вимог для визначення кожної характеристики якості окремо та для визначення всіх характеристик якості разом; обчислює числові оцінки рівня достатності наявної у специфікації вимог інформації для визначення кожної характеристики якості та для визначення всіх характеристик якості; надає візуалізацію прогалів у знаннях щодо якості для розглядуваного програмного проекту.

Якщо рівень достатності інформації складає 100% або є прийнятним для замовника, то виконується подальша робота над програмним проектом, в іншому випадку розробникам специфікації надається запит на додавання необхідних атрибутів у специфікацію (з візуалізованими підказками, які саме атрибути необхідно додати), після чого специфікація може бути знову опрацьована розроблюваною агентно-орієнтованою інформаційною технологією.

Розроблювана агентно-орієнтована інформаційна технологія дає можливість порівняти між собою різні специфікації вимог для програмних проектів зі схожими або однаковими вартістю і тривалістю, гарантувати внесення у вимоги інформації, необхідної для подальшого визначення якості програмного забезпечення, за рахунок чого зменшується розрив у знаннях про програмний проект. Основною перевагою розроблюваної агентно-орієнтованої інформаційної технології є автоматизація процесів аналізу специфікації та оцінювання достатності інформації вимог для визначення якості програмного забезпечення, за рахунок чого досягається усунення суб'єктивного впливу людини в процесі опрацювання інформації та формування нових знань.

Визначальною відмінністю розроблюваної агентно-орієнтованої інформаційної технології виступає надання можливості усунення людини з процесів опрацювання інформації щодо якості у специфікації вимог до програмного забезпечення шляхом автоматизації опрацювання такої інформації інтелектуальними агентами на основі онтологічного підходу, що забезпечує усунення суб'єктивного впливу людини та збережуваність важливої інформації у софтверній компанії у випадку звільнення фахівця.

Практична значущість розроблюваної агентно-орієнтованої інформаційної технології для підвищення якості програмного забезпечення шляхом оцінювання достатності інформації на ранніх етапах життєвого циклу полягає у:

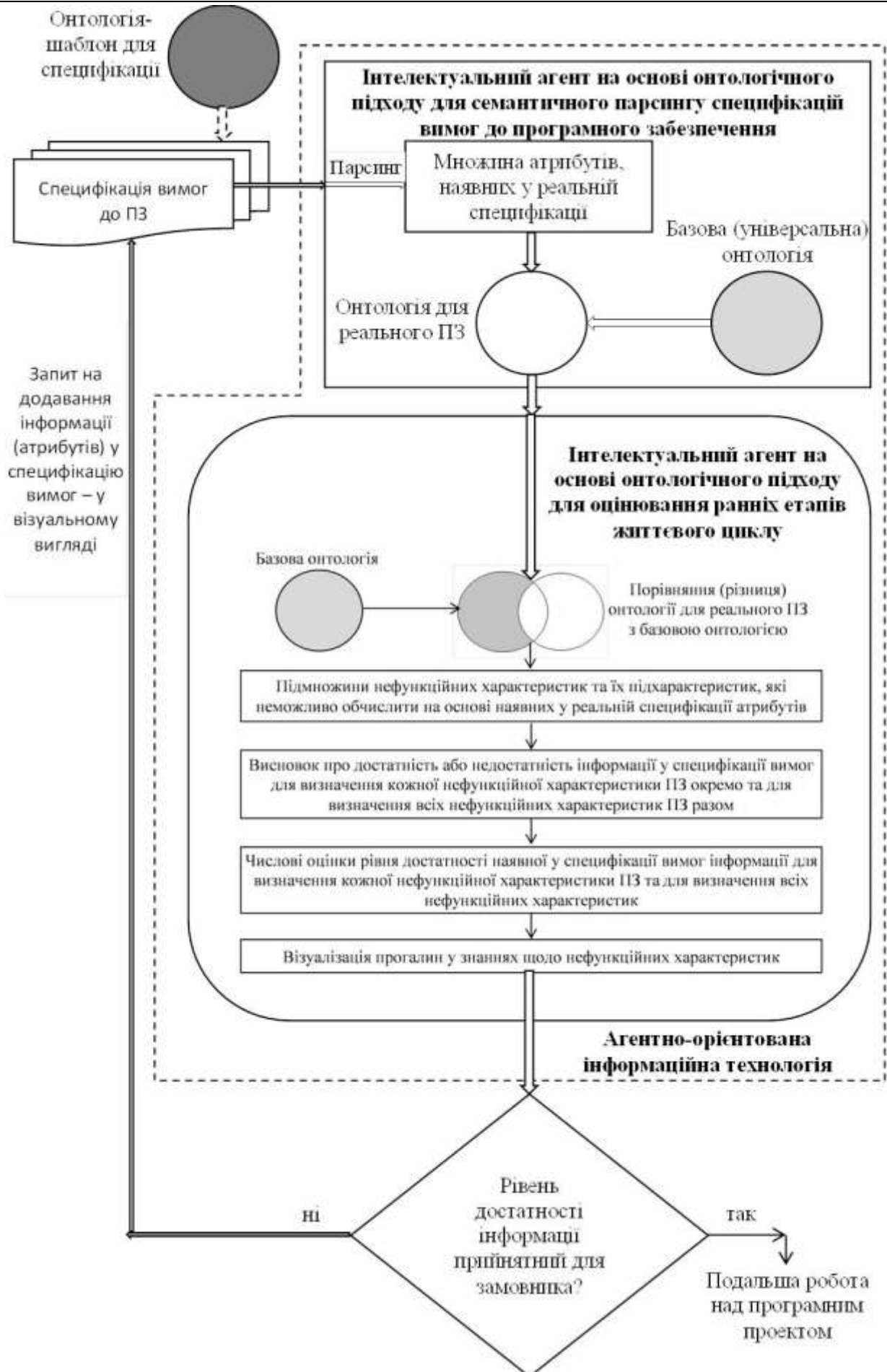


Рис. 1. Структура агентно-орієнтованої інформаційної технології оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення на основі онтологічного підходу

- підтримці процесу оцінювання та підвищення якості програмного забезпечення на ранніх етапах життєвого циклу на основі оцінювання достатності інформації щодо якості у специфікаціях вимог до програмного забезпечення;
- опрацюванні інформації щодо якості у специфікаціях вимог до програмного забезпечення інтелектуальними агентами, без участі фахівців, що дає можливість автоматизації таких процесів та усунення суб'єктивного впливу фахівців, а також збережуваність цієї інформації у софтверній компанії у випадку звільнення фахівця;
- автоматизації трудомісткої, рутинної та схильної до помилок роботи з аналізу (розбору, парсингу) специфікацій вимог до програмного забезпечення та забезпеченні її швидкого виконання;
- оцінюванні та підвищенні достатності об'єму наявної у специфікації вимог інформації щодо якості (за необхідності (для систем критичного застосування) або за вимогою замовника – до 100%);
- демонстрації слабких місць специфікації вимог до програмного забезпечення (у вигляді відсутніх атрибутів для визначення якості), які потребують доопрацювання або переробки;
- забезпеченні можливості виправлення та усунення помилок у вимогах до програмного забезпечення в той момент, коли вони виникають – на ранніх етапах життєвого циклу програмного проекту – до того, як вартість їх виправлення збільшиться в десятки, а то й сотні разів;
- наданні можливості швидкої підготовки нових системних інженерів і менеджерів проектів (використання розроблюваної агентно-орієнтованої інформаційної технології для аналізу специфікацій вимог допомагає їм швидко побачити помилки, які вони можуть зробити, і розпізнавати ці помилки в роботі інших);
- наданні інструменту для розроблення та вибору більш якісних специфікацій вимог до програмного забезпечення;
- можливості використання розроблюваної інформаційної технології в процесі розроблення програмного забезпечення для державних установ, військових формувань та правоохоронних органів, комерційних організацій (як для організацій, які займаються розробленням програмного забезпечення, так і для організацій, які є замовниками ПЗ).

Економічним ефектом від використання розроблюваної агентно-орієнтованої інформаційної технології оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення на основі онтологічного підходу є можливість економії коштів програмних проектів на їх переробку та на виправлення (протягом життєвого циклу) дефектів та помилок програмного забезпечення, внесених на ранніх етапах життєвого циклу (за статистикою, вартість виправлення дефектів та помилок програмного забезпечення, внесених на ранніх етапах життєвого циклу, експоненційно зростає з кожним наступним етапом життєвого циклу проекту) за рахунок демонстрації слабких місць специфікації вимог до програмного забезпечення, які потребують доопрацювання або переробки, а також помилок та дефектів у вимогах до програмного забезпечення в той момент, коли вони виникають на ранніх етапах життєвого циклу програмного проекту.

### Висновки

Розроблювана агентно-орієнтована інформаційна технологія оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення на основі онтологічного підходу: виконує автоматичне оцінювання та забезпечує підвищення рівня достатності інформації вимог для визначення якості програмного забезпечення, за рахунок чого зменшується розрив у знаннях про програмні проекти; надає висновок про достатність інформації щодо якості у специфікації вимог; визначає пріоритетність доповнення специфікації необхідною інформацією (в разі недостатності інформації); забезпечує кількісне оцінювання та, за потреби, підвищення рівня достатності наявної у специфікації інформації щодо якості; забезпечує можливість опрацювання інформації щодо якості у специфікаціях вимог до програмного забезпечення інтелектуальними агентами, без участі фахівців, що забезпечує можливість автоматизації таких процесів, усунення суб'єктивного впливу фахівців та збережуваність цієї інформації у софтверній компанії у випадку звільнення фахівця.

Розроблювана агентно-орієнтована інформаційна технологія є інтелектуальною, оскільки автоматично опрацьовує наявні знання (вимоги щодо якості зі специфікації) та формує нові знання (висновки про достатність інформації, про рівень достатності інформації, рекомендації щодо підвищення рівня достатності інформації у специфікації вимог).

Перспективними напрямками для майбутніх досліджень авторів є:

- реалізація інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для семантичного парсингу специфікацій вимог до програмного забезпечення;
- реалізація інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання ранніх етапів життєвого циклу;
- реалізація агентно-орієнтованої інформаційної технології оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення на основі онтологічного підходу.

---

**References**

1. Sivarajah U., Kamal M. M., Irani Z., Weerakkody V. Critical analysis of Big Data challenges and analytical methods. *Journal of Business Research*. 2017. Vol. 70. P. 263–286.
2. Luo Y. D., Bu J. How valuable is information and communication technology? A study of emerging economy enterprises. *Journal of World Business*. 2016. Vol. 51. Issue 2. P. 200–211.
3. Tian X. M. Big data and knowledge management: a case of déjà vu or back to the future? *Journal of Knowledge Management*. 2017. Vol. 21. Issue 1. P. 113–131.
4. Mauerhoefer T., Strese S., Brettel M. The impact of information technology on new product development performance. *Journal of Product Innovation Management*. 2017. Vol. 34. Issue 6. P. 719–738.
5. Golub K. Subject access to information: An interdisciplinary approach. *Libraries Unlimited*, 2015. 165 p.
6. Maedche A., Botzenhardt A., Neer L. *Software for people: fundamentals, trends and best practices (Management for professionals)*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012. 293 p.
7. Latest study shows rise in project failures. URL: <http://kinzz.com/resources/articles/91-project-failures-rise-study-shows> (Last accessed: February 18, 2020).
8. Hastie Shane, Wojewoda Stéphane. Standish Group 2015 Chaos Report – Q&A with Jennifer Lynch. URL: <http://www.infoq.com/articles/standish-chaos-2015> (Last accessed: February 18, 2020).
9. Cost of a bug within a software lifecycle. URL: <http://www.testically.org/2012/02/09/cost-of-a-bug-within-a-software-lifecycle/> (Last accessed: February 18, 2020).
10. The Standish Group Report CHAOS. URL: <https://www.projectsmart.co.uk/white-papers/chaos-report.pdf> (Last accessed: February 18, 2020).
11. ISO/IEC 25010:2011. Systems and software engineering. Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). System and software quality models. [Introduced 01.03.2011]. Geneva (Switzerland), 2011. 34 p. (International standard).
12. ISO 25023:2016. Systems and software engineering. Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). Measurement of system and software product quality. [Introduced 31.03.2016]. Geneva (Switzerland), 2016. 45 p. (International standard).
13. ISO/IEC/IEEE 29148:2011. Systems and software engineering. Life cycle processes. Requirements engineering. [Introduced 01.12.2011]. Geneva (Switzerland), 2011. 28 p. (International standard).

Рецензія/Peer review : 19.1.2020 р.

Надрукована/Printed : 14.2.2020 р.  
Рецензент: д.т.н., проф. В.В. Мартинюк