

Голові спеціалізованої вченої ради

ДФ 70.052.005

Хмельницького національного університету

доктору технічних наук, професору

Бармаку Олександрові Володимировичу

29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Павлової Ольги Олександрівни

«Агентно-орієнтована інформаційна технологія оцінювання початкових

етапів життєвого циклу програмного забезпечення

на основі онтологічного підходу»,

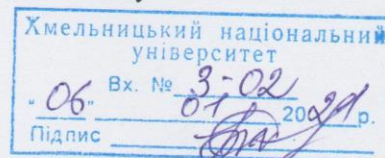
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки

1. Актуальність теми та зв'язок з науковими планами і програмами

Враховуючи той факт, що на сьогодні практично усі сфери людської діяльності пов'язані з комп'ютерними системами, основою яких є програмне забезпечення (ПЗ), особливої уваги з точки зору необхідності розроблення ефективних інформаційних технологій потребує галузь інженерії програмного забезпечення, особливо для розв'язання задачі оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення.

У галузі інженерії ПЗ і досі існують проблеми, які були помітними ще більше 50 років тому – великі проекти виконуються з відставанням від графіка або з перевищенням кошторису витрат, розроблений продукт не має необхідних функціональних можливостей, продуктивність його часто є низькою, якість програмного забезпечення не влаштовує споживачів.



Серед причин можливих невдач при розробленні ПЗ основною причиною є нечітке й неповне формування та формулювання вимог до ПЗ. Помилки, внесені на етапі формування та формулювання вимог, складають 25-55% всіх помилок, причому чим більший обсяг ПЗ, тим більше помилок вноситься саме на ранніх етапах. Але чим раніше буде виявлено дефект (помилку, порушення, недолік, несправність), внесений на етапі формування та формулювання вимог, тим дешевше обійдеться його виправлення.

Отже, успішність реалізації програмного проєкту (як вчасне виконання програмного проєкту в рамках виділеного бюджету та з реалізацією всіх необхідних можливостей та функцій) суттєво залежить від специфікації вимог. Тому наразі актуальним є аналіз специфікації вимог до ПЗ та можливість автоматизованого оцінювання рівня відпрацювання початкових етапів життєвого циклу ПЗ, зокрема, виявлення та усунення фактів недостатності інформації, котра має до них відношення (причому особливої уваги потребує інформація про нефункційні характеристики ПЗ).

Потреба у автоматизації оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення, а також відсутність інформаційної технології для оцінювання початкових етапів життєвого циклу ПЗ створюють *актуальну науково-прикладну задачу*, а дисертаційна робота Павлової Ольги Олександрівни, присвячена розробленню агентно-орієнтованої інформаційної технології оцінювання початкових етапів життєвого циклу ПЗ на основі онтологічного підходу, є *актуальною* і важливою для забезпечення успішності реалізації програмного проєкту.

Тематика дисертаційного дослідження відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки на період до 2020 року, визначеним Верховною Радою України.

Актуальність проблеми та важливість отриманих результатів підтверджується їх використанням при виконанні держбюджетної теми та впровадженням на підприємствах, які займаються розробленням програмного забезпечення та комп'ютерних систем.

Дослідження, результати яких викладено в дисертації, виконано в рамках виконання науково-дослідних робіт за держбюджетною темою Хмельницького національного університету “Агентно-орієнтована система підвищення безпеки та якості програмного забезпечення комп’ютерних систем” (ДР №0119U100662). Роль автора в НДР, в якій вона є безпосереднім виконавцем, полягає у розробленні моделей, методів та інформаційної технології для оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення.

2. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, як містить анотацію, зміст, перелік умовних скорочень, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатки.

У *вступі* обґрунтована актуальність тематики, визначено об’єкт та предмет досліджень, сформульовані мета і задачі дослідження, визначена наукова новизна та практична цінність одержаних результатів, а також наведено відомості про апробацію та структуру роботи.

Перший розділ дисертаційного дослідження присвячено аналізу відомих моделей, методів та засобів оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення. У ньому проведено аналіз впливу інформації у специфікації вимог до програмного забезпечення на успішність програмного забезпечення. Аналізу в першому розділі піддано також методи та засоби оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення. Досліджено також онтології та інтелектуальні агенти на основі онтологічного підходу як перспективні засоби для оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення. Проведення такого аналізу дало автору можливість показати відсутність відповідних методів, інтелектуальних агентів та інформаційних технологій оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення. Крім цього,

проведений аналіз дозволив зробити висновок щодо необхідності розроблення агентно-орієнтованої інформаційної технології оцінювання початкових етапів життєвого циклу ПЗ на основі онтологічного підходу. Матеріал розділу висвітлено повно. В цілому автор провела ґрунтовний аналіз предметної галузі. Обґрунтування актуальності вирішуваної наукової задачі виконано автором досить ретельно та всебічно.

Другий розділ дисертації присвячено моделюванню діяльності інтелектуальних агентів на основі онтологічного підходу. У ньому проведено моделювання нефункційних характеристик-складових якості програмного забезпечення, а також моделювання діяльності інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання специфікацій вимог до програмного забезпечення. Автор вперше розробила модель діяльності інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання специфікацій вимог до програмного забезпечення, яка ґрунтується на порівняльному аналізі онтологій та є теоретичним підґрунтям для реалізації інтелектуального агента на основі онтологічного підходу. Оригінальними рішеннями автора також є теоретико-множинні та онтологічні моделі нефункційних характеристик програмного забезпечення.

Третій розділ дисертаційної роботи присвячено розробленню методів діяльності інтелектуальних агентів на основі онтологічного підходу. Автором розроблено методи діяльності інтелектуальних агентів на основі онтологічного підходу для семантичного аналізу (парсингу) специфікацій вимог до програмного забезпечення та методи діяльності інтелектуальних агентів на основі онтологічного підходу для оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення, а також проведено експерименти щодо аналізу нефункційних характеристик у специфікаціях вимог до програмного забезпечення за допомогою інтелектуальних агентів. Оригінальним рішенням автора є розроблений у третьому розділі метод діяльності інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення,

який здійснює оцінювання достатності інформації у специфікації вимог для визначення всіх нефункційних характеристик-складових якості програмного забезпечення, забезпечує висновок про достатність або недостатність інформації у специфікації, надає числові оцінки рівня достатності інформації для визначення кожної нефункційної характеристики програмного забезпечення та для визначення всіх нефункційних характеристик-складових якості програмного забезпечення разом, формує список атрибутів, якими варто доповнити специфікацію вимог для підвищення рівня достатності її інформації, тобто в комплексі дозволяє частково усунути людину з процесів опрацювання інформації та здобуття знань. Крім цього, автором було метод діяльності інтелектуального агента для автоматизованого семантичного аналізу (парсингу) специфікацій вимог до програмного забезпечення, який виконує парсинг специфікації, визначає кількість та відсоток відсутніх атрибутів, відображає, яких атрибутів не вистачає для тієї чи іншої підхарактеристики нефункційної характеристики, а також формує реальну онтологію для нефункційних характеристик.

У четвертому розділі розроблено агентно-орієнтовану інформаційну технологію оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення на основі онтологічного підходу. Автором розроблено структуру та реалізовано агентно-орієнтованої інформаційної технології оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення на основі онтологічного підходу, представлено її результати функціонування, а також визначено її переваги.

Висновки по роботі сформульовані чітко, вони повністю висвітлюють отримані в роботі результати. За своїм рівнем висновки відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Список літератури є інформативним, достатньо повно охоплює предметну галузь та відображає опрацювання автором значної кількості іноземних джерел.

Додатки до роботи містять список публікацій здобувачки, акти впровадження результатів дисертації та лістинг програмного коду модуля ядра програми.

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи Павлової Ольги Олександрівни достатньо обґрунтовані коректним використанням математичного апарату, підкріплені успішною реалізацією агентно-орієнтованої інформаційної технології, ефективним практичним впровадженням результатів дисертаційних досліджень, яке продемонструвало збігання теоретичних досліджень з реальними результатами.

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації, логічно випливають із результатів, отриманих за допомогою чітких викладок з коректним використанням принципів системного аналізу (ієрархічності, декомпозиції та ін.), методів аналізу та моделювання процесів, теоретико-множинних підходів, алгебри систем, методів онтологічного моделювання, апарату модельно-орієнтованих підходів, методів концептуального моделювання, принципів побудови баз знань та формування логічного висновку, загальних принципів створення інформаційних систем та систем підтримки прийняття рішень.

Розроблені дисертанткою практичні рекомендації ґрунтуються на розробленому нею науково-методичному апараті.

Відзначаю, що наукові положення та рекомендації висновків до всіх розділів дисертаційної роботи (с. 49-51, с. 73, с. 109-111, с. 137-139) та загальних висновків до дисертаційної роботи (с. 140-144) сформульовано науково обґрунтовано і логічно за результатами аналізу, узагальнення відомих та отриманих результатів, теоретичних досліджень, а також експериментальної перевірки агентно-орієнтованої інформаційної технології.

3. Наукова новизна одержаних результатів

Підтверджую, що наукова новизна одержаних результатів полягає у розробленні агентно-орієнтованої інформаційної технології для оцінювання

початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення на основі онтологічного підходу, яка забезпечила можливість автоматизації оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення та усунення людського фактору з цього процесу.

До найбільш суттєвих і науково нових результатів дисертаційної роботи, на мою думку, можна віднести:

– *вперше розроблену* модель діяльності інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання специфікацій вимог до програмного забезпечення, яка ґрунтується на порівняльному аналізі онтологій та є теоретичним підґрунтям для реалізації інтелектуального агента на основі онтологічного підходу;

– *вперше розроблений* метод діяльності інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання початкових етапів життєвого циклу ПЗ, який працює на основі розробленої моделі та здійснює оцінювання достатності інформації у специфікації вимог для визначення всіх нефункційних характеристик-складових якості програмного забезпечення, забезпечує висновок про достатність або недостатність інформації у специфікації, надає числові оцінки рівня достатності інформації для визначення кожної нефункційної характеристики програмного забезпечення та для визначення всіх нефункційних характеристик-складових якості програмного забезпечення разом, формує список атрибутів, якими варто доповнити специфікацію вимог для підвищення рівня достатності її інформації, тобто в комплексі дозволяє частково усунути людину з процесів опрацювання інформації та здобуття знань;

– *розвинуту* агентно-орієнтовану інформаційну технологію оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення на основі онтологічного підходу в частині автоматизації оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення, яка, на відміну від відомих, виконує оцінювання та забезпечує підвищення рівня достатності

інформації вимог для визначення кожної нефункційної характеристики окремо та всіх нефункційних характеристик разом;

– *удосконалений* метод діяльності інтелектуального агента для автоматизованого семантичного аналізу (парсингу) специфікацій вимог до програмного забезпечення, який, на відміну від відомих, ґрунтується на врахуванні вимог стандарту ISO 25010 і на обраній номенклатурі метрик та виконує парсинг специфікації, визначає кількість та відсоток відсутніх атрибутів, відображає, яких атрибутів не вистачає для тієї чи іншої підхарактеристики нефункційної характеристики, а також формує реальну онтологію для нефункційних характеристик, яка може бути використана інтелектуальним агентом на основі онтологічного підходу для оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення.

Вважаю, що наукові результати здобувачки є вагомим внеском у розвиток автоматизації оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення, а також у розвиток інформаційних технологій для оцінювання початкових етапів життєвого циклу ПЗ.

4. Достовірність отриманих результатів і висновків

Достовірність отриманих результатів забезпечується коректною постановкою задачі, мети та завдань дисертаційного дослідження, які розв'язуються послідовно та аргументовано. Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується відповідністю методології дослідження поставленій проблемі, повнотою розгляду на теоретичному та експериментальному рівнях об'єкта дослідження, застосуванням комплексу методів, адекватних предмету дослідження.

Достовірність і обґрунтованість результатів дисертаційного дослідження ґрунтуються на:

- використанні теоретико-множинних підходів, алгебри систем, методів онтологічного моделювання, апарату модельно-орієнтованих підходів, методів концептуального моделювання, принципів побудови баз

знань та формування логічного висновку в процесі моделювання діяльності інтелектуальних агентів на основі онтологічного підходу для автоматизованого аналізу специфікацій вимог до ПЗ, а також при розробленні методів діяльності інтелектуальних агентів на основі онтологічного підходу для автоматизованого семантичного аналізу (парсингу) специфікацій вимог до ПЗ та для оцінювання початкових етапів життєвого циклу ПЗ;

- застосуванні загальних принципів створення інформаційних систем та систем підтримки прийняття рішень при проєктуванні та реалізації агентно-орієнтованої інформаційної технології для оцінювання початкових етапів життєвого циклу ПЗ.

Достовірність результатів базується на обґрунтованості припущень, результатах експериментальних досліджень, правильному аналізу отриманих результатів, а також на успішній їх апробації на науково-технічних конференціях.

5. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання

Практичне значення одержаних результатів полягає в доведенні теоретичних положень дисертації до реалізації, рекомендацій та безпосередньому використанні на підприємстві. Була реалізована агентно-орієнтована інформаційна технологія для оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення, яка: автоматизує трудомістку та схильну до помилок задачу розбору специфікації вимог; вказує на необхідність доопрацювання специфікації із зазначенням вимог, які потребують доопрацювання; забезпечує швидке навчання нових системних інженерів та керівників проєктів (використання розробленої інформаційної технології під час створення або аналізу вимог допомагає їм швидко бачити помилки, яких вони можуть припуститись, і допомагає розпізнавати ці помилки в роботі інших); допомагає виправити та усунути помилки та

неточності у вимогах на ранніх етапах життєвого циклу; є інструментом для вибору більш якісної специфікації; доступна онлайн в будь-який час без реєстрації.

Акти впровадження результатів дисертаційної роботи підтверджують успішне впровадження отриманих рішень на підприємствах ТОВ «Деймос», ТОВ «ІТТ», ГО «ІТ Кластер м. Хмельницького», у навчальному процесі Хмельницького національного університету та ПВНЗ «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Ю. Бугая», а також при виконанні держбюджетного проекту Хмельницького національного університету “Агентно-орієнтована система підвищення безпеки та якості програмного забезпечення комп’ютерних систем” (ДР №0119U100662).

Дослідження проводились з врахуванням їх наступної практичної реалізації. Результати досліджень можуть бути рекомендовані до впровадження в діяльності софтверних компаній для оцінювання рівня відпрацювання початкових етапів життєвого циклу ПЗ.

6. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях

Повний обсяг роботи становить 175 сторінок друкованого тексту, з них анотація – на 12 стор., зміст – на 2 стор., перелік умовних скорочень – на 1 стор., основний текст – на 128 стор., список із 152 використаних джерел – на 17 стор., додатки – на 14 стор. Оформлення дисертації відповідає усім необхідним вимогам.

Дисертаційна робота має логічну структуру. Основні висновки і рекомендації логічно витікають із результатів, які наведено у розділах роботи.

Проведено перевірку дисертації на наявність академічного плагіату, отримані результати свідчать про високу індивідуальність роботи. По всьому тексту дисертації простежується авторський стиль. У дисертації не виявлено

текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела.

Усі основні положення та найбільш важливі результати дисертації, подані до захисту, опубліковані в необхідному обсязі у фахових наукових виданнях України та закордонних виданнях, пройшли відповідну апробацію на міжнародних науково-технічних конференціях. Основні результати дисертації опубліковані у 28 наукових працях, серед яких 9 статей у періодичних виданнях, що індексуються в наукометричних базах Scopus, Web of Science (в тому числі 1 стаття, яку опубліковано у періодичному науковому виданні іншої держави, яка входить до Європейського Союзу; 1 стаття у періодичному виданні 2-го квартилю, що індексується в наукометричній базі Scopus); 8 статей у фахових наукових журналах України; 3 статті в матеріалах конференцій, що індексуються в наукометричних базах Scopus, Web of Science; 3 публікації у матеріалах конференцій (тези доповідей); 5 свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір. Вимоги щодо кількості та якості публікацій виконано. Вимогам п.11 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 року №167 (із змінами) відповідає 17 публікацій.

7. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. Авторка повсюдно в роботі використовує термін «дефект», не даючи визначення цього поняття.
2. В п. 2.2 авторка говорить про «... отримані функції залежностей характеристик від підхарактеристик і підхарактеристик від атрибутів». Але раніше в роботі тільки відмічено, що характеристики залежать від підхарактеристик, а самих форм залежності не наведено.
3. Щодо функцій залежності характеристик від підхарактеристик та функцій залежності підхарактеристик від атрибутів. В роботі не з'ясовано, чи дійсно зв'язок між ними є функційним. Більш природно

уявити існування лише кореляції між характеристиками та підхарактеристиками.

4. Метод діяльності інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для семантичного парсингу природомовних специфікацій вимог до ПЗ, який описано в п. 3.1 є повністю прив'язаним до стандарту ISO 25023:2016. Але не ясно, чи буде цей метод працювати при зміні або оновленні стандарту?

5. Запропоновану в розділі 4 Агентно-орієнтовану інформаційну технологію доцільно було б представити в нотації IDEF0.

Однак зазначені зауваження не є принциповими, істотно не впливають на зміст дисертаційної роботи та не знижують її наукової та практичної цінності.

8. Висновки

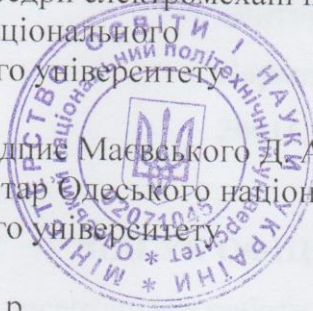
Представлена дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить нові науково обґрунтовані результати. У дисертації розв'язано актуальну науково-прикладну задачу автоматизації оцінювання початкових етапів життєвого циклу програмного забезпечення шляхом розроблення агентно-орієнтованої інформаційної технології оцінювання початкових етапів життєвого циклу ПЗ на основі онтологічного підходу.

Одержані наукові та практичні результати є значущими для галузей інформаційних технологій в цілому та комп'ютерних наук зокрема. Тема і зміст дисертації відповідають спеціальності 122 – Комп'ютерні науки.

Отже, з огляду на актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх новизну та практичну цінність, повноту викладу в наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що *дисертація цілком відповідає* вимогам пп. 9-12 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 року №167 (із змінами), а її *авторка,*

Павлова Ольга Олександрівна, заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент – доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри електромеханічної інженерії
Одеського національного
політехнічного університету



Д. А. Маєвський

Особистий підпис Маєвського Д. А. засвідчую:
Вчений секретар Одеського національного
політехнічного університету

В. І. Шевчук

04 січня 2021 р.