

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Глушенкова Ірина Сергіївна

УДК 004:942

МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
ОЦІНЮВАННЯ СТАНІВ ПРОСТОРОВО
РОЗПОДІЛЕНИХ ОБ'ЄКТІВ

05.13.06 - інформаційні технології

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Харківській національній академії міського господарства Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
Кучеренко Євген Іванович,
Харківська національна академія міського господарства,
професор кафедри геоінформаційних систем та геодезії.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Авраменко Валерій Павлович,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
професор кафедри медіасистем та технологій;

доктор технічних наук, доцент
Шостак Ігор Володимирович,
Національний аерокосмічний університет
ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»,
професор кафедри інженерії програмного забезпечення.

Захист відбудеться «21» березня 2012 р. о 13.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.08 Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, просп. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, просп. Леніна, 14.

Автореферат розісланий «20» лютого 2012 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

І.П. Плісс

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сьогоднішній стрімкий розвиток суспільства, промислових технологій та обмеженість ресурсів вимагають прискорення процесів обміну інформацією та швидкого реагування на зміну ситуації, оперативного аналізу даних та приймання адекватних рішень. Одним з пріоритетних напрямів усіх держав є раціональне управління територіями, об'єктами якого виступають просторово та функціонально розподілені частини території та окремі земельні ділянки.

Важливим аспектом приймання попередніх оперативних оцінок про стан просторово розподілених об'єктів є відсутність вихідних даних про стан об'єкта, на який впливає множина факторів, оцінювання та аналіз яких є складною проблемою внаслідок відсутності апріорних даних. До них, у першу чергу, слід віднести багатоаспектність, різноплановість та багатокритеріальність множини існуючих факторів. Всебічний оперативний аналіз станів просторово розподілених об'єктів вимагає застосування сучасних знанняорієнтованих та геоінформаційних технологій.

Значний внесок у створення та дослідження інформаційних технологій внесли В.М. Глушков, О.Г. Івахненко, Н.П. Бусленко, В.М. Левикін, І.В. Сергієнко, І.Б. Сіроджа, в створення та розвиток м'яких обчислень і нечіткої логіки L.A. Zadeh, R.R. Yager, L.H. Tsoukalas, в розвиток геоінформаційних технологій R. Tomlinson, Ю.П. Палеха, В.Д. Шипулін.

Нагальними є розроблення методів, моделей та інформаційних технологій, які дозволяють на основі знанняорієнтованих технологій оперативно реалізовувати процеси оцінювання станів складних просторово розподілених об'єктів.

Аналіз останніх публікацій показав, що розглянуті питання досліджено недостатньо, а наукові результати не у всіх випадках доведено до практичної реалізації та потребують додаткового вивчення, що підтверджує актуальність та важливість викладених у дисертаційній роботі теоретичних та практичних результатів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано відповідно до плану науково-дослідних робіт Харківської національної академії міського господарства в межах держбюджетної теми «Розробка теоретичних основ моделювання динаміки розвитку міських систем з використанням ГІС-технологій та методів дистанційного зондування Землі» (№ ДР 0108U006506), де здобувачем, як виконавцем, розроблено та досліджено нову гібридну модель представлення даних та знань щодо земельних ресурсів; Харківського національного університету радіоелектроніки в межах держбюджетної теми «Еволюційні гібридні системи обчислювального інтелекту зі змінною структурою для інтелектуального аналізу даних» (№ ДР 0110U000458), де здобувачем, як виконавцем, розроблено та обґрунтовано нові методи налаштування функцій належності та інформаційні технології оцінювання станів складних об'єктів.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розроблення моделей, методів та інформаційних технологій оцінювання станів просторово розподілених об'єктів для підвищення ефективності приймання рішень.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- аналіз існуючих підходів і методів оцінювання станів просторово розподілених об'єктів;
- розроблення моделі процесів оцінювання станів просторово розподілених об'єктів;
- розвиток методу налаштування функцій належності на основі багатозначної інтервальної логіки;
- удосконалення методу налаштування функції належності;
- удосконалення методу багатоетапного аналізу простору станів моделі;
- розроблення інформаційної технології на основі розроблених методів і моделей;
- розроблення практичних аспектів оцінювання станів просторово розподілених об'єктів.

Об'єкт дослідження – процеси оцінювання станів складних просторово розподілених об'єктів.

Предмет дослідження – методи, моделі та інформаційні технології в задачах оцінювання станів складних просторово розподілених об'єктів.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети в задачах побудови структурних схем та методів було застосовано положення загальної теорії систем, при розробці гібридної моделі та методу багатоетапного аналізу простору станів моделі – методи аналізу розширених мереж Петрі та логіку предикатів, при розробці методів налаштування параметрів функцій належності – компоненти теорії нечіткої логіки, при розробці та аналізі процесів нечіткого логічного виведення Заде-Мамдані – моделі баз знань.

Наукова новизна отриманих результатів. В процесі розв'язання поставлених задач було отримано такі наукові результати:

1. Уперше запропоновано та обґрунтовано гібридну модель оцінювання просторово розподілених об'єктів, яка інтегрує розвинені моделі, що ґрунтуються на нечітких кольорових мережах Петрі, моделі процесів детермінованих, імовірнісних і нечітких баз знань та логіці їх взаємодії, що дозволяє підвищити вірогідність та ефективність приймання рішень при одночасному зменшенні розміру моделі за рахунок функції кольору.

2. Дістав подальший розвиток метод налаштування параметрів функцій належності нечітких баз знань, який на відміну від існуючих, ґрунтується на термах лінгвістичних змінних багатозначної інтервальної логіки, класах функцій належності, що дозволяє істотно знизити час налаштування параметрів у знанняорієнтованих технологіях.

3. Удосконалено метод налаштування параметрів функцій належності, який на відміну від існуючих, ґрунтується на попередньому заданні точності обчислень, що дозволяє виконати умову для значення модельного часу та зменшити обчислювальну складність n -розрядного інтервального налаштування функцій належності.

4. Удосконалено метод багатоетапного аналізу простору станів моделі, який включає змінний, згідно з логікою моделі, простір динамічних об'єктів та, на відміну від існуючих, додатково оперує параметрами часу виконання дій, предикатними логічними операторами, узагальненими просторовими характеристиками об'єкта, що дозволяє підвищити ефективність і адекватність оцінювання ресурсів.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблені нові методи, моделі та інформаційні технології є теоретичною базою практичних аспектів аналізу станів процесів із застосуванням знанняорієнтованих технологій для оцінювання станів просторово розподілених об'єктів, які дозволяють зменшити вплив суб'єктивного фактора на результати оцінювання та підвищити достовірність рішень, що приймаються, при одночасному скороченні витрат часу. На основі запропонованих методів налаштування функцій належності запропоновано і обґрунтовано алгоритми та інструментальні засоби інформаційних технологій приймання рішень в знанняорієнтованих технологіях з оцінювання територій, що дозволяє використовувати дані з існуючих електронних ресурсів (топографічні карти, кадастрові плани, матеріали нормативної грошової оцінки населених пунктів, генеральні плани розвитку територій та тощо) та знання експертів для оперативного аналізу та оцінювання станів земельних ресурсів.

Результати дисертаційної роботи було впроваджено у Державному підприємстві «Східгеоінформ» (Харків, Україна) для оцінювання станів складних об'єктів, оперативного аналізу і оцінювання територій, приймання рішень в знанняорієнтованих технологіях (акт впровадження від 30.05.2011), що дозволило скоротити час виконання робіт до 12% (за даними експертів); у ТОВ «Українське агентство земельних ресурсів» (АР Крим, Україна) при оцінюванні станів складних просторово розподілених об'єктів (акт впровадження від 24.06.2011), що дозволило скоротити час виконання робіт до 14% (за даними експертів); у навчальному процесі кафедри геоінформаційних систем і геодезії Харківської національної академії міського господарства Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (акт впровадження від 10.06.2011).

Особистий внесок здобувача. Всі положення, які винесено на захист, отримано здобувачем особисто. В роботах, написаних у співавторстві, здобувачеві належить постановка і формалізація задач, вибір математичного апарату, а також: [1] – опис методів налаштування функцій належності з використанням багатозначної інтервальної логіки та засобів їх реалізації; [2] – розроблення інформаційної технології оцінювання станів складних об'єктів на множині факторів та альтернатив; [3] – розроблення методу налаштування параметрів функцій належності при заданій точності обчислень; [4] – розроблення методу багатоетапного аналізу простору станів, опис прикладних аспектів інформаційних технологій оцінювання об'єктів земельних ресурсів; [5] – розроблення методу налаштування параметрів функцій належності на основі багатозначної інтервальної логіки; [6] – розроблення гібридної моделі оцінювання просторово розподілених об'єктів; [7] – розроблення інформаційної технології оцінювання станів просторово розподілених об'єктів; [8] – аналіз моделей приймання рішень, визначення критерію несуперечливості процесів; [9] – опис моделей, орієнтованих на просторовий аналіз

у галузі управління земельними ресурсами; [10] – розроблення нечіткої мережевої моделі для задач управління просторовими об'єктами; [11] – розроблення формальної моделі приймання рішень про стан складних об'єктів; [12] – опис інформаційної технології реалізації методу налаштування параметрів функцій належності на основі багатозначної інтервальної логіки; [13] – розроблення інформаційної технології оцінювання станів об'єкта на основі формальної моделі; [14] – опис підходів щодо побудови нечітких інтелектуальних систем на основі знанняорієнтованих технологій з використанням розробленої гібридної моделі; [15] – розроблення геоінформаційної технології модифікації геодезичної мережі регіону з урахуванням особливостей GPS-технологій вимірювань.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати доповідалися та обговорювалися на таких науково-технічних конференціях: IX-й Міжнародній науково-технічній конференції «Проблемы информатики и моделирования» (м. Харків, 26 - 28 листопада 2009 р.); Науково-практичній конференції «Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку» (м. Харків, 24 - 25 травня 2010 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Інформаційно-керуючі системи і комплекси. ІКСК-2010» (м. Миколаїв, 27 - 28 квітня 2010 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Искусственный интеллект. Интеллектуальные системы. ИИ-2010» (сел. Кацивелі, АР Крим, 20 - 24 вересня 2010 р.); III-й Науково-практичній конференції «Наукове забезпечення службово-бойової діяльності внутрішніх військ МВС України» (м. Харків, 30 березня 2011 р.); VI-й Міжнародній науково-практичній конференції «Наука и социальные проблемы общества: информатизация и информационные технологии» (м. Харків, 24 - 25 травня 2011 р.); XIX-й Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (м. Харків, 01 - 03 червня 2011 р.).

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано в 15 наукових працях, в тому числі 1 монографії, 6 статтях у наукових фахових виданнях України з технічних наук, 8 публікаціях (з них 3 одноосібно) в тематичних збірниках, матеріалах та тезах доповідей міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатка. Повний обсяг дисертації складає 165 сторінок, з них 139 сторінок основного тексту. Робота містить 44 рисунки (з них 8 – на окремих сторінках); 5 таблиць (в тому числі 1 – на окремій сторінці); 1 додаток на 3 сторінках; список використаних джерел, що включає 143 найменування та займає 14 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** до дисертації обґрунтовано актуальність теми, наведено зв'язок роботи з науковими планами і темами. Визначено об'єкт і предмет дослідження, сформульовано мету та задачі дослідження, описано основні наукові результати і розкрито їх новизну, достовірність, наукову та практичну цінність. Наведено

відомості про особистий внесок здобувача, апробацію результатів дисертаційної роботи та публікації.

У першому розділі виконано аналітичний огляд існуючих підходів і проблем моделювання процесів у складних просторово розподілених об'єктах, проаналізовано методи оцінювання просторово розподілених об'єктів.

На основі змістовного аналізу методів оцінювання складних просторово розподілених об'єктів, які характеризуються просторовим та функціональним розподілом, асинхронною взаємодією процесів, представлених на множині відношень «умова-дія», визначено, що існує множина методик оцінювання станів таких об'єктів. До них у першу чергу слід віднести детерміновані, стохастичні, експертні, аналізу ієрархій, а також, засновані на методах багатокритеріальної оптимізації, нечітких множин, нечітких мереж Петрі, нечіткої логіки.

Встановлено, що існуючі методи об'єктно-орієнтовані та їх ефективність значною мірою залежить від предметної області. Оцінювання станів таких об'єктів є важливою та актуальною проблемою. Сучасні вимоги щодо підвищення достовірності в умовах жорстких обмежень на обчислювальні ресурси та специфіка предметної області викликали необхідність створення та дослідження таких моделей та методів.

Розглянемо формальні аспекти оцінювання станів просторово розподілених об'єктів $A(O)_\alpha$, $\{A_\alpha\} \supseteq \{A(O)_\alpha\}$, $\alpha \in A$.

Просторове положення об'єкта подамо у вигляді відношень

$$R(X, Y, Z), X \times Y \times Z \neq \emptyset, \quad (1)$$

при цьому

$$\forall a_j, a_j \in A(O), j \in J \quad (2)$$

визначено на множині простору станів $\{G_\beta\}$, $\beta \in B$ розподілених об'єктів, що функціонують у часі τ .

При функціонуванні одного об'єкта та взаємодії об'єктів виникає складна просторово розподілена асинхронна взаємодія динамічних процесів

$$\{\text{Pr}_j\}, j \in J, \quad (3)$$

де J – множина індексів процесів, які можуть мати детермінований характер D , стохастичний характер P , нечіткий характер \tilde{F} , при цьому часто є невизначеними та суперечливими. Процеси (3) відображують дані Dt , знання Kn про предметну область, їх складну асинхронну взаємодію представлено на множині відношень «умова (C)» - «дія (A)»:

$$R(CDt, ADt), R(CKn, AKn). \quad (4)$$

При оцінюванні об'єктів $A(O)_\alpha$ предметної області слід враховувати вплив на нього множини факторів $\{\Phi_k\}$, $k \in K$, які функціонують в нечіткому просторі станів.

Необхідно визначити стан об'єкта $A(O)_\alpha$ в координатах $R(X, Y, Z)$ на множині простору станів $\{G_\beta\}$ з урахуванням множини факторів $\{\Phi_k\}$ та множини динамічних процесів $\{\text{Pr}_j\}$.

Враховуючи важливість для предметної області просторових характеристик, що змінюються у часі, рішення мають бути орієнтовані на сучасні геоінформаційні технології, які дозволяють виконувати просторову та часову прив'язку об'єктів, розв'язувати розподілені задачі. З усієї множини процесів, що відбуваються у системі, засобами геоінформаційних технологій можна представити

$$\{\text{Pr}^{(GIS)}\} \subseteq \{\text{Pr}_j\}. \quad (5)$$

Визначено, що метою дисертаційної роботи є розроблення нових моделей, методів та інформаційних технологій оцінювання станів просторово розподілених об'єктів, що дозволяють істотно підвищити ефективність та достовірність рішень, які приймаються та сформульовано задачі дослідження.

У **другому розділі** визначено структуру процесу реалізації задачі оцінювання об'єкта (рис. 1).

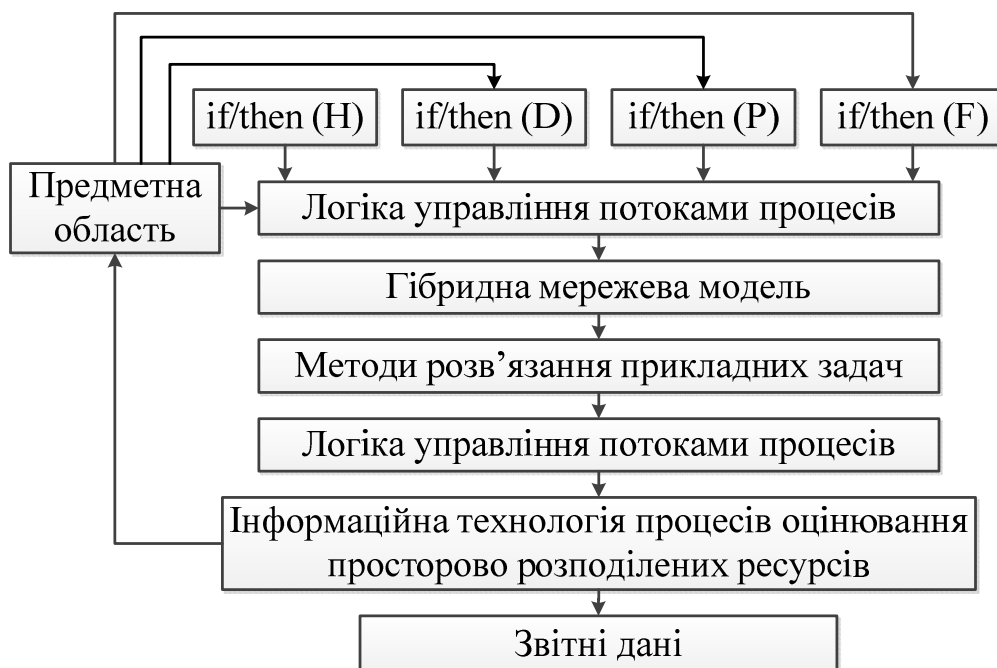


Рисунок 1 – Структура процесу реалізації задачі оцінювання об'єкта

Для реалізації задачі вперше запропоновано гібридну модель S_{Σ} оцінювання станів складних просторово розподілених об'єктів, яка інтегрує модель процесів на основі розвинутих нечітких кольорових мереж Петрі (S_1), моделі детермінованих (S_2), стохастичних (S_3) та нечітких (S_4) баз знань і логіку їх взаємодії

$$S_{\Sigma} = \bigcup_{k \in K} \{S_k\}, k \in K, \quad (6)$$

де K – множина індексів, віднесених до гібридної моделі; $\bigcup_{k \in K}$ – операція об'єднання,

яка у даному випадку відображує деяку додаткову функціональність, з відображенням типів взаємодіючих процесів, що дозволяє варіювати розмірністю моделі та повною мірою використовувати в задачах аналізу всю повноту типів характеристик баз даних і знань.

Модель процесів, що ґрунтується на нечітких кольорових мережах Петрі, створено на основі розширень функції кольорових предикатних мереж Петрі та функції відображення просторових даних

$$S_1 = \langle \tilde{P}, \tilde{T}, \tilde{F}, m_S, O, \tilde{M}_{0C}(f), \tilde{M}_C(f), \tilde{C}, \tilde{V}, \tilde{K}, L\{x_u\} \rangle, \quad (7)$$

де \tilde{P} – множина нечітких позицій; \tilde{T} – множина нечітких переходів; \tilde{F} – нечітка функція інцидентності – $\tilde{F}: (\tilde{P} \times \tilde{T}) \cup (\tilde{T} \times \tilde{P})$; введені додатково m_S – ваги, які віднесені до вхідних $\{p_i(in)\}$ і вихідних $\{p_i(out)\}$ дуг деякого переходу t_i та O – просторово розподілена компонента множини відображень координат у географічних інформаційних системах (ГІС); $\tilde{M}_{0C}(f)$ – вектор початкового маркірування; $\tilde{M}_C(f)$ – вектор поточного маркірування; \tilde{C} – функція кольору маркера, що визначає у даному випадку колір C кожного з маркерів $\tilde{M}(\tilde{p}_j)$ для позицій мережі; \tilde{V} – умови здійснення переходів в залежності від кольору маркера; \tilde{K} – місткість маркерів в позиціях з урахуванням \tilde{C} ; $L\{x_u\}, u \in U$ – деякий предикат, віднесений на моделі до множини позицій, переходів, функцій інцидентності в просторі станів нечітких взаємодіючих процесів та визначає додаткові умови виконання переходів.

Враховуючи доцільність відображення деякої множини інших важливих складових, що характерні для заданої предметної області, модель (10) містить додатково введені просторово розподілені компоненти множини відображень координат $O = \langle X, Y, Z \rangle$, що є новим рішенням. Вектору нечіткого маркірування $\tilde{M}_{0C}(f)$ поставлені у відповідність функції належності $\mu(x), \mu(y)$ лінгвістичних термів компонентів нечіткої моделі (10). Застосування функції кольору C істотно зменшує розмірність моделі. В обґрунтованих випадках у якості функції належності застосовують нечітку інтервальну логіку $\Delta\mu(x)$ та її аналітичні форми.

Моделі детермінованих (S_2), імовірнісних (S_3) і нечітких (S_4) баз знань щодо процесів, які відбуваються у об'єктах $A(O)_\alpha$ та впливають на їх стан, носять відповідно детермінований D , стохастичний P і нечіткий \tilde{F} характери у вигляді моделей баз знань

$$S_2^N = \text{if / then}(D), S_3^\Theta = \text{if / then}(P), \tilde{S}_4^Q = \text{if / then}(\tilde{F}), |N| \geq h_1, |\Theta| \geq h_2, |Q| \geq h_3, \quad (8)$$

де h_1, h_2, h_3 – деякі числові значення, віднесені до баз знань. Це що дозволяє у повній мірі використовувати в задачах аналізу всю повноту нормативної бази, детермінованих, стохастичних та нечітких характеристик баз знань, якщо прийняти у якості моделі \tilde{S}_4 продукційну модель в нечіткому представленні \tilde{F} у задачах нечіткого логічного виведення Заде-Мамдані (Сугено).

Нечітке логічне виведення реалізується на основі підходів Заде-Мамдані

$$y'_0 = \vee x'_0 \wedge \mu(x, y) \quad (9)$$

з наступною дефаззифікацією,

де y'_0 – результуючий вектор станів об'єкту; x'_0 – чіткий вхідний вектор; $\mu(x, y)$ – оператор нечіткого відношення Заде-Мамдані; \vee – оператор знаходження значення \max ; \wedge – оператор знаходження значення \min .

Виходячи з особливостей предметної області дослідження, знанняорієнтована модель для множини об'єктів (1) має вигляд

$$\tilde{S}_\Sigma = \cup\{S_k\}, k \in K, \text{ if / then} - D, P, \tilde{F}, \quad (10)$$

та враховує детермінізм об'єкта, стохастичні характеристики і показники нечіткості.

Якщо задана модель (10) і визначені деякі вагові коефіцієнти $m_{i\gamma}$, де γ – елемент множини A існуючих альтернатив Alt_γ , то шукана альтернатива $Alt_\gamma \in \{Alt_\gamma\}$ може бути визначена як

$$\sum m_{i\gamma} \xrightarrow{\Omega} extr, \quad (11)$$

$$\Omega = \langle \tau_i < \tau^*, L_i = true, F_i \leq F^*, m_{i\gamma} \geq m^*, O = true \rangle,$$

де Ω – деякі обмеження; τ_i – час реалізації альтернативи; τ^* – допустимий час реалізації альтернатив; L_i – множина предикатів предметної області; F_i – множина обмежень предметної області; F^* – множина допустимих значень предметної області; O – множина прямокутних координат; m^* – нижня межа допустимих значень вагових коефіцієнтів, що безпосередньо витікає з сутності множини альтернатив $\{Alt_\gamma\}$ та діючих обмежень.

Сформульовано умови досяжності та несуперечливості процесів, що ґрунтуються на аналізі дозволених переходів і виконання предикатів, віднесених до предметної області. Викладено прикладні аспекти досліджень, визначено актуальність та перспективність реалізації інформаційних технологій оцінювання земельних ресурсів.

Третій розділ дисертаційної роботи присвячений розробці та дослідженню нових методів для оцінювання станів просторово розподілених об'єктів.

Удосконалено метод багатоетапного аналізу простору станів моделі, який включає змінний, згідно з логікою моделі, простір динамічних об'єктів та, на відміну від існуючих, додатково оперує параметрами часу виконання дій, предикатними логічними операторами, узагальненими просторовими характеристиками об'єкта, що дозволяє підвищити ефективність і адекватність оцінювання ресурсів.

Основні етапи методу (рис. 2), у якому процеси подано у просторі станів: M_0 – вектор початкового маркірування моделі, M_j – вектори поточного маркірування моделі, M_k – вектор термінального маркірування моделі, та представлені у вигляді моделей динамічних об'єктів (DO), такі:

1) формування простору станів та просторової компоненти моделі;
2) перевірка умов маркірування на дозволених виконання переходів шляхом послідовних звернень до форматів DO ;

3) динаміка процесів маркірування відображується в DO як зміна значень атрибутів моделі у заданих форматах;

4) у разі, коли хоча б один перехід не дозволений за заданими критеріями, виконується модифікація вектору початкового та поточного маркірування, значення параметрів функції належності та умови предиката для переходів моделі;

5) у разі, коли відсутня досяжність або існує суперечливість процесів, виконується модифікація структури моделі з подальшим повторним моделюванням простору станів об'єкта. Коли існує досяжність та відсутня суперечливість процесів, моделювання вважається закінченим.

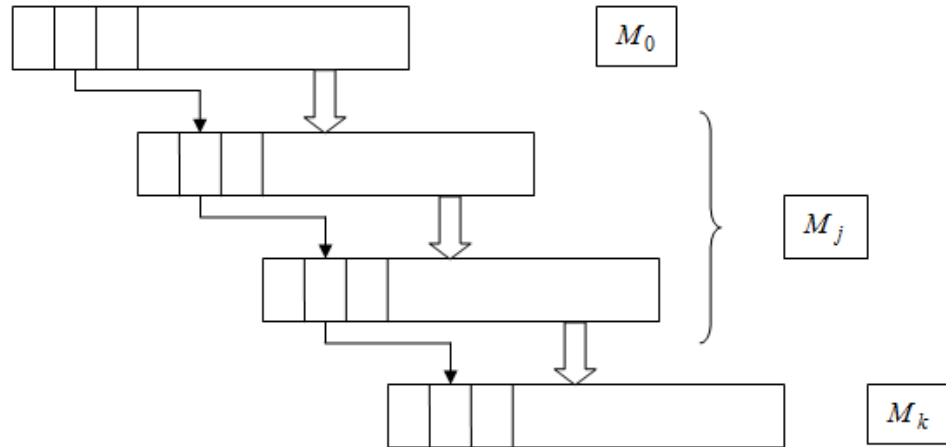


Рисунок 2 – Узагальнена структура методу моделювання *DO*

Визначено обчислювальну складність запропонованого методу, яка близька до квадратичної $O(n^2)$ та суттєво залежить від параметрів комп'ютера та алгоритмізації методу.

Дістав подальший розвиток метод налаштування параметрів функцій належності нечітких баз знань, який на відміну від існуючих, ґрунтується на багатозначній інтервальній логіці, що дозволяє зменшити час налаштування параметрів функцій за рахунок орієнтації обчислювальних процедур на виділені класи термів лінгвістичних змінних, та складається з таких етапів:

- 1) фаззифікація правила-продукції, вибір типів функції належності, вияву та формулювання параметрів функцій належності;
- 2) реалізація нечіткого логічного виведення Заде-Мамдані;
- 3) дефаззифікація результатів нечіткого логічного виведення методом центру мас;

- 4) визначення оцінки очікуваного дефаззифікованого значення y^{ou} ;

- 5) формування параметрів інтервалу значень для вибору знаменника поділу $d2, \Delta d, \varepsilon$ і запуск процесу ітераційної апроксимації; зупинка процесу при досягненні необхідної точності ε ;

- 6) визначення оптимальних значень множника поділу m для різних типів функцій належності;

- 7) видача рекомендацій щодо оптимального значення множника для конкретного типу нечіткої величини функції належності з використанням критерію ранжирування;

- 8) повторний прогін, уточнення параметрів поділу, зупин.

Це не тягне за собою зміни попередніх властивостей алгоритму, за виключенням введення двох параметрів (верхня межа інтервалу дискретизації знаменника поділу $d2$, крок дискретизації Δd), але дозволяє прискорити збіжність

за необхідності багаторазового підбору параметра k в рамках деякої предметної області правил.

Встановлено, що така реалізація має обчислювальну складність, яка характеризується

$$O(n) \approx \exp^{(1/\varepsilon)}, \quad (12)$$

де ε – параметр, що визначає норму точності апроксимації.

Обчислювальна складність запропонованого алгоритму не є оптимальною. Під час розв'язання задачі з використанням методу багатозначної логіки при деяких довільних вхідних даних виникала проблема значного зростання показника обчислювальної складності, що призводило до недопустимо великого збільшення часу роботи програми. Було удосконалено існуюче рішення, що дозволило істотно знизити обчислювальну складність водночас з підвищенням якості роботи програми.

Для кожного типу функції належності та кожного дільника d_i можна виміряти час роботи запропонованого алгоритму τ_i , де τ_i – модельний час.

Удосконалено метод налаштування параметрів функцій належності, який на відміну від існуючих, ґрунтується на попередньому заданні точності обчислень, що дозволяє виконувати умову для значення модельного часу та зменшити обчислювальну складність n -розрядного інтервального налаштування функцій належності. Метод складається з таких етапів:

- 1) фаззифікація правила продукції, вибір класів функції належності;
- 2) формалізація параметрів функцій належності;
- 3) реалізація нечіткого логічного виведення Заде-Мамдані;
- 4) дефаззифікація результатів нечіткого логічного виведення (методом центру мас);
- 5) визначення оцінки очікуваного дефаззифікованого значення y^{oc} ;
- 6) вибір дільника d і точності обчислень ε ;
- 7) запуск процесу ітеративної апроксимації;
- 8) зупинка при досягненні необхідної точності ε ;
- 9) повторний прогін викладених вище процедур, модифікація параметрів класів функції належності; зупин.

Розв'язання даної задачі за допомогою методів багатозначної інтервальної логіки дозволяє визначати мінімальне значення модельного часу τ . Проте, у ряді випадків, воно не є оптимальним за критеріями часу та адекватності. Це пов'язано з тим, що у ряді випадків не завжди можливо досягти мінімальних значень модельного часу через використання у цьому підході значення $\Delta y = |y^{\phi} - y^{oc}| \leq \varepsilon$ як знаменника кроку апроксимації.

В удосконаленому методі у ролі дільника виступає значення апріорно заданої точності обчислень ε , що дозволяє виконати умову для модельного часу τ_k :

$$\tau_{\Delta y, A} < \tau_{\varepsilon, d}, \quad (13)$$

де $\tau_{\Delta y, A}$ – модельний час при використанні чисельника кроку Δy і знаменника A' ; $\tau_{\varepsilon, d}$ – ε і d – відповідно.

Методи n -розрядного інтервального налаштування функцій належності реалізовано програмними засобами об'єктно-орієнтованого програмування, підтверджено їх ефективність та працездатність.

У четвертому розділі набули подальшого розвитку інформаційні технології оцінювання станів просторово розподілених об'єктів, що включають розроблені методи та моделі. Розглянуто і описано основні методичні аспекти інформаційних технологій на прикладі оцінювання вартості та привабливості земельних ресурсів.

Встановлено, що існуюча інформаційна технологія оцінювання просторово розподілених об'єктів земельних ресурсів включає такі основні дії: аналіз предметної області; вибір об'єкта дослідження та нормативної бази; призначення умов оцінювання; оцінювання станів просторово розподілених об'єктів; формування звітних даних. Її суттєвим недоліком є залежність від суб'єктивного фактора, досвіду та знань оцінювача.

Запропоновано інформаційну технологію оцінювання станів об'єкта, узагальнену структуру якої наведено на рис. 3, з використанням гібридної моделі процесів, методів багатоетапного аналізу простору станів моделі та налаштування функції належності, яка вільна від названих недоліків, враховує знання експертів щодо предметної області, множини визначальних факторів та складається з таких узагальнених компонентів:

0 – інфологічний аналіз предметної області;

1 – на основі інфологічного аналізу здійснюється вибір об'єкта дослідження та визначаються особливі умови оцінювання;

2 – розроблення моделі об'єкта та процесів, оперативний аналіз адекватності та модифікація процесів. Це є принциповою відмінністю від існуючих технологій;

3 – вибір нормативної бази, яка розглядається сумісно як результат побудови та аналізу моделі;

4 – визначення характеристик об'єкта. Змістовний аналіз об'єкта і предметної області дає змогу виявлення характеристик об'єкта

$$\{\text{Pr}_j\} \supseteq \{\text{Pr}_j^A\}, j \in J; \quad (14)$$

5 – навчання моделі об'єкта. Використовуючи знання орієнтовані технології та моделі об'єкту здійснюємо нечітке логічне виведення Заде-Мамдані з урахуванням норми $|y^\phi - y^{oc}| \leq \varepsilon$. Це потребує також застосування технологій навчання і налаштування параметрів функцій належності за критерієм мінімуму індексу нечіткості Хеммінга на множині обмежень F^* предметної області. На основі нечіткої бази знань та знань експертів про важливість значення характеристик для даного об'єкта виконуємо ранжирування та вибираємо n найбільш значущих факторів;

6 – перевірка логічної умови на достовірність налаштування функцій належності

$$|\mu_{(\alpha)}^\phi - \mu_{(\alpha)}^{oc}| \leq \varepsilon^*, \quad (15)$$

де ε^* – норма точності;

7 – після реалізації процесів навчання бази знань здійснюється визначення параметрів об'єкту $\{X_i^P\}$. Для найбільш значущих характеристик визначаємо

параметри для оцінювання станів об'єктів та процесів. Для змістовного оперативного аналізу параметрів об'єкта оцінювання використовується розпаралелювання процесів, що відносяться до внутрішніх та зовнішніх взаємодій цих процесів;

8, 11, 12 – на множині об'єктів виконується оперативний аналіз внутрішніх взаємодій за критерієм досяжності на множині предикатів L_i

$$L_i = \tilde{L}_i \mid \mu_{\tilde{L}_i} \neq 0, \tilde{L}_i = [true, false] \quad (16)$$

та відсутністю суперечливості

$$\forall \{\tilde{M}_j\} \mid \{\tilde{M}_j^{(ожс)}\} = ((\{\tilde{M}_j^{(\phi)}\}) \wedge (z_j \geq z_j^*)), j \in J \quad (17)$$

з наступною модифікацією моделі на етапі 14, під час невиконання умов (16) або (17);

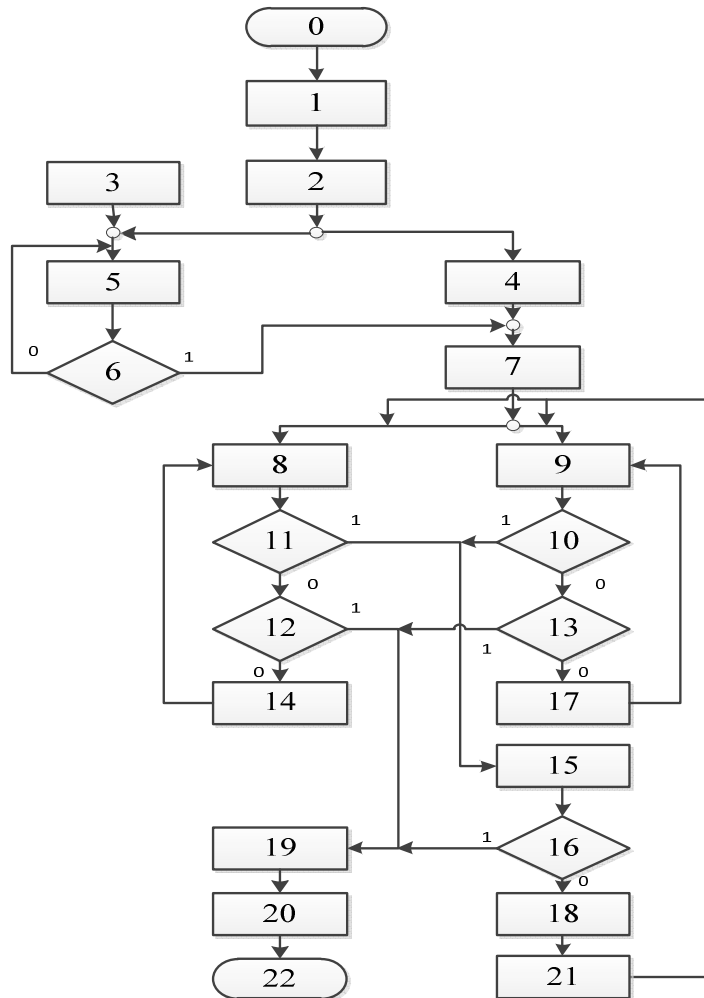


Рисунок 3 – Структурна схема узагальненої інформаційної технології

9, 10, 13 – на множині об'єктів виконується аналіз зовнішніх взаємодій за критерієм досяжності на множині предикатів L_i (18) та відсутністю суперечливості (19) з наступною модифікацією моделі на етапі 17, за відсутності досяжності або наявності властивостей суперечливостей;

15, 16, 18, 21 – аналіз та усунення властивостей неадекватності за критеріями повноти Pl та несуперечливості Npt

$$Pl = \begin{cases} 1, & \text{true,} \\ 0, & \text{false,} \end{cases} \quad Npt = \begin{cases} 1, & \text{true,} \\ 0, & \text{false} \end{cases} \quad (20)$$

з наступною модифікацією моделі на етапі 21 для досяжності істинності процесів (21). Фактом не задовільного розв'язання за результатами аналізу внутрішньої V та зовнішньої W взаємодії процесів визначається

$$Pl = \text{false or } Npt = \text{false}, \quad (21)$$

реалізуються процедури модифікації внутрішніх та зовнішніх умов, уточнення множини параметрів щодо задоволення

$$Pl = \text{true and } Npt = \text{true}; \quad (22)$$

19, 20, 22 – етапи приймання рішень про стан об'єкта, формування звітів, зупин.

Запропоновано інформаційну технологію приймання рішень на множині факторів і альтернатив, яка складається з таких етапів:

1 – вибір області досліджень (множина земельних ділянок $\{Z_\lambda\}$, $\lambda \in \Lambda$), виділення і обґрунтування множини важливих факторів $\Phi_k \subseteq \Phi_i$;

2 – формування області значень функцій належності, визначення множини параметрів для термів лінгвістичних змінних;

3 – налаштування параметрів функцій належності на основі розроблених методів та процедур нечіткого логічного виведення, з використанням знань експертів;

4 – формування упорядкованих параметрів функцій належності за відповідним критерієм з $\Phi_k \subseteq \Phi_i$ із наступною оцінкою ступеню привабливості визначених ділянок. За наявності факторів, які мають близькі значення індексу нечіткості, визначення множини альтернатив At_m здійснюється за обраним критерієм.

Розглянуто прикладні аспекти удосконаленої знанняорієнтованої інформаційної технології оцінювання привабливості території за рахунок побудови моделей та застосування методу багатофакторного аналізу. Запропоновано фрагмент програмної реалізації технології грошової оцінки земельної ділянки при заданих значеннях коефіцієнтів, що дозволяє значно скоротити витрати часу оцінювача.

Розглянуто прикладні аспекти методів та інформаційних технологій у задачах оцінювання складних просторово розподілених об'єктів на прикладі оцінювання привабливості території з використанням геоінформаційних технологій (акт впровадження від 30.05.2011). Визначено важливі чинники запропонованих рішень оцінювання територій та експериментально показано, що результатом впровадження нових інформаційних технологій (АР Крим, акт впровадження від 24.06.2011) є зниження трудомісткості та строків виконання робіт до 14% (за даними експертних оцінок) з оцінювання земельних ресурсів при збереженні якості робіт, що є важливим і актуальним результатом.

Зниження трудомісткості та строків виконання робіт ґрунтується на цілеспрямованому використанні нових стратегій, методів та моделей, що дозволяють застосовувати знання експертів та геоінформаційні технології у підходах щодо автоматизації оцінювання територій.

У **висновках** сформульовано наукові та практичні результати роботи.

У додатку наведено акти впровадження отриманих теоретичних і прикладних результатів.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі викладено результати наукових досліджень, які відповідно до поставленої мети, є розв'язанням актуальної задачі розроблення та удосконалення методів, моделей та інформаційних технологій оцінювання станів складних просторово розподілених об'єктів. Проведені дослідження дозволяють зробити такі висновки:

1. Виконано аналіз існуючих підходів і методів оцінювання станів просторово розподілених об'єктів. Визначено, що процеси, які можуть бути розподілені просторово в нечіткому просторі станів мало вивчені, тому потребують для розроблення нових моделей, методів та інформаційних технологій розв'язання теоретичних і практичних задач. На основі результатів аналізу сформульовано постановку задач дослідження.

2. Вперше запропоновано та обґрунтовано гібридну модель оцінювання просторово розподілених об'єктів, яка інтегрує розвинені моделі, що ґрунтуються на нечітких кольорових мережах Петрі, моделі процесів детермінованих, імовірнісних і нечітких баз знань та логіці їх взаємодії, що дозволяє підвищити вірогідність та ефективність приймання рішень при одночасному зменшенні розміру моделі за рахунок функції кольору.

3. Дістав подальший розвиток метод налаштування параметрів функцій належності нечітких баз знань, який на відміну від існуючих, ґрунтується на термах лінгвістичних змінних багатозначної інтервальної логіки, класах функцій належності, що дозволяє істотно знизити час налаштування параметрів у знанняорієнтованих технологіях.

4. Удосконалено метод налаштування параметрів функцій належності, який на відміну від існуючих, ґрунтується на попередньому заданні точності обчислень, що дозволяє виконати умову для значення модельного часу та зменшити обчислювальну складність n -розрядного інтервального налаштування функцій належності.

5. Удосконалено метод багатоетапного аналізу простору станів моделі, який включає змінний, згідно з логікою моделі, простір динамічних об'єктів та, на відміну від існуючих, додатково оперує параметрами часу виконання дій, предикатними логічними операторами, узагальненими просторовими характеристиками об'єкта, що дозволяє підвищити ефективність і адекватність оцінювання ресурсів.

6. Запропоновано інформаційну технологію оцінювання станів об'єкта з використанням гібридної моделі, методів багатоетапного аналізу простору станів моделі та налаштування функції належності, яка враховує знання експертів щодо предметної області і множину визначальних факторів. Запропоновано інформаційну технологію приймання рішень на множині факторів і альтернатив.

7. Результати дисертаційної роботи було впроваджено в роботах Державного підприємства «Східгеоінформ» та ТОВ «Українське агентство земельних ресурсів»

у АР Крим при оцінюванні станів складних просторово розподілених об'єктів і прийнятті рішень в знанняорієнтованих технологіях, а також у навчальний процес на кафедрі геоінформаційних систем та геодезії Харківської національної академії міського господарства Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

8. Перспективним напрямком застосування розроблених методів, моделей та інформаційних технологій є подальша їх адаптація для оцінювання інших категорій просторово розподілених об'єктів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Кучеренко Є. І. Теоретичні основи та технології оцінки технічного стану просторово розподілених об'єктів : монографія / Є. І. Кучеренко, Д. Є. Краснокутський, І. С. Глушенкова. – Х. : ХНАМГ, ХНУРЕ, 2011. – 177 с.

2. Кучеренко Е. И. Об информационных технологиях принятия решений в задачах оценки состояния территорий / Е. И. Кучеренко, И. С. Глушенкова // Искусственный интеллект. Донецк : ИПИИ «Наука і освіта», 2010. – № 3. – С. 489–493.

3. Кучеренко Е. И. Развитие методов на основе многозначной интервальной логики в задачах настройки функций принадлежности / Е. И. Кучеренко, А. В. Корниловский, И. С. Глушенкова // Бионика интеллекта, 2011. – № 1 (75). – С. 75–78.

4. Глушенкова И. С. Прикладные аспекты реализации методов и информационных технологий оценивания сложных объектов / И. С. Глушенкова, Е. И. Кучеренко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2011. – № 3/9 (51). – С. 35–38.

5. Кучеренко Е. И. О модификации методов оперативной настройки функций принадлежности в знаниеориентированных моделях / Е. И. Кучеренко, А. В. Корниловский, И. С. Глушенкова // Системы обработки информации, 2010. – № 5 (86). – С. 54 – 57.

6. Кучеренко Е. И. Модели процессов оценивания состояния сложных пространственно распределенных объектов / Е. И. Кучеренко, И. С. Глушенкова // Системы обработки информации, 2011. – № 2 (92). – С. 93–101.

7. Кучеренко Е. И. Информационная технология оценивания состояния сложных пространственно распределенных объектов / Е. И. Кучеренко, И. С. Глушенкова // Збірник наукових праць. ХУПС, 2011. – № 1 (27). – С. 144–150.

8. Кучеренко Е. И. О методах, моделях и критериях принятия решений в пространственно-распределенных объектах / Е. И. Кучеренко, И. С. Глушенкова // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Тематический выпуск: Информатика и моделирование. – Х. : НТУ «ХПИ», 2009. – № 13. С. 102–107.

9. Кучеренко Е. И. О методах, моделях и критериях принятия решений в пространственно-распределенных объектах / Е. И. Кучеренко, И. С. Глушенкова // Проблемы информатики и моделирования : материалы междунар. научно-техн. конф. – Х. : НТУ «ХПИ», 2009. – С. 23.

10. Глушенкова И. С. Принятие решений в системах управления земельными ресурсами / И. С. Глушенкова // Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку : зб. тез допов. міжнар. науково-практичн. конф. – Х. : Академія внутрішніх військ МВС України, 2010. – С. 71–72.

11. Глушенкова И. С. Формальная модель принятия решений о состоянии сложных объектов / И. С. Глушенкова // Інформаційно-керуючі системи і комплекси : зб. тез допов. міжнар. науков. конф. – Миколаїв : ІАЕ НУК, 2010. – С. 5–6.

12. Кучеренко Е. И. О модификации методов оперативной настройки функций принадлежности в знание ориентированных моделях / Е. И. Кучеренко, И. С. Глушенкова // Искусственный интеллект. Интеллектуальные системы. ИИ-2010 : материалы междунар. научно-технич. конф. – Донецк : ИПИИ «Наука і освіта», 2010. – С. 86–90.

13. Глушенкова И. С. Информационная технология оценивания состояния объекта на основе формальной модели / И. С. Глушенкова // Наукове забезпечення службово-бойової діяльності внутрішніх військ МВС України : зб. тез допов. III науково-практичн. конф. – Х. : Академія внутрішніх військ МВС України, 2011. – С. 83–84.

14. Кучеренко Е. И. Проблемы анализа нечетких интеллектуальных систем на основе знание ориентированных технологий / Е. И. Кучеренко, И. С. Глушенкова // сборник научных трудов VI междунар. научно-практич. конференции «Наука и социальные проблемы общества: информатизация и информационные технологии». – Х. : ХНУРЭ, 2011. – С. 106–107.

15. Глушенкова І. С. Модифікація геодезичної опорної мережі регіону засобами ГІС / І. С. Глушенкова, О. В. Зарицький // Інформаційні технології: Наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: зб. тез допов. XIX міжнар. науково-практичн. конф., Ч. IV (Харків). – Х. : НТУ «ХП», 2011. – С. 16.

АНОТАЦІЯ

Глушенкова І.С. Методи, моделі та інформаційні технології оцінювання станів просторово розподілених об'єктів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2011.

Вперше запропоновано та обґрунтовано гібридну модель оцінювання просторово розподілених об'єктів, яка інтегрує розвинені моделі, що ґрунтуються на нечітких кольорових мережах Петрі, моделі процесів детермінованих, імовірнісних і нечітких баз знань та логіці їх взаємодії, що дозволяє підвищити вірогідність та ефективність приймання рішень при одночасному зменшенні розміру моделі за рахунок функції кольору.

Дістав подальший розвиток метод налаштування параметрів функцій належності нечітких баз знань, який ґрунтується на термах лінгвістичних змінних багатозначної інтервальної логіки, класах функцій належності, що дозволяє істотно знизити час налаштування параметрів у знанняорієнтованих технологіях.

Удосконалено метод налаштування параметрів функцій належності, який ґрунтується на попередньому заданні точності обчислень, що дозволяє виконати умову для значення модельного часу та зменшити обчислювальну складність n -розрядного інтервального налаштування функцій належності.

Удосконалено метод багатоетапного аналізу простору станів моделі, який включає змінний, згідно з логікою моделі, простір динамічних об'єктів та додатково оперує параметрами часу виконання дій, предикатними логічними операторами, узагальненими просторовими характеристиками об'єкта, що дозволяє підвищити ефективність і адекватність оцінювання ресурсів.

Ефективність запропонованих методів, моделей та інформаційних технологій доведено при їх впровадженні.

Ключові слова: моделі, методи, просторово розподілені об'єкти, оцінювання станів, багатозначна інтервальна логіка, функція належності, інформаційні технології.

АННОТАЦІЯ

Глушенкова И.С. Методы, модели и информационные технологии оценивания состояния пространственно распределенных объектов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, 2011.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научной задачи разработки методов, моделей и информационных технологий оценивания состояний сложных пространственно распределенных объектов, учитывающих детерминированный, стохастический и неопределенный характер их процессов.

Выполнен анализ существующих подходов и методов оценивания состояния пространственно распределенных объектов. Определено, что процессы могут быть распределены пространственно в нечетком пространстве состояний, они мало исследованы, требуют для их разработки новых моделей, методов и информационных технологий решения теоретических и практических задач.

Впервые предложена и обоснована гибридная модель оценивания пространственно распределенных объектов, которая интегрирует развитые модели, которые основываются на нечетких раскрашенных сетях Петри, модели процессов детерминированных, вероятностных и нечетких базах знаний и логику их взаимодействия, что позволяет повысить достоверность и эффективность принятия решений при одновременном уменьшении размерности модели за счет функции цвета.

Получил дальнейшее развитие метод настройки параметров функций принадлежности нечетких баз знаний, который в отличие от существующих, основывается на терминах лингвистических переменных многозначной интервальной логики, классах функций принадлежности, что позволяет существенно уменьшить время настройки параметров в знание ориентированных технологиях.

Усовершенствован метод настройки параметров функций принадлежности, который отличается от существующих тем, что основывается на предварительном

задании точности вычислений, что позволяет существенно снизить вычислительную сложность n -разрядной интервальной настройки функций принадлежности. Выполнена программная реализация методов с использованием средств объектно-ориентированного программирования.

Усовершенствован метод многоэтапного анализа пространства состояний модели, который включает изменяющееся, согласно логики модели, пространство состояний динамических объектов и, в отличие от существующих, дополнительно оперирует параметрами времени выполнения действий, предикатными логическими операторами, обобщенными пространственными характеристиками объекта, что позволяет повысить достоверность и адекватность оценивания ресурсов.

Предложено информационную технологию оценивания состояния объекта с использованием гибридной модели, методов многоэтапного анализа пространства состояний модели и настройки функций принадлежности, которая учитывает знания экспертов о предметной области и множество определяющих факторов.

Предложено информационную технологию принятия решений на множестве факторов и альтернатив.

Эффективность предложенных моделей, методов и информационных технологий при решении задач оценивания состояний сложных пространственно распределенных объектов, оперативного анализа и оценивания территорий, принятия решений в знание ориентированных технологиях, была подтверждена практическими результатами.

Перспективным направлением использования предложенных методов, моделей и информационных технологий является их дальнейшая адаптация для решения задач оценивания состояний других категорий пространственно распределенных объектов.

Ключевые слова: модели, методы, пространственно распределенные объекты, оценивание состояния, многозначная интервальная логика, функция принадлежности, информационные технологии.

ABSTRACT

Glushenkova I. S. Methods, models and information technologies for state estimation of spatially distributed objects. – Manuscript.

Thesis for the candidate's degree in technical sciences in 05.13.06 - Information Technologies. - Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, 2011.

The thesis is devoted to developing methods, models and information technology assessment states of complex spatially extended objects, taking into account the deterministic, stochastic and uncertain process character.

First hybrid model estimation of spatially distributed objects: are proposed and validated, which integrates advanced fuzzy colored Petri nets model of deterministic, probabilistic and fuzzy logic knowledge bases and manifestations of their interactions, thus enhancing the reliability of decision making while reducing the dimension of the model by color function and mapping function.

The method of setting the parameters of membership functions of fuzzy knowledge bases developed further, that basing on interval valued logic. It is based on many-valued

logic of an interval, which reduces the computational complexity and time settings of functions by focusing computational procedures for selected classes of linguistic variables terms.

Improved method for setting the parameters of membership functions, which is based on the preliminary task of accuracy that can significantly reduce the computational complexity of the n-bit interval set membership functions.

Improved method for many-step analysis of the state space model, which includes changing the state space of dynamic objects and addition to the run-time parameters of action, predicate logic operators, generalized spatial characteristics of the object. This improves the reliability and adequacy of resources assessment.

The effectiveness of the proposed solutions is confirmed by experiment with real objects.

Keywords: models, methods, spatially distributed objects, evaluation of the state, many-valued logic of an interval, membership function, information technology.

Підп. до друку _____ 2012 р. Формат $60 \times 84^{1/16}$. Спосіб друку – ризографія.
Умов. друк. арк. 1,0. Облік. вид. арк. 1,0. Тираж 100 прим. Зам. № _____. Ціна договірна.

Україна, 61166, Харків, просп. Леніна, 14, ХНУРЕ

Віддруковано в навчально-науковому видавничо-поліграфічному центрі ХНУРЕ.

Україна, 61166, Харків, просп. Леніна, 14