

ВІДГУК

офіційного опонента Теслюка Василя Миколайовича на дисертаційну роботу Гожого Олександра Петровича «Інформаційні технології динамічного планування та прийняття рішень на основі ймовірнісно-статистичних методів», яку представлено на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології

Актуальність теми. У наш час, розвиток та стає функціонування суспільства неможливе без планування і прийняття ефективних рішень. Напрямом вирішення зазначених завдань – є динамічне планування, основою якого є системне використання різнотипних математичних моделей, методів аналізу ситуацій і прийняття рішень та інформаційних технологій, орієнтованих на використання в умовах ризику, невизначеності, швидких структурних змін у зовнішньому середовищі і в різних елементах систем, для побудови планів і прогнозів розвитку систем різного типу та вирішення завдань стратегічного планування та управління.

В дисертації виконано повний і змістовний аналіз сучасних методів планування та прийняття рішень. Висока динамічність та невизначеність внутрішнього стану складної системи і зовнішнього середовища, суттєві нелінійності і нестаціонарність функцій в різних задачах, визначають складність проблеми дослідження. Існуючий рівень інформаційних технологій в динамічному плануванні не задовольняє потреб аналітиків, експертів і осіб, які приймають рішення за якістю, надійністю, швидкістю, ступенем врахування різних типів невизначеностей і ризиків. Це пов'язано, насамперед, з відсутністю методології побудови та застосування інформаційних технологій для вирішення різних проблемно-орієнтованих завдань динамічного планування, недостатньо розвиненим математичним забезпеченням, відсутністю математичних моделей, методів та інформаційних технологій, що дають можливість вирішувати завдання планування, які слабо структуровані та важко формалізуються, з урахуванням сучасних вимог. Розмаїття цілей і завдань, що виникають в процесі побудови динамічних планів, їх складність і часові обмеження, характерні для дуже багатьох проблем, за якими приймають рішення, що вимагає комп'ютерної підтримки цього процесу.

Таким чином, актуальність теми даного дослідження якраз полягає, насамперед у тому, щоб розробити інформаційні технології, які будуть системно використовуватись для ефективного вирішення завдань планування.

Оцінка змісту дисертаційної роботи та її завершеності. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею. Вона складається з вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел із 323 найменувань і додатків.

У вступі проведено обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи, сформульовано мету, завдання дослідження та наукову новизну. Показаний зв'язок з науковими програмами і планами НДР, а також особистий внесок дисертанта.

У першому розділі досліджено стан проблеми підвищення ефективності планування, виконано аналіз проблеми створення сучасних інформаційних

технологій для вирішення завдань динамічного планування та прийняття рішень. Надано характеристику планування і наведена класифікація відомих типів планування. Проведено аналіз сучасного стану досліджень в галузі відомих методів динамічного планування: стратегічного планування, сценарного планування та інтелектуального планування. Виконано аналіз існуючих інформаційних систем планування. Доведено, що головними ознаками динамічного планування – є зміна плану в часі у відповідності до змін навколишнього середовища і наявність можливості опрацювання невизначеностей різного типу та супутніх ризиків. Проаналізовано основні типи ризиків і невизначеностей, а також головні методи багатокритеріального аналізу та прийняття рішень. Проведений аналіз сучасного стану робіт в галузі технологій динамічного планування і прийняття рішень показав, що відсутня загальна теорія розв'язання задач динамічного планування із врахуванням невизначеностей та ризиків різного типу. Визначено, що відсутній метод побудови інформаційних технологій та інтеграції і комбінованого використання методів аналізу даних, методів моделювання, методів прогнозування і прийняття рішень для вирішення завдань динамічного планування. Існуючі методи і технології розв'язання задач динамічного планування, також не позбавлені певних недоліків, що дає змогу шукати можливості покращення їх функціонування, та створення нових методів і алгоритмів.

Визначені напрями досліджень стосовно створення інформаційних технологій динамічного планування і прийняття рішень. Таким чином, проблема ефективного розв'язання задач динамічного планування і прийняття рішень, як нового інструмента сучасних інформаційних технологій планування і прогнозування, та недостатній рівень наукового і методологічного дослідження цих питань, свідчать про актуальність виконання дисертаційного дослідження та визначають тему і напрям дисертаційної роботи.

Другий розділ присвячено дослідженню теоретичних основ побудови інформаційних технологій динамічного планування. В розділі були визначені основні аспекти застосування інформаційних технологій для розв'язання задач динамічного планування. Розроблена послідовність етапів процесу динамічного планування. Описано математичну структуру завдання динамічного планування та прийняття рішень. Показано, що завдання динамічного планування формально представляються у вигляді математичних структур вибору. Наведена класифікація структур вибору. Доведено, що проблеми динамічного планування можна представити, як задачу багатомодельного і багатокритеріального вибору ефективних рішень на множині математичних моделей. Розроблено метод побудови інформаційних технологій для розв'язання задач динамічного планування, який базується на інтеграції інформації різного типу і на системному використанні методів аналізу даних, методів моделювання, методів прогнозування та методів прийняття рішень. Отримані результати дають змогу ефективно розв'язувати задачі планування, на основі системного використання інформаційних технологій аналізу і оцінювання інформації, інформаційних технологій моделювання, інформаційних технологій прогнозування та інформаційних технологій прийняття рішень.

У третьому розділі досліджена інформаційна технологія аналізу і

оцінювання інформації. Розглянуто етапи опрацювання інформації. Представлена класифікація критеріїв при вирішенні завдань динамічного планування. Представлено метод аналізу експертної інформації. Розроблено метод аналізу інформації на основі нечіткого когнітивного моделювання. Головною відмінністю методу є ітеративне обчислення системних показників нечіткої когнітивної карти, що дає змогу враховувати динамічні зміни інформації при побудові плану. Представлено метод аналізу ризиків на основі методології Var. Розглянуті питання врахування невизначеностей різного типу на основі ймовірнісно-статистичних методів. Розроблено метод оцінювання ситуаційних ризиків і невизначеностей. Особливість інформаційних технологій аналізу інформації, представлених в цьому розділі – це їх універсальність, моделі дають можливість враховувати динамічні зміни в середовищі, а також оцінювати ситуаційні ризики та невизначеності.

У **четвертому розділі** розроблено метод побудови структури динамічного плану. Запропоновано класифікацію моделей при вирішенні завдань динамічного планування. Запропоновано моделювання динамічного плану в просторі станів, при використанні ймовірнісно-статистичних методів. Для вирішення завдань ситуаційного моделювання, розроблено метод на основі нечітких ситуаційних мереж з часовими обмеженнями. Для побудови динамічних ситуаційних моделей розроблено метод на основі кольорових мереж Петрі.

П'ятий розділ присвячено розробці інформаційних технологій прогнозування. Розглянуто ймовірнісно-статистичні методи прогнозування. Розроблено метод прогнозування на основі адаптивного підходу до моделювання з комбінованим використанням регресійних і ймовірнісно-статистичних моделей в формі мереж Байєса. Представлені результати апробації метода. Розглянуто задачу оцінювання стану системи і подальше прогнозування. Розроблено метод прогнозування на основі оцінки і використання комбінованих прогнозів.

В **шостому розділі** представлено результати розроблення засобів інформаційних технологій прийняття рішень. Розроблено метод розв'язання багатокритеріальних задач на основі використання багатокритеріальних еволюційних процедур і багатокритеріальних генетичних алгоритмів. Представлена методологія розв'язання багатокритеріальних і багатоцільових завдань на основі методу аналізу співвідношень. Описано комплекс інструментальних засобів прийняття рішень на базі групових, багатокритеріальних методів і методів прогнозування.

Сьомий розділ присвячено практичному застосуванню теоретичних результатів дослідження. Розв'язана задача планування розподілу енергетичних ресурсів в автономній енергетичній системі. Для вирішення проблеми оптимального розподілу енергії від різних джерел до різних груп споживачів, визначені джерела енергії, системи постачання і споживачі енергії. Побудовані ситуаційні моделі процесу для детального визначення та дослідження ключових параметрів системи. Побудовані плани розподілу енергоресурсів. Розглянуто розв'язання задачі розроблення плану польоту при управлінні безпілотними літальними апаратами (БПЛА), при розв'язанні задач спостереження та моніторингу. В якості функції оцінки ситуації

використовується значення ризику при виконанні плану польоту. Система підтримки та прийняття рішень надає можливість обирати тип місії, встановлювати параметри польоту, шукати необхідну місцевість на цифровій карті, встановлювати точки обльоту та будувати маршрут. В результаті використання картографічних сервісів мережі Internet маршрут може бути прокладено в режимі реального часу.

Проведено дослідження та прогнозування економічних показників підприємства теплопостачання для оцінювання діяльності підприємства і планування розвитку. Основними показниками, що описують діяльність підприємства і відображають інвестиційну є такі: ліквідність, рентабельність, загальне відношення доходів та витрат. На їх основі виконано прогнозування фінансових показників підприємства для подальшого вирішення завдань планування. Для прогнозування розвитку підприємства виконано моделювання на основі мережі Байєса.

Досліджувалась соціально-економічна ситуації у прикордонному регіоні. Аналіз проводився на основі нечіткого когнітивного моделювання. Для моделювання і планування розвитку ситуації на основі даних про ситуацію використана мережа Байєса.

У висновках наведені основні наукові та практичні результати, а також викладені рекомендації для їх застосування при розробленні інформаційно-аналітичних систем вирішення завдань динамічного планування та прийняття рішень.

У додатках наведено методи побудови Байєсівських мереж, методи оцінювання прогнозів, аналіз характеристик багатокритеріальних еволюційних і генетичних алгоритмів, архітектури розроблених інструментальних засобів, а також акти впровадження результатів дисертаційного дослідження.

Основні наукові результати досліджень та наукова новизна дисертації. Розв'язана важлива науково-прикладна проблема – підвищення ефективності планування і прийняття рішень в системах різного призначення засобами сучасних інформаційних технологій.

Вперше:

- розроблено метод синтезу інформаційних технологій для розв'язання задач динамічного планування, який ґрунтується на принципах багатомодельного та багатокритеріального підходів, інтеграції різнотипної інформації та базується на системному використанні методів аналізу даних, методів моделювання, методів прогнозування і методів прийняття рішень, що підвищує ефективність процесу динамічного планування в умовах наявності невизначеностей та ризиків різних типів;

- розроблено метод прогнозування на основі адаптивного підходу до моделювання з комбінованим використанням регресійних та ймовірнісно-статистичних моделей у формі мереж Байєса, який завдяки врахуванню структурно-параметричних невизначеностей ймовірнісно-статистичних моделей, надає можливість визначати динамічні параметри плану та забезпечує адекватний опис причинно-наслідкових зв'язків при розв'язуванні задач динамічного планування;

- розроблено метод оцінювання ризиків та невизначеностей, який завдяки використанню процедур оцінювання ситуації та вибору, підвищує точність процесів ситуаційного моделювання, а також надає можливість уточнювати структуру динамічних планів;

- розроблено метод розв'язування багатокритеріальних задач, який базується на використанні еволюційних процедур та генетичних алгоритмів, що дало можливість підвищити точність і ефективність прийняття рішень.

Отримали подальший розвиток:

- метод аналізу інформації на основі теорії нечіткого когнітивного моделювання, який за рахунок ітеративного обчислення системних показників, дає змогу враховувати зміни інформації в динамічному середовищі, а також зменшує суб'єктивність при аналізі експертної інформації в задачах планування і прийняття рішень;

- метод ситуаційного моделювання, який за рахунок використання нечітких ситуаційних мереж та часових обмежень, підвищує точність врахування часових ресурсів в процесах ситуаційного моделювання та побудови структури динамічних планів;

- метод побудови динамічних ситуаційних моделей за рахунок використання кольорових мереж Петрі, який надає можливість створювати ефективні моделі динамічних процесів і забезпечує підвищення точності ситуаційного моделювання.

Удосконалено:

- методологію розв'язання багатокритеріальних і багатоцільових задач за рахунок використання методу аналізу співвідношень, який забезпечує визначення важливості цілей і підвищує ефективність прийняття рішень;

- метод прогнозування, який за рахунок оцінювання та використання комбінованих прогнозів, характеризується суттєвим зменшенням обчислювальних ресурсів та алгоритмічної складності відповідних процедур в процесах планування із заданим рівнем якості оцінок прогнозів.

Обґрунтованість наукових положень. Всі наукові результати, що подані в роботі, достатньо обґрунтовані, оскільки базуються на відомих методах. Отримані результати, висновки і рекомендації логічно і математично аргументовані. **Достовірність** забезпечується коректною постановкою задач математичного моделювання і прогнозування для розв'язання задач динамічного планування. Всі методи, які запропоновані в дисертаційній роботі, обґрунтовані чіткими математичними викладками і підтверджені результатами вичислювальних експериментів.

У докторській дисертації Гожого Олександра Петровича не використані результати його дисертації на здобуття ступеня кандидата технічних наук, що була присвячена питанням автоматизованого проектування верстатних устаткувань для АСТПП і захищена в 1994 році.

Найбільш вагомими новими науковими результатами, що отримано в дисертації, на мій погляд, є наступні результати 1, 2, 3, 4, 5, 6:

Зміст результату 1 – в дисертації розроблено метод синтезу інформаційних технологій для розв'язання задач динамічного планування, який ґрунтується на принципах багатомодельного та багатокритеріального підходів, інтеграції

різномітної інформації й базується на системному використанні методів аналізу даних, методів моделювання, методів прогнозування і методів прийняття рішень. Суть результату – вперше розроблена системна методологія на основі інформаційних технологій аналізу інформації, моделювання, прогнозування, прийняття рішень для вирішення завдань динамічного планування та прийняття рішень. Новизна результату, на відміну від існуючих методів - при системному використанні перелічених методів підвищується ефективність процесу динамічного планування в умовах наявності невизначеностей та ризиків різних типів; *Достовірність результату підтверджена практично 7.1, 7.2, 7.3 і 7.4.* *Практична цінність результату* обумовлена великими потребами в універсальних, ефективних інформаційних методах для вирішення завдань планування та прийняття рішень.

Науковий результат 2 ґрунтується на ймовірнісно-статистичних методах прогнозування. На їх основі розроблено метод прогнозування на основі адаптивного підходу до моделювання з комбінованим використанням регресійних та ймовірнісно-статистичних моделей у формі мереж Байєса, який завдяки врахуванню структурно-параметричних невизначеностей ймовірнісно-статистичних моделей, надає можливість визначати динамічні параметри плану та забезпечує повний і адекватний опис причинно-наслідкових зв'язків при розв'язанні задач динамічного планування, окрім цього це надає можливість підвищити точність прогнозування. *Достовірність результату підтверджена практично 3.7.* *Практична цінність результату* обумовлена потребами в ефективних методах оцінювання ризиків і невизначеностей при вирішенні практичних завдань.

Науковий результат 3 – метод оцінювання ризиків та невизначеностей, який завдяки використанню процедур оцінювання ситуації та вибору, підвищує точність процесів ситуаційного моделювання. Оцінка ризиків базується на ймовірнісному методі Var, а ситуаційного на основі експертних суджень. Оцінювання невизначеностей базується на ймовірнісно-статистичних методах. Метод має універсальний характер.

Зміст результату 4 – розроблено метод розв'язування багатокритеріальних задач, який базується на використанні еволюційних процедур та генетичних алгоритмів, що дало можливість підвищити точність і ефективність прийняття рішень. Використання багатокритеріальних генетичних алгоритмів і еволюційних методів відносно нова галузь досліджень. Особливістю її є те, що кожен з вибраних методів та алгоритмів потребує налаштування та дослідження ефективності їх роботи. Автором були досліджені властивості алгоритмів (джерела 68, 70, 88) і використані для вирішення практичних завдань планування. *Достовірність результату підтверджена практично в розділах 6.3, 7.1.* *Практична цінність результату* обумовлена потребами в ефективних методах багатокритеріального прийняття рішень.

Зміст результату 5 – був розроблений метод аналізу інформації на основі теорії нечіткого когнітивного моделювання, який за рахунок ітеративного обчислення системних показників, дає змогу враховувати зміни інформації в динамічному середовищі, а також зменшує суб'єктивність при аналізі

експертної інформації в задачах планування і прийняття рішень, це дає змогу аналізувати динамічні системи.

Зміст *результату 6* - метод ситуаційного моделювання, який за рахунок використання нечітких ситуаційних мереж та часових обмежень, підвищує точність врахування часових ресурсів в процесах ситуаційного моделювання та побудови структури планів. *Новизна результату в тому*, що на відміну від аналогів, *ситуаційну мережу доповнено часовими обмеженнями, які дають можливість точніше моделювати предметну галузь*. Практична цінність результату в розробці програмного комплексу нечіткого ситуаційного моделювання, який дає змогу моделювати різнотипні динамічні середовища.

В сукупності наукові результати є реалізацією і обґрунтуванням методологічних основ побудови інформаційних технологій аналізу інформації, моделювання, прогнозування та прийняття рішень для розв'язання завдань динамічного планування. *Наукові результати дають обґрунтування цілісного підходу до створення інформаційних технологій для вирішення завдань динамічного планування та прийняття рішень.*

В роботі і додатках наведені приклади тестування програмних реалізацій моделей і проведення досліджень на моделях, що підтверджує їх адекватність та ефективність.

Новизна перелічених наукових положень підтверджується проведенням дисертантом аналізом літературних джерел, апробацією основних наукових положень та отриманих результатів в статтях, монографії, на науково-технічних конференціях і семінарах.

Практична цінність результатів роботи полягає у тому, що на основі розроблених концепцій, теоретичних засад, математичних моделей і методів створено нові методи і алгоритми. Розроблені на базі теоретичних результатів методи, алгоритми і програми для опрацювання експертної інформації, нечіткого когнітивного та нечіткого ситуаційного моделювання, адаптивного прогнозування на основі ймовірісно-статистичних методів, прийняття рішень дають можливість підвищити ефективність процесу динамічного планування та прийняття рішень. Усі розроблені моделі реалізовано як комплекс програм для досліджень актуальних практичних задач планування, прогнозування та прийняття рішень, що у підсумку дає змогу отримувати оптимальне вирішення завдань планування та прийняття рішень та досліджувати їх при зміні параметрів. Практичні результати дисертаційних досліджень впроваджено на підприємстві КП „Теплоснабжение” (м.Одеса), в Державному управлінні охорони навколишнього природного середовища (м.Миколаїв), в Центрі досліджень Українського прикордоння (м.Херсон), в Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності. Впровадження результатів дослідження підтверджено відповідними актами.

Повнота викладення основних результатів та висновків в опублікованих працях. Основні наукові результати дисертації достатньо повно відображені у 48 роботах, у тому числі 1 монографія, 30 статтях у фахових виданнях України, 6 статей у закордонних фахових виданнях, 11 публікацій в збірниках праць міжнародних і національних конференцій.

Відповідність дисертаційної роботи спеціальності. Дисертація Гожого О.П. за змістом, обсягом та оформленням повністю відповідає спеціальності

05.13.06 – «Інформаційні технології», за якою вона представлена до захисту.

Оформлення дисертації та автореферату. Дисертація й автореферат викладені логічно, послідовно, грамотно, математично коректно, оформлені згідно з вимогами чинних законодавчих актів України. Матеріал дисертації достатньо проілюстрований схемами, рисунками, графіками та таблицями.

Автореферат містить всю необхідну для оцінки роботи інформацію, зокрема: основні положення, висновки та рекомендації тощо. Зміст автореферату *повністю відповідає дисертації*. Оформлення автореферату відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України.

Недоліки і зауваження по роботі:

1. Розв'язок поставленої автором задачі по розробленню інформаційних технологій для розв'язання завдань планування в динамічному і мінливому середовищі різних процесів – складне і актуальне завдання. Варто було б навести відомі приклади вирішення подібних завдань в умовах різного роду ризиків і невизначеностей. Разом з тим, якщо робиться акцент саме на мінливість і динамічність середовища, то такий клас завдань потрібно було розглянути більш проблемно-орієнтовано відповідно до різних типів систем (виробничі, політичні і таке інше.).

2. В другому розділі дисертації, для кращого розуміння роботи, при розробленні методу синтезу інформаційних технологій, на мою думку, варто було б додати алгоритм синтезу інформаційних технологій та чіткіше описати використані положення, методи та моделі.

3. В другому розділі автором розроблено методологію вибору в задачах планування та прийняття рішень. На мою думку, варто додати алгоритм практичного її використання.

4. В третьому розділі розглянуто метод оцінки експертної інформації. Не обґрунтовано, чому саме було використано метод Делфі для експертного опитування.

5. При побудові ситуаційних моделей для вирішення прикладних завдань за допомогою часових і кольорових мереж Петрі, не визначено який тип мереж Петрі найбільш зручний для побудови ситуаційних моделей і чим вони відрізняються від нечітких ситуаційних мереж. Бажано б було порівняти їх ефективність.

6. В недостатній мірі, на прикладах, висвітлені питання ефективності та якості оцінки прогнозів. Не наведено границі показників якості прогнозів.

7. Відсутні вимоги до технічного забезпечення засобів розроблених інформаційних технологій та особливості їх програмної реалізації.

8. Не повністю дотримані вимоги до оформлення блок-схем алгоритмів (ст.105, ст. 108 та ін.).

9. В п.3.8 автор стверджує, що на рис.3.15 в дисертації наведена архітектура інформаційної технології оцінювання та аналізу інформації. На мою думку, коректніше назвати цей рисунок «Структура інформаційної технології оцінювання та аналізу інформації».

10. В дисертації присутні некоректні вирази (замість виразу “обробка інформації” коректніше використати “опрацювання інформації” та ін.). В авторефераті не досить чіткі рисунки (рис.1, рис.2, рис.3 та рис.9).

Перелічені зауваження не впливають на загальний високий науковий рівень і практичну цінність дисертаційної роботи.

Висновки.

1. Дисертаційна робота Гожого О.П. «Інформаційні технології динамічного планування та прийняття рішень на основі ймовірнісно-статистичних методів» є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують актуальну наукову проблему підвищення ефективності планування та прийняття рішень у системах різного призначення засобами сучасних інформаційних технологій з урахуванням динаміки супутніх процесів.

2. Робота має достатнє практичне впровадження, як за географією, так і за актуальністю, і перспективами розширення. Робота повністю задовольняє вимогам, які висуваються до робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за п.п. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», що висуваються до докторських дисертацій з технічних наук, а її автор, Гожий Олександр Петрович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – «Інформаційні технології».

Офіційний опонент:

Професор кафедри систем
автоматизованого проектування
Національного університету

«Львівська політехніка», д. т. н., професор  Теслюк В. М.

Підпис проф. Теслюка В. М. засвідчує
Вчений секретар Національного університету
«Львівська політехніка», к. т. н., доцент 



Брилинський Р. Б.