

Голові разової спеціалізованої вченої
ради в Національному університеті
«Одеська політехніка» доктору
технічних наук, професору, завідувачу
кафедри комп'ютерних систем
Навчально-наукового інституту
штучного інтелекту та робототехніки
Валерію СИТНИКОВУ

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, кандидата технічних наук, доцента кафедри комп'ютерних
систем Навчально-наукового інституту штучного інтелекту та робототехніки

Національного університету «Одеська політехніка»

Ступеня Павла Вячеславовича

на дисертаційну роботу здобувача

Штільмана Павла Романовича

«Багаторівнева онтологія аналізу ризиків у бездротових сенсорних мережах»,
що подана до захисту в разову спеціалізовану вчену раду Національного
університету «Одеська політехніка» Міністерства освіти і науки України на
здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 – Комп'ютерна
інженерія, галузь знань 12 – Інформаційні технології

1. Актуальність теми дисертації

Актуальність обраної теми дисертації обумовлена необхідністю підвищення
ефективності аналізу станів, вразливостей і ризиків у бездротових сенсорних
мережах (БСМ), які широко використовуються у промислових, кіберфізичних та
інформаційно-вимірювальних системах. Такі мережі функціонують в умовах
невизначеності, обмежених енергетичних ресурсів, нестабільності каналів зв'язку,

впливу завад, зміни топології та неповноти вхідних даних, що ускладнює своєчасне виявлення критичних станів і прийняття обґрунтованих рішень.

Однією з передумов надійного функціонування БСМ є створення формалізованих моделей, здатних поєднувати параметричний, нечіткий, структурний та семантичний опис станів вузлів, каналів зв'язку, маршрутів і сегментів мережі. Саме тому дисертаційна робота, що присвячена розробці багаторівневої онтології аналізу ризиків у бездротових сенсорних мережах, є актуальною.

Запропоновані у роботі моделі та методи забезпечують можливість семантичного логування станів компонентів БСМ, аналізу вразливостей, побудови карти ризиків і формування рекомендацій щодо реагування на позаштатні ситуації. Це відповідає тенденціям розвитку комп'ютерної інженерії, пов'язаним із побудовою інтелектуальних засобів моніторингу, аналізу та підтримки прийняття рішень у розподілених комп'ютерних системах.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи забезпечується послідовним використанням сучасного математичного та методичного апарату, зокрема нечітких моделей, онтологічного представлення знань, графово-атрибутивного опису мереж і методів ризик-орієнтованого аналізу. Прийняті в роботі припущення узгоджуються з реальними умовами функціонування бездротових сенсорних мереж, для яких характерні неповнота даних, обмежені ресурси вузлів, змінність середовища та нестабільність каналів зв'язку.

Належний рівень достовірності отриманих результатів підтверджується аналізом наукових праць за тематикою дослідження, формальним описом запропонованих моделей і методів, а також результатами імітаційної перевірки тестової БСМ. Це дозволило здобувачу обґрунтувати можливість семантичного

подання станів компонентів мережі, виявлення вразливостей, оцінювання ризиків і формування рекомендацій щодо реагування.

3. Наукова новизна одержаних результатів

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню актуальної науково-прикладної задачі розробки інтегрованої багаторівневої онтологічної моделі ризик-орієнтованого управління бездротовими сенсорними мережами, яка забезпечує семантичне узгодження і повноту подання станів мережі.

Наукові результати дисертації мають теоретичну та прикладну значущість і характеризуються такими елементами новизни:

- *отримала подальший розвиток* спеціальна нечітка модель сенсорного вузла та каналу зв'язку БСМ, побудована на основі графово-атрибутивного опису структури мережі та нечіткої інтерпретації станів її компонентів. Запропонована модель забезпечує перехід від параметричних характеристик до лінгвістично й семантично визначених станів, що підвищує придатність опису БСМ для подальшого аналізу вразливостей і ризиків;

- *уперше розроблено* інтегровану багаторівневу онтологічну модель аналізу БСМ, що поєднує графово-атрибутивне подання мережі, нечіткі оцінки станів компонентів, формалізовані вразливості, ризикові фактори та рекомендаційні механізми адаптивного керування. Модель забезпечує цілісне семантичне подання стану БСМ і створює основу для підтримки прийняття рішень;

- *отримав подальший розвиток* метод семантичного визначення та логування станів компонентів БСМ, що передбачає поетапне узгодження телеметричних, топологічних і нечітко інтерпретованих характеристик мережі з подальшим формуванням онтологічного запису її поточного стану;

- *удосконалено* метод аналізу вразливостей БСМ, який ґрунтується на використанні формальних правил нечіткого логічного висновку, онтологічних залежностей і контекстних ознак функціонування компонентів мережі. Це надає

можливості визначати критичні стани, слабкі місця та потенційно небезпечні конфігурації БСМ;

– *отримав подальший розвиток* узагальнений метод оцінки ризику в БСМ, що забезпечує семантичне поєднання результатів аналізу вразливостей, поточного контексту функціонування мережі, факторів середовища, зовнішніх впливів і структурної ролі компонентів. Метод створює підґрунтя для побудови карти ризиків і вибору обґрунтованих контрзаходів.

Дисертаційна робота є завершеним дослідженням: поставлені завдання виконано, а отримані результати підтверджують наукову новизну, цілісність і практичну спрямованість запропонованих моделей та методів.

4. Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях

Дисертація є цілісним і завершеним науковим дослідженням, результати якого достатньо повно відображено в опублікованих працях здобувача та відповідає кваліфікаційним вимогам до здобувачів ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія.

Публікаційна активність здобувача охоплює 12 праць, виданих протягом 2022–2025 років. Структура наукового доробку виглядає наступним чином:

– статті: загалом 5 публікації, з них 3 статті у фахових виданнях України, 2 публікації індексуються наукометричною базою SCOPUS.

– апробація результатів: 7 матеріалів міжнародних та всеукраїнських конференцій.

Публікації відображають усі ключові напрями дослідження:

- нечітке моделювання компонентів бездротових сенсорних мереж;
- формалізацію станів сенсорного вузла та каналу зв'язку в умовах невизначеності;
- побудову багаторівневої онтологічної моделі аналізу ризиків у БСМ;
- семантичне визначення та логування станів компонентів мережі;
- аналіз вразливостей вузлів, каналів, маршрутів і сегментів БСМ;

- оцінювання ризиків і формування карти ризиків та підтримку прийняття рішень щодо реагування на позаштатні ситуації.

Аналіз змісту публікацій свідчить про достатню повноту висвітлення результатів дисертаційної роботи та суттєвий особистий внесок здобувача у формулювання наукових положень, розроблення моделей і методів, а також апробацію отриманих результатів.

Повнота відображення результатів у публікаціях є достатньою і відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

5. Значення роботи для науки та практики

Наведені в дисертації результати досліджень дозволяють зробити висновок про наукову значущість роботи, оскільки здобувачем розроблено та формалізовано моделі й методи аналізу ризиків у бездротових сенсорних мережах, що поєднують нечітке моделювання, онтологічне подання знань, аналіз вразливостей, оцінювання ризику та формування рекомендацій щодо реагування. Обґрунтованість запропонованих рішень підтверджується результатами імітаційного дослідження тестової БСМ та практичною спрямованістю отриманих результатів.

Результати наукових досліджень здобувача мають практичне значення, що підтверджується довідкою про впровадження у діяльність ТОВ «Інтелект Груп Компані». У діяльності підприємства використано результати, пов'язані з розробленням блоку адаптивного керування у структурі багаторівневої онтологічної моделі бездротової сенсорної мережі, зокрема підхід до формування рекомендацій щодо реагування на ризикові ситуації з урахуванням поточного контексту функціонування мережі, характеру вразливостей, рівня ризику та ресурсних обмежень.

Практичне застосування зазначених положень підтверджує придатність запропонованого підходу для аналізу стану бездротових сенсорних мереж, оцінювання ризикових ситуацій і формування рекомендацій щодо реагування на виявлені загрози. Отримані результати можуть бути використані як засіб підтримки

прийняття рішень оператором або зовнішньою системою керування в системах моніторингу та управління.

6. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

За результатами ознайомлення з дисертаційною роботою порушень академічної доброчесності не виявлено. Використані в роботі положення, підходи, методи та результати попередніх досліджень супроводжуються відповідними посиланнями на джерела, а загальноновживані терміни й усталені наукові положення подано відповідно до прийнятої практики академічного викладу.

Додатковим підтвердженням дотримання принципів академічної доброчесності є наявність публікації основних результатів дослідження у рецензованих наукових виданнях та матеріалах конференцій, що передбачають попередній розгляд і перевірку поданих матеріалів. Перевірка дисертаційної роботи не виявила фактів плагіату, самоплагіату, фабрикації чи фальсифікації результатів. Отже, дисертаційне дослідження є самостійним науковим доробком здобувача.

7. Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації

1. В дисертації доцільно було б чіткіше розмежувати практичну інтерпретацію понять «загроза», «вразливість» і «ризик» саме в контексті бездротової сенсорної мережі, оскільки ці поняття є взаємопов'язаними, але виконують різні функції у запропонованій онтологічній моделі.

2. При описі семантичного логування станів компонентів БСМ бажано було б докладніше показати, як часові зрізи телеметричних даних можуть використовуватися для відстеження динаміки зміни стану вузлів і каналів зв'язку.

3. При розгляді карти ризиків бажано було б ширше розкрити питання її використання оператором або особою, що приймає рішення, зокрема у частині визначення пріоритетності реагування на декілька одночасно виявлених ризикових станів.

4. У роботі доцільно було б окремо окреслити можливості подальшого розширення запропонованої онтологічної моделі шляхом додавання нових типів загроз, контекстних факторів або класів сенсорних пристроїв.

Вказані зауваження мають рекомендаційний характер, не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та не знижують наукової і практичної цінності отриманих результатів.

8. Загальний висновок про відповідність роботи встановленим вимогам

Дисертаційна робота Штільмана Павла Романовича на тему «Багаторівнева онтологія аналізу ризиків у бездротових сенсорних мережах» є самостійним і завершеним науковим дослідженням, у якому отримано результати, що мають теоретичне та практичне значення для галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія. Робота спрямована на розв'язання актуального науково-прикладного завдання, пов'язаного з аналізом ризиків у бездротових сенсорних мережах в умовах невизначеності, обмежених ресурсів і динамічної зміни параметрів функціонування мережі.

З урахуванням змісту дисертації, рівня обґрунтованості наукових положень, повноти викладення результатів в опублікованих працях, практичної спрямованості отриманих результатів та відсутності порушень академічної доброчесності можна зробити висновок, що дисертаційна робота відповідає вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у ЗВО (наукових установах), затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року № 261 (зі змінами) та вимогам п.п. 5 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 (зі змінами) від 12 січня 2022 р.

Враховуючи науковий рівень роботи, самостійність виконаного дослідження, особистий внесок здобувача у розроблення моделей і методів аналізу ризиків у

бездротових сенсорних мережах, вважаю, що Штільман Павло Романович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія, галузь знань 12 Інформаційні технології.

Офіційний рецензент,
канд. техн. наук, доцент
кафедри комп'ютерних систем
Навчально-наукового інституту
штучного інтелекту та робототехніки
Національного університету
«Одеська політехніка»

Павло СТУПЕНЬ