

## **ВІДГУК**

**офіційного опонента на дисертацію Жовніра Юрія Івановича на тему "Методи та засоби побудови інтелектуальної програмної системи безпеки житлових комплексів", подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.03 - математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем**

### Загальна характеристика роботи

Дисертаційна робота Жовніра Ю.І. присвячена вирішенню актуальної наукової задачі розроблення методів та засобів побудови інтелектуальних програмних систем безпеки житлових комплексів. У сучасних умовах, коли питання забезпечення фізичної та кібербезпеки житлових об'єктів стає дедалі важливішим, дослідження автора є особливо актуальним. Робота є комплексним дослідженням, що поєднує методи математичного моделювання, машинного навчання, онтологічного аналізу та інформаційні технології IoT для розроблення інтегрованих систем безпеки з ситуаційною обізнаністю.

Дисертація відзначається достатнім рівнем наукової новизни та практичної цінності, що підтверджується результатами її апробації та дослідного впровадження на виробничій базі регіонального провайдера інтернет послуг. Запропоновані автором методи та засоби побудови систем безпеки передбачають реалізацію програмного продукту з функцією адаптації до різних типів житлових комплексів та можуть бути інтегровані в існуючі охоронні системи, що значно підвищує їх функціональну гнучкість та ефективність.

Автором приділено значну увагу не лише науково-теоретичним аспектам, а й питанням практичного впровадження розробленої системи. Дисертант в процесі дослідження продемонстрував системне розуміння можливих підходів до вирішення проблеми, що включають аналіз актуального стану інформаційних безпекових технологій, розроблення математичних моделей, програмної архітектури систем, оригінальних алгоритмів та методів їх реалізації. Запропоновані автором рішення сприяють підвищенню рівня автоматизації в

системах безпеки житлових комплексів, їхньої ситуаційної обізнаності та адаптивності до нових потенційних загроз.

Актуальність теми дослідження

Робота присвячена розробленню автоматизованих засобів гарантування безпеки житлових комплексів на базі сучасних інтелектуальних програмних систем з ситуаційною обізнаністю. Традиційні підходи до охорони об'єктів нерухомості сьогодні є зазвичай недостатньо ефективними, зокрема це пов'язано зі зростанням рівня та класів загроз та складністю інтеграції фізичних і цифрових засобів побудови такого роду систем. Запропонований автором підхід базується на використанні онтологічного підходу та ситуаційного управління, що забезпечує підвищення ефективності функціонування системи безпеки.

Сучасні житлові комплекси стають дедалі більш технологічними, що формує нові виклики в контексті гарантування їхньої безпеки. Інтеграція інформаційних технологій Інтернету речей (IoT), відеоспостереження, біометричних систем контролю доступу та кіберзахисту потребує створення комплексної системи управління процесами убезпечення від загроз. Водночас відомі традиційні системи безпеки не наділені достатньою гнучкістю та адаптивністю, що може призводити до їхньої низької ефективності.

Однією з ключових проблем є відсутність єдиної інтегрованої IT платформи, яка б забезпечувала аналіз фізичних і кіберзагроз, ефективну реалізацію автоматизованого прогнозування можливих інцидентів та адаптивне реагування на змінні умови середовища. Використання прикладної онтології, сформованої на основі базових конструктивів GFO, алгоритмів її аналізу, розроблених дисертантом з використанням обернено-адитивної метрики, дозволяє ефективно ідентифікувати потенційні загрози та запобігати критичним інцидентам у реальному часі.

Одним з важливих аспектів є питання конфіденційності та захисту персональних даних мешканців житлових комплексів, оскільки інтеграція IoT-пристроїв може створювати додаткові ризики несанкціонованого доступу до інформації.

Таким чином, дисертаційне дослідження Жовніра Ю.І. є актуальним та відповідає сучасним тенденціям розвитку інтелектуальних систем безпеки житлових комплексів з ситуаційною обізнаністю.

Наукова новизна

У дисертаційній роботі отримано низку оригінальних науково-обґрунтованих результатів, а саме:

*Вперше:*

- Розроблено модель бази знань інтелектуальної програмної системи безпеки житлових комплексів у вигляді доменно-орієнтованої онтології, яка інтегрує просторово-часові, структурні та поведінкові аспекти взаємодії компонентів системи. Запропоновано обернено-адитивну метрику для її оцінки, зокрема визначення ступеня зв'язності елементів. Це сприяло підвищенню ефективності аналізу критичних взаємозв'язків, оптимізації структурної організації компонентів та підвищенню адаптивності системи до змін у зовнішньому середовищі.

*Удосконалено:*

- Методи прогнозування розвитку подій у інтелектуальних безпекових системах, засновані на аналізі типових сценаріїв та моделей поведінки, отриманих з історичних даних ситуоїдів. Це дозволило підвищити точність і швидкість прогнозування потенційних загроз, забезпечити оперативне виявлення аномальних ситуацій та адаптивність системи до нових викликів завдяки врахуванню змін у поведінкових патернах.

*Подальший розвиток отримали:*

- Метод аналізу ієрархій для вибору оптимальних програмно-апаратних платформ на основі технологій інтернету речей, а також формування комплексів програмних інструментів для розроблення та супроводу програмної системи безпеки. Це дало змогу обґрунтовано обирати найбільш ефективні, надійні та масштабовані платформи, забезпечуючи узгодженість і цілісність програмних засобів для розроблення та підтримки інтелектуальних систем безпеки.

- Поєднання методів персон та випадкового лісу для створення ефективних інтерфейсів інтелектуальних програмних систем, що враховує індивідуальні особливості користувачів. Це дозволило підвищити рівень персоналізації інтерфейсів, адаптувати систему до різних сценаріїв взаємодії, а також покращити загальний користувацький досвід завдяки оптимізації навігації, зручності використання та швидкому доступу до ключових функцій системи безпеки.

Отримані наукові результати є суттєвим внеском у розвиток інтелектуальних систем управління безпекою та можуть бути використані не лише для житлових комплексів, а й у комерційних, адміністративних і промислових об'єктах.

#### Практичне значення результатів

Практична значущість дослідження полягає у створенні програмної системи безпеки житлових комплексів, яка дозволяє автоматизувати процеси моніторингу, аналізу та реагування на потенційні загрози.

Розроблена система успішно пройшла тестування в реальних умовах експлуатації житлових комплексів та довела свою ефективність у підвищенні рівня безпеки мешканців. Вона дозволяє інтегрувати різні джерела даних, включаючи відеоспостереження, сенсори руху, контролери доступу та аналітичні модулі кібербезпеки, що в свою чергу забезпечує комплексний підхід до захисту об'єктів.

Запропонована система може бути адаптована для використання у комерційних, адміністративних та промислових комплексах, що може суттєво розширити спектр її застосування.

Розроблені в дисертації підходи можуть бути використані при подальшому удосконаленні систем безпеки, інтеграції з діючими системами безпеки, а також у перспективних дослідженнях у контексті використання методів та засобів штучного інтелекту та IoT.

Результати дисертаційної роботи мають не лише теоретичну цінність, а й вагомим практичне значення, що підтверджується їхньою апробацією та використанням у реальних умовах експлуатації. Наукові напрацювання та

результати дисертанта активно використовуються в навчальному процесі ряду вищих навчальних закладів.

### Ступінь обґрунтованості результатів

Дисертаційна робота базується на ґрунтовному комплексному аналізі сучасних інформаційно-технологічних методів та засобів гарантування безпеки житлових комплексів. Автор використовує доволі широкий спектр сучасних наукових підходів, що системно інтегрують в собі як теоретичні, так і прикладні аспекти дослідження.

Особливо слід відзначити вдале використання онтологічного підходу для формалізації знань у сфері безпеки з задіяванням концептів GFO, що забезпечує чітке структурування та природне системне відображення взаємозв'язків між компонентами та елементами системи. Проведені автором експерименти підтверджують коректність обраної стратегії інтеграції програмних та апаратних засобів у єдиній інтелектуальній платформі безпеки житлових комплексів.

Дисертантом проведена дослідна експлуатація та тестування системи в реальних умовах, що дозволило провести попереднє оцінювання її ефективності та здатності до адаптації за змінних умов зовнішнього середовища. Отримані дисертантом результати мають високий рівень обґрунтованості, в багатьох випадках підтверджені розрахунками, практичними випробуваннями та порівняльним аналізом з відомими існуючими рішеннями.

Таким чином, наукові положення, висновки та рекомендації автора є ґрунтовними, логічно обґрунтованими та підтвердженими апробаціями в реальних виробничих умовах фірми – провайдера інтернет послуг, що підкреслює належну якість проведеного дослідження.

### Структура та зміст дисертації

Дисертаційна робота складається з п'яти основних розділів, кожен з яких послідовно розкриває ключові аспекти дослідження.

*Перший розділ* містить аналіз сучасних підходів до гарантування безпеки житлових комплексів, визначення актуальних проблем та формування наукової задачі. Проведено аналітичний огляд літератури, в якій розглядаються методи побудови інтелектуальних програмних систем безпеки та інтелектуальних

інформаційних технологій. Виявлено ключові недоліки існуючих систем та сформульовано вимоги до прикладної інтелектуальної програмної системи безпеки. Обґрунтовано необхідність використання при цьому методів машинного навчання та аналізу даних в системах з ситуаційною обізнаністю. Визначено основні виклики, пов'язані з впровадженням автоматизованих систем безпеки житлових комплексів. Узагальнено відомості щодо етапів розвитку та перспектив інтелектуальних інформаційних систем безпеки з ситуаційною обізнаністю в міських житлових комплексах.

*Другий розділ* присвячений розробці методологічної бази дисертаційного дослідження, включаючи математичне моделювання та системний аналіз потенційних загроз. Розглянуто принципи створення багаторівневої системи безпеки з використанням методів та засобів штучного інтелекту. Використано методи онтологічного аналізу для формування знань про потенційні загрози.

Дисертантом здійснено аналіз підходів до вибору програмно-апаратних платформ, методологій реалізації проєкту інтелектуальної програмної системи та комплексів програмних інструментів. Оцінено системні переваги та недоліки застосування методологій DevOps і DevSecOps у процесі розробки та впровадження інтелектуальних систем безпеки житлових комплексів.

Проведений порівняльний аналіз програмно-апаратних платформ на основі інформаційних технологій Інтернету речей із застосуванням методу аналізу ієрархій дозволив визначити найбільш ефективні рішення для побудови таких систем. Для дослідження було обрано вісім платформ: Arduino, SmartThings, HomeAssistant, Hubitat, Vera, Google Home, Abode, OpenHab. Оцінювання за п'ятьма критеріями, проведене десятьма експертами, визначило Arduino як найкращу платформу завдяки її високій гнучкості, широкій підтримці пристроїв та відносно низькій вартості. Водночас було зауважено, що ефективне використання цієї платформи потребує відповідного рівня технічних знань, умінь і навичок.

Завдяки поєднанню методу аналізу ієрархій та експертного оцінювання дисертантом сформовано комплекси програмних інструментів методології розробки та супроводу інтелектуальної системи безпеки, а також визначено

найефективніший серед них. Досліджено, що в IoT-застосунках для забезпечення безпеки під час імплементації методології DevOps використовуються такі методи безпечно програмування, ідентифікація та управління доступом, шифрування даних, оновлення та патчинг, контейнеризація та ізоляція, безперервна інтеграція та безперервне постачання (CI/CD), планування та реагування на інциденти.

Дисертантом встановлено, що впровадження інтелектуальної системи безпеки в житлових комплексах потребує створення надійної та масштабованої інфраструктури, здатної забезпечити ефективне управління численними точками доступу, комунальними об'єктами та великими фізичними просторами. Це передбачає інтеграцію різних компонентів безпеки, зокрема систем відеоспостереження, механізмів контролю доступу та сигналізаційних пристроїв, розміщених у різних будівлях і спільних зонах. Визначено ключові функціональні області інтелектуальної системи безпеки.

*Третій розділ* містить аналіз онтології GFO як основи для формування та опрацювання бази знань інтелектуальної прикладної програмної системи безпеки житлових комплексів. Дисертантом обґрунтовано необхідність створення обернено-адитивної метрики як інструменту оцінювання параметрів онтології.

Слід підкреслити, що інтелектуальна програмна система безпеки житлового комплексу розробляється як система, яка враховує попередній досвід, аналізує ситуації та контекст з метою своєчасного виявлення загроз та виконання відповідних заходів безпеки. Вона використовує емпіричні знання, отримані з історичних контекстів, для підтримки процесів прийняття рішень. При цьому система реалізує проактивні заходи та аналітичні процедури для оцінки потенційних подій у поточних сценаріях. Проєкт передбачає, що база знань постійно оновлюється та розширюється завдяки зворотному зв'язку, отриманому від різних сенсорних пристроїв.

Дисертантом слушно зазначено, що для забезпечення чіткості та однозначності концептуальних визначень у межах інтелектуальної системи необхідна спільна формальна концептуалізація (онтологія). У загальному випадку така онтологія має містити часові та просторові концептуалізації, що

обґрунтовує використання чотиривимірної онтології. Базова онтологія GFO включає поняття топоїдів, хроноїдів та конфігуроїдів для моделювання просторових, часових і структурних аспектів реальності, а також використовує ситуації та ситуоїди для подання контекстуальних даних.

Важливо, що у процесі створення онтології інтелектуальної програмної системи безпеки було розроблено 20 базових сценаріїв. Дослідження дозволило формалізувати основні структурні об'єкти GFO для цієї системи, зокрема фізичні та цифрові об'єкти, процеси, ролі та їхні взаємозв'язки, а також здійснити їх структурування з урахуванням часових аспектів.

Основні принципи та формалізми доменно-орієнтованої онтології інтелектуальної програмної системи безпеки житлових комплексів сформовано на основі концептів чотиривимірної онтології GFO.

Для визначення найкоротшого шляху між контекстами запропоновано застосовувати метрики, які використовуються для кількісної оцінки моделей систем, а також дозволяють визначати розмір системи та відстані між її елементами.

На основі аналізу широкого спектру метрик дисертантом розроблено оригінальну обернено-адитивну метрику, яка забезпечує більш повний та комплексний аналіз онтологій для створюваної інтелектуальної програмної системи безпеки.

Важливим є те, що запропонована метрика дозволяє оцінювати відстані між концептами в онтології за наявності множинних шляхів між ними, допускати дробові значення відстаней між вузлами орієнтованого графа онтології, забезпечувати точну оцінку відношень між концептами, що підвищує достовірність аналізу онтологічної структури.

*Четвертий розділ* містить аналіз запропонованої структури й архітектури інтелектуальної програмної системи безпеки житлового комплексу з ситуаційною обізнаністю.

У дисертаційній роботі акцентовано увагу на тому, що структура інтелектуальної програмної системи безпеки з ситуаційною обізнаністю є організованою сукупністю компонентів, які забезпечують інтелектуальний



моніторинг середовища, аналіз даних та управління безпекою в режимі реального часу.

Розроблена дисертантом структура інформаційної системи безпеки об'єднує ключові компоненти в єдину адаптивну мережу, основою якої є IoT-інфраструктура. Вона забезпечує інтеграцію сенсорних пристроїв із центральним блоком управління. Інтелектуальні агенти, що функціонують на основі бази знань, реалізують процеси аналізу ситуацій та автономного прийняття рішень. Вони виконують локальне опрацювання даних, а також можуть самостійно взаємодіяти з іншими вузлами системи.

Запропонована структура підтримує динамічне масштабування та оновлення компонентів IoT-мережі. Її унікальність полягає у поєднанні централізованого та децентралізованого управління, що дозволяє підвищити гнучкість системи. Система працює на основі ситуаційно-орієнтованих концептуальних моделей, отриманих із бази знань із використанням фактору подібності контекстів. Це забезпечує аналіз стану середовища в реальному часі, виявлення загроз, прийняття відповідних рішень і реалізацію заходів реагування. У системі реалізовано безперервний процес навчання, що передбачає узгодження прогнозованих даних із інформацією від сенсорів. Такий підхід сприяє підвищенню автономності системи та забезпеченню її масштабованості для застосування в різних житлових комплексах.

Слід відзначити, що дисертантом обґрунтовано доцільність використання інтелектуальних агентів, які суттєво знижують навантаження на центральний блок управління, виконуючи первинний аналіз даних та прийняття рішень у режимі реального часу. Вони забезпечують динамічний розподіл обчислювального навантаження між агентами та сервісами, що дозволяє оптимізувати виконання різних типів завдань у системі. Служби внутрішнього програмного забезпечення сприяють інтеграції всіх компонентів та автоматизації процесів безпеки. Завдяки попередній фільтрації даних агентами, централізовані рішення ухвалюються значно швидше. Крім того, гнучке налаштування поведінки підсистем підвищує адаптивність системи до різних умов експлуатації.

Дисертантом, проведено класифікацію елементів підсистем, проаналізовано їхні взаємозв'язки, а також оптимізовано роботу всієї системи через визначення критичних відношень між її компонентами. Використання аналітичних алгоритмів та хмарних сервісів забезпечує оперативний контроль, моніторинг загроз і швидке реагування на потенційні інциденти.

Запропонований дисертантом підхід до визначення критичних зв'язків між елементами дозволяє оптимізувати функціонування системи, що відрізняється від більшості сучасних підходів, які зазвичай фокусуються лише на окремих аспектах. Досягнутий результат пояснюється системним підходом до моделювання, який охоплює всі можливі варіанти взаємодії функціональних підсистем та їх інтеграцію у єдине адаптивне середовище.

*П'ятий розділ* висвітлює розроблення бекенду та фронтенту інтелектуальної програмної системи безпеки для житлових комплексів. Інтеграція ситуаційного аналізу дозволяє швидко виявляти, прогнозувати та реагувати на потенційні загрози, підвищуючи загальний рівень безпеки.

У дисертаційній роботі проведено концептуальне моделювання інтелектуальної системи, що сприяло чіткому визначенню компонентів, їхніх функцій та взаємозв'язків, що зменшило ризики на етапах проектування та реалізації. Відрадно, що інтелектуальна система підтримує можливість масштабування системи шляхом додавання нових IoT-пристроїв і функціональних модулів, забезпечуючи адаптацію до змінних вимог користувачів та умов середовища.

Як свідчать результати дослідження, інтеграція підсистеми відеоспостереження з іншими компонентами безпеки забезпечує комплексний підхід до захисту об'єктів та територій, що дозволяє системі оперативно реагувати на критичні ситуації. Запропонована концептуальна модель може стати основою для розроблення сучасної інтелектуальної системи відеоспостереження, орієнтованої на безпеку у розумних містах, житлових комплексах та промислових зонах.

Використання дисертантом методу персон у процесі розроблення інтерфейсів систем безпеки багатоквартирних будинків дозволило дисертанту

глибше розуміти потреби різних категорій користувачів та сприяло створенню інтуїтивно зрозумілих та персоналізованих інтерфейсів, адаптованих до специфічних вимог користувачів.

Оригінальним підходом є використання методу випадкового лісу, який забезпечив високу точність, гнучкість процесів класифікації та сприяє опрацюванню великих наборів даних за різними ознаками. Проведений аналіз важливості ознак дозволив визначити вплив різних факторів на результати класифікації користувачів інтелектуальної системи безпеки.

Попри наукову та практичну цінність роботи, доцільно висловити ряд зауважень, пропозицій та рекомендацій, які згруповані у три блоки:

### **1. Ряд моментів та тверджень, наведених у дисертаційній роботі доцільно було б подати детальніше та розлогіше.**

- у підрозділі 2.1 варто було б навести вимоги до програмно-апаратних засобів, які використовувались при побудові інтелектуальних систем.

- слід було б деталізувати та аргументувати обрання критеріїв (С. 39), вибір експертів (С.40), включення до SWOT аналізу тих чи інших методологій (Табл. 2.7 ) та підходи до визначення переліку інструментів (Табл. 2.8). Зокрема, в переліку інструментів доцільно було б вказати такі як Jenkins, TeamCity.

- в розділі 3.2.2 при аналізі підходів до створення онтології інтелектуальної програмної системи безпеки, слід було б розлогіше обґрунтувати обрання сценаріїв, що наведені у Таблиці 3.1.

- в Таблиці 4.1 не подано ряд сучасних тенденцій розвитку систем штучного інтелекту. Доцільно було врахувати особливості моделі штучного інтелекту Vision-Language-Model Action (VLA).

- у розділі 5.1 подано розлогий опис відомих підходів до проектування систем, які перебувають в промисловій експлуатації, ці відомості доцільно було б подати лаконічніше.

- в роботі не наведено відомостей щодо захисту протоколів обміну даних, шифрування відео з камер спостереження, безпеку облікових даних та інше.

**2. Було б корисним уточнити відомості щодо певних елементів, поданих на рисунках.**

- інформацію з Рис 2.1 доцільно було б подати у табличній формі, що спростило б її сприйняття, та ґрунтовніше проаналізувати відомості про критерії вибору інформаційно-технологічних платформ для проведення їх порівняння.

- подання Рис. 4.1 варто було б деталізувати в контексті розробленої інформаційної системи.

- до Рис 4.7 доцільно було б додати детальніші пояснення щодо зображених підсистем.

- відомості, подані на Рис.4.8 доцільно було б подати у текстовій формі, проаналізувавши при цьому функціональні вимоги до архітектури підсистеми відеоспостереження.

**3. Щодо трактування ряду термінів, які подані у дисертації, доцільно було б:**

- в підрозділі «1.2 Терміни та означення» узагальнити визначення проаналізованих термінів.

- пояснити скорочення ІА (С. 61), що надало б чіткої визначеності щодо його використання.

- деталізувати ряд означень, наведених в розділі 4.1, що до прикладу дозволило б сприймати термін «інтелектуальні сенсори» у його ширшому трактуванні.

В роботі зустрічаються граматичні помилки.

Зазначені зауваження не впливають на загальне позитивне враження від дисертаційної роботи.

*Загальна оцінка дисертаційної роботи та її відповідність чинним вимогам*

Дисертаційна робота Жовніра Ю.І. є завершеним науковим дослідженням, яке вирішує актуальну проблему підвищення рівня безпеки житлових комплексів за допомогою інтелектуальних систем. Робота містить науково обґрунтовані результати, які мають як теоретичну, так і практичну цінність.

Зміст дисертації, наукові результати та обрана тема дослідження відповідають спеціальності 01.05.03.- «математичне та програмне забезпечення

обчислювальних машин і систем», за якою роботу подано до захисту. Стиль викладання положень та результатів дисертаційної праці відповідає нормам наукового стилю.

#### Висновок.

За результатами аналізу змісту поданої дисертаційної роботи вважаю, дисертаційна робота «Методи та засоби побудови інтелектуальної програмної системи безпеки житлових комплексів» широко охоплює і повністю розв'язує поставлене наукове завдання. Робота за рівнем наукової новизни отриманих результатів, їх практичної значущості, якістю проведених досліджень та стилем викладення задовольняє усі вимоги МОН України, які ставляться до кандидатських дисертацій, а її автор Юрій Іванович Жовнір заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю за спеціальністю 01.05.03. - «математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем».

#### Офіційний опонент:

д.т.н., професор,  
декан факультету інформатики  
Національного університету України  
«Кієво-Могилянська Академія»



Андрій ГЛИБОВЕЦЬ

«27» березня 2025 року

