

УДК 004.9: 004.05

DOI 10.31891/2307-5732-2020-285-3-9

О. О. ПАВЛОВА, І. Ю. ЛОПАТТО, Т. О. ГОВОРУЩЕНКО

Хмельницький національний університет

МЕТОД ДІЯЛЬНОСТІ ТА СТРУКТУРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА НА ОСНОВІ ОНТОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПОЧАТКОВИХ ЕТАПІВ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Метою даного дослідження є автоматизація аналізу специфікацій вимог до програмного забезпечення (ПЗ) на предмет достатності інформації та підвищення рівня достатності інформації щодо характеристик якості ПЗ у специфікаціях вимог шляхом розроблення інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення.

Ключові слова: інтелектуальний агент на основі онтологічного підходу, специфікація вимог до програмного забезпечення (ПЗ), життєвий цикл програмного забезпечення, якість ПЗ, характеристики якості ПЗ.

O. PAVLOVA, I. LOPATTO, T. HOVORUSHCHENKO

Khmelnytskyi National University

METHOD OF FUNCTIONING AND STRUCTURE OF ONTOLOGY-BASED INTELLIGENT AGENT FOR ASSESSING THE INITIAL STAGES OF THE SOFTWARE LIFECYCLE

The paper is devoted to development of ontology-based intelligent agent for assessing the initial stages of the software lifecycle. Today, the task of automated assessment of the level of development of the initial stages of the software life cycle based on the analysis of specifications (in particular, automated assessment of the sufficiency of information of requirements) is relevant. The analysis of known approaches to assessing the sufficiency of information of requirements revealed the developed theoretical and applied principles of assessing the sufficiency of information on quality in the specifications of software requirements that need to be developed through the automation of such assessment. The ontology-based intelligent agent proposed in the paper provides an opportunity to automate the analysis of the specifications of the software requirements for the sufficiency of their information.

Automation of the analysis of specifications of requirements to the software became possible due to the use of ontologies at the functioning of the developed agent. It is ontologies, by reflecting the cause-and-effect relationships between concepts and conceptualizing the domain by capturing entities and relationships, that ensure visualization of duplication and gaps in knowledge based on the visualization of missing logical relationships. This visualization of missing logical relationships reflects which attributes are missing in the specification, which software quality characteristics are affected by the lack of certain attributes, and what level of information sufficiency is in a specific specification.

The intelligent agent evaluates the sufficiency of information in the specification of requirements to determine all the characteristics of software quality. The proposed intelligent agent provides a conclusion on the sufficiency or insufficiency of information in the specification. In addition, it provides numerical estimates of the level of sufficiency of information to determine each software quality characteristic and to determine all software quality characteristics together. The agent also forms a list of attributes that should be added to the specification of requirements to improve the sufficiency of its information and visualization of gaps in knowledge about the quality characteristics of software. Thus, the presented agent allows to partially eliminate a person from the processes of information processing and acquisition of knowledge.

Keywords: ontology-based intelligent agent, software requirements specification, software lifecycle, software quality, software quality characteristics.

Вступ. На сьогодні людство все частіше покладається на програмне забезпечення (ПЗ) під час розв'язання складних задач, стрімко зростає кількість програмних проектів з високою вартістю. Але, як показує статистика [1], частка проблемних програмних проектів (з перевитратами часу або коштів або з недостатнім функціоналом [1]) складає порядку половини всіх програмних проектів. Частка провальних програмних проектів (які скасовуються до завершення і ніколи не використовуються [1]) складає близько 1/5 всіх програмних проектів. Отже, успішними програмними проектами, на які можна покладатись і на які варто витратити кошти, є лише 1/3 всіх програмних проектів.

Значна кількість помилок вноситься у ПЗ на початкових етапах життєвого циклу ПЗ. Переважна більшість аварій, пов'язаних із ПЗ, виникли через помилки у специфікації вимог [2]. Програмні проекти, специфікація вимог яких містить недостатню, неточну, неповну та суперечливу інформацію, не можуть мати успішної реалізації [2]. Крім цього, чим раніше буде виявлено дефект (помилку, порушення, недолік, несправність), тим дешевше обійдеться його виправлення. Тому для забезпечення необхідної функціональності та якості ПЗ необхідно здійснити дослідження специфікації вимог. Метою такого дослідження є виявлення та усунення недоліків початкових етапів життєвого циклу ПЗ та фактів недостатності інформації, котра має до них відношення. Хоча повнота вимог до ПЗ є бажаною, визначення повноти набору вимог не є реалістичним, що було доведено у [3]. Сьогодні якість ПЗ трактується як його здатність задовольнити потреби замовника при використанні за певних умов [4]. Тому вся необхідна інформація щодо потреб замовника повинна бути закладена вже у специфікації вимог до ПЗ, тобто вже на основі специфікації можна оцінити достатність інформації для подальшого досягнення якості ПЗ. Отже, в процесі такого дослідження необхідно оцінити, наскільки достатньо у специфікації відображена інформація щодо майбутнього ПЗ. Особливої уваги потребують вимоги, які характеризують якість ПЗ [5].

Інформацію щодо якості ПЗ (наприклад, взаємозв'язків характеристик якості за атрибутами) зручно подавати у вигляді онтологій, які дають змогу відобразити причинно-наслідкові зв'язки між поняттями, а також в змозі проявити взаємовплив і кореляцію характеристик якості за атрибутами (якщо будуть упущені

атрибути, від яких залежать кілька характеристик якості, то точність та достовірність отриманих оцінок характеристик якості та якості ПЗ буде стрімко падати).

Чимало досліджень присвячені ідеї використання онтологій для галузі інженерії ПЗ. Автор [6] пропонує використовувати онтологічні моделі на всіх етапах життєвого циклу ПЗ за рахунок концептуалізації предметної галузі в контексті розв'язуваних задач. Автори [7] пропонують онтологічну структуру трасованості багаточільових вимог MUPRET для опрацювання неоднорідності вимог до ПЗ на основі автоматичної генерації відношень трасованості. В роботі [8] зважені онтології використовуються для опрацювання природної мови при переході від специфікації вимог, написаній природною мовою, до проектування ПЗ. Саме онтології, як доводять автори [8], здатні проявити невідповідності вимог, представлених природною мовою. Онтологічну модель для опису та визначення предметних і операційних знань щодо забезпечення якості ПЗ розроблено у [9]. В роботі [10] запропоновано агент, який використовує існуючі онтологічні конструкції для створення програмного коду на основі специфікацій. Робота [11] присвячена усуненню невизначеності у вимогах до ПЗ та покращенню спілкування зацікавлених сторін шляхом впровадження інтелектуальних агентів на основі онтологічного підходу. Автори [12] запропонували основу для формального подання вимог обмежених ресурсами контекстних систем критичного застосування у вигляді інтелектуальних агентів на основі онтологічного підходу. Проведений аналіз відомих інтелектуальних агентів на основі онтологічного підходу показав, що відомі агенти спрямовані або на автоматизоване розроблення програмного коду за специфікацією, або на формалізацію наявних вимог, або ж, максимум, на усунення невизначеності у вимогах. Вони не розв'язують задачу оцінювання достатності інформації у вимогах до ПЗ на основі автоматизованого аналізу специфікацій вимог до ПЗ.

Отже, на сьогодні невирішеною і актуальною є проблема автоматизації аналізу специфікацій вимог до ПЗ на предмет достатності інформації та підвищення рівня достатності інформації щодо характеристик якості ПЗ у специфікаціях вимог. Невирішеність цієї проблеми обумовлює необхідність розроблення інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення, що і буде *метою цього дослідження*.

Метод діяльності та структура інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення. Інтелектуальний агент для оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення розробляється на основі онтологічного підходу. В якості відомих знань інтелектуальний агент використовує базу онтологію предметної галузі «Інженерія програмного забезпечення» (частина «Якість ПЗ»), розроблену у [5]. Інтелектуальний агент на основі онтологічного підходу для оцінювання початкових етапів життєвого циклу ПЗ приймає на вхід інформацію щодо якості зі специфікації вимог до ПЗ (у вигляді онтології для реального ПЗ) та проводить оцінювання рівня достатності інформації щодо якості у вимогах до ПЗ.

Інтелектуальний агент проводить аналіз отриманого списку відсутніх атрибутів та залежностей характеристик якості від атрибутів (за базовими онтологіями) і встановлює, які характеристики якості ПЗ неможливо визначити без відсутніх атрибутів. Крім цього, інтелектуальний агент підраховує кількості відсутніх атрибутів та характеристик, які неможливо обчислити без певних атрибутів, для формування числової оцінки достатності інформації у специфікаціях вимог до ПЗ. Після цього інтелектуальний агент оцінює інформацію у специфікації вимог до ПЗ та приймає рішення про подальші дії, зокрема, надає висновки про достатність інформації та рекомендації щодо її підвищення.

Метод діяльності інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення складається з наступних етапів [13] (рис. 1).

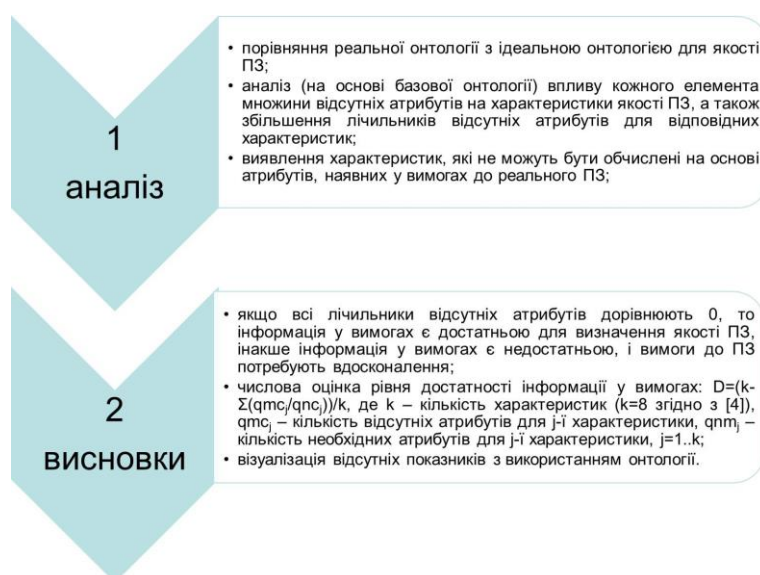


Рис. 1. Метод діяльності інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення

Результатом роботи розробленого інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення є нові знання – висновки про рівень достатності інформації, рекомендації щодо підвищення рівня достатності інформації у специфікації вимог.

Структурна схема інтелектуального агента на основі онтологічного підходу на основі онтологічного підходу для оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення представлена на рис. 2.

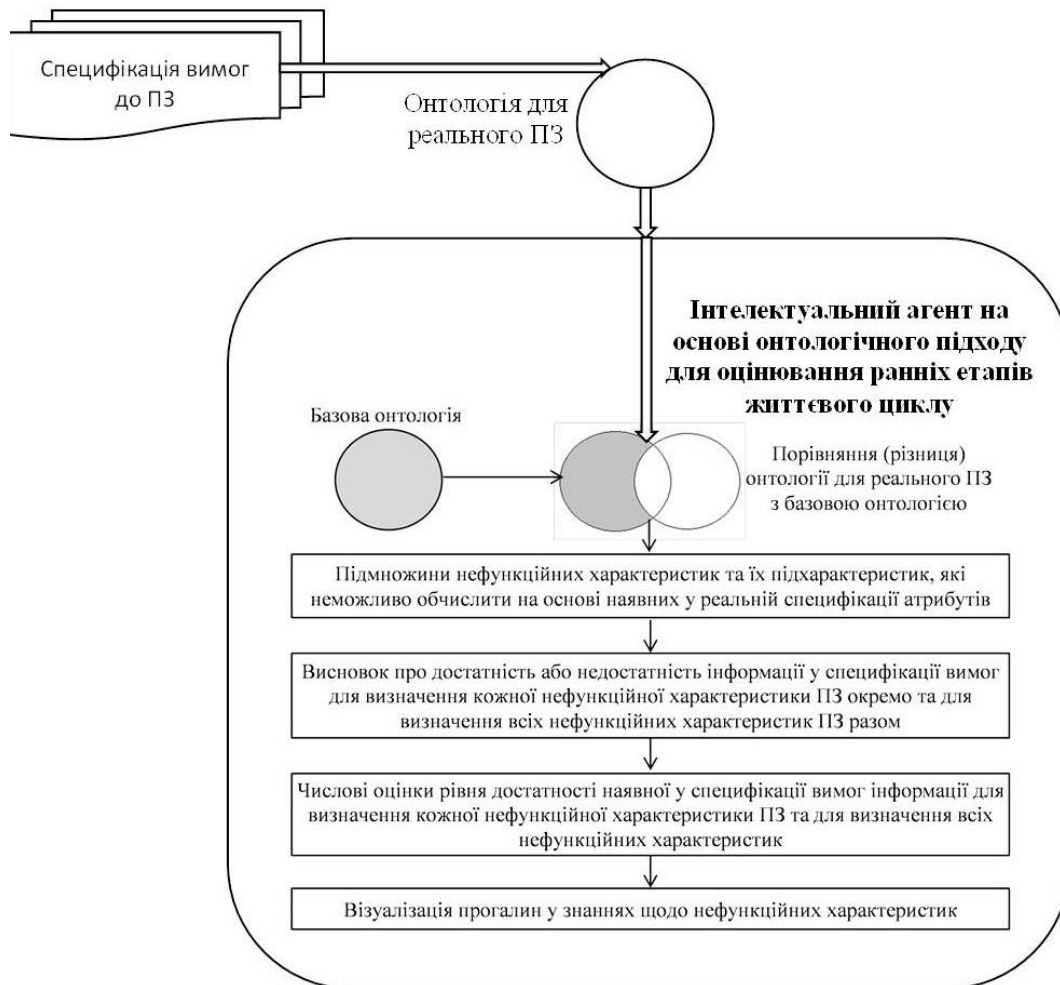


Рис. 2. Структура інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення

Крім висновку про рівень достатності інформації щодо якості ПЗ, інтелектуальний агент надає також візуалізацію прогалів у знаннях про всі нефункційні характеристики. Така візуалізація надає користувачу список відсутніх у специфікації вимог атрибутів для визначення характеристик якості ПЗ. Крім цього, саме така візуалізація відображає на скільки та які характеристики впливає той чи інший атрибут. Після аналізу наданої агентом візуалізації прогалів у знаннях розробники можуть визначити, які атрибути першочергово слід внести до специфікації вимог з метою збільшення рівня достатності інформації.

Висновки. На сьогодні актуальною є задача автоматизованого оцінювання рівня відпрацювання початкових етапів життєвого циклу ПЗ на основі аналізу специфікацій (зокрема, автоматизованого оцінювання достатності інформації вимог). Проведений аналіз відомих підходів до оцінювання достатності інформації вимог виявив розроблені теоретичні та прикладні засади оцінювання достатності інформації щодо якості у специфікаціях вимог до ПЗ, які потребують розвитку за рахунок автоматизації такого оцінювання.

Запропонований в статті інтелектуальний агент на основі онтологічного підходу забезпечує можливість автоматизувати аналіз специфікацій вимог до ПЗ на предмет достатності їх інформації. Автоматизація аналізу специфікацій вимог до ПЗ стала можливою за рахунок використання онтологій при функціонуванні розробленого агента. Саме онтології, за рахунок відображення причинно-наслідкових зв'язків між поняттями та концептуалізації домена фіксуванням сутностей та зв'язків, забезпечили виявлення дублювань та прогалів у знаннях на основі візуалізації відсутніх логічних зв'язків. Така візуалізація відсутніх логічних зв'язків відображає, яких саме атрибутів недостатньо у специфікації, на які характеристики якості ПЗ впливає відсутність певних атрибутів та який рівень достатності інформації у певній специфікації.

Інтелектуальний агент здійснює оцінювання достатності інформації у специфікації вимог для визначення всіх характеристик якості ПЗ. Пропонований інтелектуальний агент забезпечує висновок про достатність або недостатність інформації у специфікації. Крім цього, він надає числові оцінки рівня достатності інформації для визначення кожної характеристики якості ПЗ та для визначення всіх характеристик

якості ПЗ разом. Агентом також формується список атрибутів, якими варто доповнити специфікацію вимог для підвищення рівня достатності її інформації, та візуалізація прогалин у знаннях про характеристики якості ПЗ. Таким чином, представлений агент дозволяє частково усунути людину з процесів опрацювання інформації та здобуття знань.

Інтелектуальність пропонованого агента полягає не тільки у формуванні висновку про достатність або недостатність інформації, а і наданні числових оцінок рівня достатності інформації у специфікації вимог. Він також рекомендує доповнити цю специфікацію атрибутами, необхідними для визначення характеристик якості ПЗ (з наданням списку та візуалізації відсутніх атрибутів). Якщо розробники специфікації дослухаються до рекомендацій агента і доповнюють специфікацію необхідними атрибутами, то рівень достатності інформації у аналізованій специфікації вимог для визначення характеристик якості програмного забезпечення зростає. Результати функціонування пропонованого інтелектуального агента на основі онтологічного підходу в комплексі забезпечують підвищення рівня достатності інформації у специфікації вимог до ПЗ для визначення характеристик якості та якості ПЗ. Крім цього, результати функціонування пропонованого інтелектуального агента спрямовані на уникнення втрат істотної інформації і мінімізацію виникнення помилок на ранніх етапах життєвого циклу ПЗ.

Отже, розроблений інтелектуальний агент на основі онтологічного підходу забезпечує підвищення рівня достатності інформації у специфікації вимог до ПЗ для визначення восьми характеристик якості ПЗ. Розроблений інтелектуальний агент на основі онтологічного підходу може використовуватись для будь-якого програмного забезпечення, єдиним обмеженням є наявність специфікації вимог до ПЗ.

Література

1. Shane H. Standish Group 2015 Chaos Report – Q&A with Jennifer Lynch / H. Shane, S. Wojewoda. – URL : <http://www.infoq.com/articles/standish-chaos-2015>
2. McConnell S. Code complete / S. McConnell. – Redmond : Microsoft Press, 2013. – 896 p.
3. Cruickshank K. J. A validation metrics framework for safety-critical software-intensive systems / Cruickshank K. J. – USA : Monterey, 2009. – 144 p.
4. 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).
5. Hovorushchenko T. Information technology of evaluating the sufficiency of information on quality in the software requirements specifications / T. Hovorushchenko, O. Pomorova. – CEUR-WS. – 2018. – Vol. 2104. – P. 555–570.
6. Burov E. Complex ontology management using task models / E. Burov // International Journal of Knowledge-Based and Intelligent Engineering Systems. – 2014. – Vol. 18. – № 2. – P. 111–120.
7. Assawamekin N. Ontology-based multiperspective requirements traceability framework / N. Assawamekin, A. Namfon, T. Sunetnanta, C. Pluemtipitwiriyaewej. – Knowledge Information Systems. – 2010. – № 3. – P. 493–522.
8. Leonid K. Ontology and model alignment as a means for requirements validation / K. Leonid, R. Gacitua, M. Rouncefield, P. Sawyer // Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Semantic Computing. – USA : Pittsburgh, 2010. – P. 46–51.
9. Bajnaid N. O. An ontological approach to model software quality assurance knowledge domain / N.O. Bajnaid, R. Benlamri, A. Pakstas, Sh. Salekzamankhani // Lecture Notes on Software Engineering. – 2016. – Vol. 4. – № 3. – P. 193–198.
10. Freitas A. Model-driven engineering of multi-agent systems based on ontologies / A. Freitas, R. H. Bordini, R. Vieira // Applied Ontology. – 2017. – Vol. 12. – Issue 2. – P. 157–188.
11. Ossowska K. Exploring an ontological approach for user requirements elicitation in the design of online virtual agents / K. Ossowska, L. Szewc, P. Weichbroth, I. Garnik, M. Sikorski // Information Systems: Development, Research, Applications, Education. – 2017. – Vol. 264. – P. 40–55.
12. Rakib A. A formal approach to modelling and verifying resource-bounded context-aware agents / A. Rakib, R. U. Faruqi // Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences Social Informatics and Telecommunications Engineering. – 2013. – Vol. 109. – P. 86–96.
13. Hovorushchenko T. Method of Activity of Ontology-Based Intelligent Agent for Evaluating the Initial Stages of the Software Lifecycle / T. Hovorushchenko, O. Pavlova // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2019. – Vol. 836. – P. 169–178.

Надійшла / Paper received: 19.04.2020

Надрукована / Paper Printed : 03.06.2020