**Міністерство освіти і науки України**

**Чорноморський державний університет**

**імені Петра Могили**

**На правах рукопису**

**ГОЖИЙ Олександр Петрович**

**УДК 519.816 : 519.226**

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДИНАМІЧНОГО**

**ПЛАНУВАННЯ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ**

**ЙМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ**

**05.13.6 - Інформаційні технології.**

**дисертація на здобуття наукового ступеня**

**доктора технічних наук**

**НАУКОВИЙ КОНСУЛЬТАНТ:**

**доктор технічних наук, професор, БІДЮК Петро Іванович**

**Миколаїв - 2016**

**ЗМІСТ**

**ЗМІСТ 2**

**ВСТУП 9**

**РОЗДІЛ 1. СИСТЕМОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ СТВОРЕННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДИНАМІЧНОГО**

**ПЛАНУВАННЯ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ 18**

**1.1. Загальна характеристика динамічного планування і класифікація типів планування 20**

**1.1.1 Класифікація типів планування 28**

**1.2 Огляд та аналіз сучасних типів і методів динамічного планування ... .31**

**1.2.1 Аналіз методів стратегічного планування 32**

**1.2.2 Аналіз існуючих методів і методологій сценарного планування 35**

**1.2.3 Аналіз існуючих методів інтелектуального планування 48**

**1.2.4 Аналіз існуючих інформаційних систем планування 53**

**1.3 Аналіз типів невизначеностей в задачах планування 55**

**1.4 Сучасні методи аналізу і оцінки ризиків 57**

**1.5 Багатокритеріальні та багатоцільові методи аналізу та**

**прийняття рішень 62**

**1.6 Змістовний аналіз проблеми досліджень 65**

**РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ І МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДИНАМІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ..67**

**2.1 Основні етапи і задачі динамічного планування 68**

**2.2 Г оловні аспекти побудови інформаційних технологій**

**динамічного планування 71**

**2.3 Математична постановка задач динамічного планування**

**і прийняття рішень 73**

**2.4 Методи і процедури вибору в задачах динамічного планування**

**і прийняття рішень 81**

**2.4.1 Методологія вибору в задачах динамічного планування**

**і прийняття рішень 83**

**2.4.2 Процедури динамічного вибору 86**

**2.5 Багатомодельний і багатокритеріальний підхід до розв’язування**

**завдань динамічного планування і прийняття рішень 90**

**2.6 Метод синтезу інформаційних технологій для розв’язування**

**задач динамічного планування 94**

**2.7 Висновки до розділу 2 99**

**РОЗДІЛ 3 . СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ АНАЛІЗУ**

**І ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ У ЗАДАЧАХ ДИНАМІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ 100**

**3.1 Методи і моделі аналізу та обробки інформації в задачах динамічного**

**планування 101**

**3.2 Обробка якісної інформації в задачах динамічного планування 105**

**3.3 Аналіз інформації при побудові динамічних планів на основі**

**нечітких когнітивних карт 109**

**3.4 Аналіз та оцінювання ризику в задачах динамічного планування 120**

**3.5 Оцінювання невизначеностей в задачах динамічного планування 134**

**3.6 Метод оцінювання ризиків і невизначеностей при побудові**

**структур динамічних планів 141**

**3.8 Інформаційна технологія оцінювання та аналізу інформації 147**

**3.9 Висновки по розділу 3 148**

**РОЗДІЛ 4 . СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПОБУДОВИ ДИНАМІЧНИХ ПЛАНІВ 150**

**4.1 Особливості побудови і вибору моделей задачах динамічного**

**планування 150**

**4.2 Побудова структури динамічного плану 152**

**4.3 Класифікація методів моделювання для вирішення завдань динамічного**

**планування 154**

**4.4 Представлення моделей динамічного плану у просторі станів 156**

**4.4.1 Побудова динамічних моделей в просторі станів 157**

**4.4.2 Оцінювання нелінійностей у ймовірнісно-статистичних моделях 160**

**4.5 Моделі на основі регресії та різницевих рівнянь 161**

**4.6 Застосування нечітких моделей в задачах динамічного планування 166**

**4.6.1 Розробка динамічних планів на основі нечітких ситуаційних**

**мереж 166**

**4.7 Моделювання задач динамічного планування за допомогою**

**мереж Петрі 178**

**4.8 Розробка інформаційної технології моделювання і побудови**

**динамічних планів 187**

**4.9 Висновки до розділу 4 188**

**РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОГНОЗУВАННЯ В ЗАДАЧАХ ДИНАМІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ 190**

**5.1 Концепція побудови інформаційної технології адаптивного**

**прогнозування для вирішення завдань динамічного планування 190**

**5.2 Підхід до прогнозування на основі часових рядів для**

**вирішення завдань динамічного планування 195**

**5.3 Прогнозування динаміки процесів довільної природи 196**

**5.3.1 Оцінювання прогнозів без розв’язків рівнянь 201**

**5.3.2 Побудова функцій прогнозування на основі розв’язків**

**різницевих рівнянь 205**

**5.4 Прогнозування на основі мереж Байеса 208**

**5.5 Оцінювання якості моделей і прогнозу 219**

**5.6 Оцінювання і прогнозування стану системи 219**

**5.7 Комбіновані прогнози та оцінювання якості їх використання 229**

**5.8 Висновки по розділу 5 234**

**РОЗДІЛ 6 . СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ ДИНАМІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ 236**

**6.1 . Рішення завдань динамічного планування на основі групових методів прийняття рішень 237**

**6.2 Прийняття рішень в задачах динамічного планування на основі**

**багатоцільових методів прийняття рішень 239**

**6.3 Використання еволюційних методів прийняття**

**рішень в динамічному плануванні 257**

**6.4. Створення СППР для вирішення завдань прогнозування 262**

**6.5 Створення інформаційної системи прийняття рішень при вирішенні**

**завдань динамічного планування 265**

**6.6 Висновки по розділу 6 267**

**РОЗДІЛ 7. РОЗРОБКА І СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЛАНУВАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ 269**

**7.1 Планування розподілу енергетичних ресурсів у автономній**

**енергетичній системі 269**

**7.2 Планування маршрутів при управлінні безпілотними літальними**

**апаратами (БПЛА) 275**

**7.3 Дослідження та прогнозування економічних показників для**

**планування діяльності підприємства теплопостачання 281**

**7.4 Дослідження соціально-економічної ситуації в прикордонному**

**регіоні для планування заходів для розвитку регіону 297**

**7.5 Висновки по розділу 7 302**

**ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ І ВИСНОВКИ 304**

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 307**

**Додаток А Процедура побудови мережі Байеса 338**

**Додаток Б Оцінювання якості моделей і прогнозу 345**

**Додаток В СППР на основі нечітких когнітивних карт 351**

**Додаток Г СППР на основі нечітких ситуаційних мереж**

**Додаток Д Інформаційна система прогнозування 357**

**Додаток Е Інформаційна система підтримки прийняття рішень на основі багатокритеріальних генетичних алгоритмів 358**

**Додаток Ж СППР на основі групових методів прийняття рішень 361**

**Додаток З СППР на основі багатоцільових методів 363**

**Додаток И СППР для керування БПЛА 364**

**Додаток К Акти впровадження 370**

1. Показана на ряді прикладів достатня практична ефективність розроблених програмних засобів розв’язання різноманітних прикладних задач планування, прогнозування і прийняття рішень для об'єктів та процесів різної природи.

2. Розглянуто задачу планування розподілу енергоресурсів між споживачами. Показано ефективність використання підходу на основі застосування методів моделювання кольорових мереж Петрі і процедур прийняття рішень на основі багатокритеріальних генетичних алгоритмів.

3. Розглянуто задачу планування маршрутів для БПЛА. Розроблено програмне забезпечення для планування оптимальних маршрутів БПЛА. Для визначення маршруту були використані алгоритм А\*, алгоритми пошуку на графі та генетичний алгоритм.

3. Наведено результати досліджень комунального підприємства. Було виконано прогнозування основних фінансових показників комунального підприємства. Виконано моделювання ймовірностей можливих варіантів планів розвитку підприємства. Моделювання проводилось із використанням мережі Байеса. Це дозволяє будувати варіанти майбутніх планів розвитку підприємства.

4. Розглянуто задачу аналізу соціально-економічної ситуації в прикордонному регіоні. Аналіз проводився за допомогою нечітких когнітивних карт. На основі аналізу системних показників нечітких когнітивних карт виділені ключові концепти, які є головними та впливають на розвиток ситуації. На основі ключових концептів була побудована Байесівська мережа для моделювання соціально-економічної ситуації в

прикордонному регіоні. На основі моделювання можуть бути надані рекомендації для побудови планів розвитку регіона.

6. Розглянуті варіанти розв'язання практичних задач демонструють ефективність застосування методів динамічного планування. Доцільність їх використання пояснюється їх високою гнучкістю, здатністю здійснювати аналіз складної інформації, моделювати та приймати рішення на їх основі, для вирішення завдань динамічного планування.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ І ВИСНОВКИ

На основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень вирішено важливу науково-прикладну проблему в галузі інформаційних технологій - підвищення ефективності планування і прийняття рішень в сис-темах різного призначення засобами сучасних інформаційних технологій При цьому отримано такі нові результати:

1. Виконано аналіз сучасного стану досліджень в області динамічного планування та прийняття рішень. Проаналізовано такі сучасні методи плану-вання: стратегічне планування, сценарне та інтелектуальне планування, що дало змогу виявити найбільш загальні задачі і проблеми динамічного плану-вання, а також визначити шляхи їх розв’язання.

2. Розроблено метод синтезу інформаційних технологій для роз’вязування задач динамічного планування на основі багатомодельного і багатокритеріального підходів та інтеграції різнотипової інформації, який засновано на системному використанні методів аналізу та інтегрування різ-нотипної інформації, методів моделювання, методів прогнозування та мето¬дів багатокритеріального прийняття рішень. Метод відрізняється можливіс¬тю автоматизованого інтегрування інформації, врахування динаміки процесів, що досліджуються.

3. Розвинено метод аналізу інформації в задачах планування на основі не-чіткого когнітивного моделювання, який засновано на нечітких когнітивних картах. Він дає можливість дослідити зміни інформації в середовищі, забез-печує необхідну повноту аналізу та забезпечує підвищення якості аналізу експертної інформації за рахунок зменшення суб’єктивності та ітеративного обчислення системних показників.

4. Розроблено метод оцінювання ризиків та невизначеностей у процесі ситуаційного моделювання та при побудові динамічного плану на основі процедури оцінювання і варіантів розвитку ситуації. Метод відрізняється можливістю врахування невизначеностей та ризиків різних типів і забезпечує підвищення якості остаточних результатів.

5. Розвинено метод ситуаційного моделювання за рахунок використання нечітких ситуаційних мереж з часовими обмеженнями, що забезпечує підвищення адекватності таких моделей для дослідження реальних ситуацій.

6. Розвинено метод побудови динамічних ситуаційних моделей на основі використання кольорових мереж Петрі, який дає змогу створювати ефектив¬ні моделі динамічних процесів, та забезпечує підвищення точності ситуа¬ційного моделювання.

7. Розроблено метод прогнозування на основі адаптивного підходу до моделювання і прогнозування з використанням регресійних та ймовірнісно - статистичних моделей у формі мереж Байєса; метод відрізняється врахуван-ням можливих структурно-параметричних невизначеностей моделей і забез-печує коректний формальний опис причинно-наслідкових зв’язків при розв’язанні задач динамічного планування та надає можливість дослідити динаміку плану, що розробляється.

8. Розроблено метод розв’язування багатокритеріальних задач прийнят-тя рішень, який базується на використанні еволюційних процедур та генети-чних алгоритмах. Метод базується на різних підходах до обробки даних, що дало можливість підвищити точність і ефективність прийняття рішень.

9. Розвинено метод ситуаційного моделювання на основі нечітких ситу-аційних мереж за рахунок використання часових обмежень, що підвищує то-чність моделювання і надає можливість коректно враховувати наявні часові ресурси і обмеження в задачах планування.

10. Удосконалено методику розв’язання багатокритеріальних і багатоці-льових задач за рахунок використання методу аналізу співвідношень, який забезпечує визначення важливості цілей і підвищує ефективність прийняття рішень;

ІІ.Удосконалено метод прогнозування, який за рахунок використання комбінованих прогнозів і їх оцінювання, характеризується зменшенням об-числювальних ресурсів та алгоритмічної складності процедур їх використан-ня в процесах планування.

На основі запропонованих методів, моделей і технологій аналізу даних та експертних оцінок розроблено інструментальні засоби для розв’язання прикладних завдань динамічного планування та прийняття рішень в різних галузях.