

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МАЛАХОВ Євгеній Валерійович

УДК 004.652: 004.658

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ  
СКЛАДНОСТРУКТУРОВАНИХ ПРЕДМЕТНИХ ОБЛАСТЕЙ  
В СИСТЕМАХ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ  
(теорія та реалізація)

Спеціальність 05.13.06 – інформаційні технології

**Автореферат**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук

Харків – 2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Одеському національному політехнічному університеті Міністерства освіти і науки України, м. Одеса.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор  
**Становський Олександр Леонідович,**  
Одеський національний політехнічний  
університет, м. Одеса  
завідувач кафедри нафтогазового та хімічного машинобудування

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
**Філатов Валентин Олександрович,**  
Харківський національний університет  
радіоелектроніки, м. Харків,  
професор кафедри штучного інтелекту

доктор технічних наук, професор  
**Верлань Анатолій Федорович,**  
Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є.  
Пухова НАН України, м. Київ,  
завідувач відділу моделювання динамічних систем

доктор технічних наук, професор  
**Скатков Олександр Володимирович,**  
Севастопольський національний технічний університет, м. Севастополь,  
завідувач кафедри кібернетики та  
обчислювальної техніки

Захист відбудеться 13 травня 2010 р. о 14:30 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.07 в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий 9 квітня 2010 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

В.П. Северин

### ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Сучасні системи організаційно-технічного управління створюються для інформаційної підтримки управлінських рішень в різних галузях науки і техніки. Побудова системи організаційного управління, як і будь-якої інформаційної системи (ІС), починається зі створення моделі предметної області (ПрО). Як правило, вибір сутностей предметної області, які необхідно ввести до інформаційної моделі, здійснюється розроблювачем інтуїтивно, тому навіть в процесі роботи вже побудованої інформаційної системи виникає необхідність уточнення або розширення моделі предметної області, розширення інформації про об'єкти, які відбиті у моделі.

Ця задача ускладнюється також тим, що в багаторівневих, розподілених, тобто складноструктурованих ПрО, над якими створюються інформаційні системи організаційно-технічного управління, на детальному рівні виділяють частини (предметні підобласті), кожна з яких є самостійною предметною областю, відображеною в окремих моделях. Якщо для кожної підобласті створені окремі ІС, то на етапі розв'язання задач над складноструктурованою ПрО в цілому виникає необхідність створення інтегрованого інформаційного комплексу, в основі якого знаходиться модель єдиного простору, що на новому рівні об'єднує моделі всіх частин.

З іншого боку, якщо розглядати предметну область як підобласть системи більш високого рівня, то виникає проблема врахування в моделі взаємодії цієї предметної області із оточуючим інформаційним середовищем.

Перелічені обставини породжують суттєву проблему виконання різноманітних операцій (доповнення, об'єднання, перетину тощо) над моделями ПрО.

Проте недостатність спеціального математичного забезпечення призводить до необхідності «ручного» розв'язання зазначених проблем, оперативність якого залежить від суб'єктивного фактору. Некоректність моделей предметних областей, отриманих при їхній

побудові або в результаті маніпулювання ними, неповнота або суперечливість інформації, витрати часу на її «ручне» перетворення призводить до неадекватних управлінських рішень.

Існуючі підходи до роботи з БД і моделями предметних областей не орієнтовані на розв'язання перелічених проблем, а загальне математичне забезпечення не призначене для маніпулювання безпосередньо інформаційними моделями предметних областей. Крім того, ані реляційні, ані об'єктні, ані, навіть, онтологічні моделі, що отримали останнім часом значну популярність, при їх побудові та маніпулюванні ними не враховують ієрархію предметних областей та множини задач, розв'язуваних над відповідними предметними областями.

Тому розробка інформаційного та математичного забезпечення створення моделей предметних областей та маніпулювання ними в інформаційних системах організаційного управління в різних галузях науки і техніки є вельми актуальною проблемою та визначає напрямок дисертаційного дослідження.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана в Одеському національному політехнічному університеті відповідно до планів науково-дослідних робіт МОН України. Здобувач в якості наукового керівника очолював виконання НДР: «Дослідження інформаційних сховищ як моделей предметних областей в системах підтримки прийняття рішень» (№ ДР 0104U002401), «Дослідження моделей предметних областей в системах управління якістю інтелектуальної продукції» (№ ДР 0106U013172) та внутрішньо-університетської пошукової НДР «Використання методів та моделей у підтримці прийняття рішень при керуванні виробничо-господарськими об'єктами».

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності інформаційних систем підтримки організаційно-технічного управління в різних галузях науки і техніки шляхом створення інформаційної технології побудови та маніпулювання моделями складноструктурованих предметних областей.

Для досягнення мети в роботі поставлені такі основні задачі:

- визначити проблеми, що виникають при формуванні моделей предметних областей, та шляхи їхнього розв'язання;
- запропонувати метод виділення суттєвих властивостей предметних областей та їхніх сутностей і на його основі розробити методику обмеження множин цих властивостей;
- розробити спосіб відображення складноструктурованих предметних областей, який враховує в моделях динаміку та ієрархію таких областей;
- створити методику перевірки адекватності метамоделей предметних областей змістовному опису;
- розробити спосіб представлення метамоделі універсальної сутності, який дозволить враховувати різну потужність множин властивостей проекції сутності на різні предметні об-

ласті;

- запропонувати математичні операції маніпулювання метамоделями предметних областей з метою динамічної модифікації баз та сховищ даних;
- розробити алгоритм побудови «активних» та ієрархічних інформаційних сховищ на основі метамоделей складноструктурованих предметних областей;
- створити інформаційну технологію побудови та маніпулювання метамоделями складноструктурованих предметних областей в системах організаційно-технічного управління в різних галузях науки і техніки.

*Об'єктом дослідження* є технології інформаційної підтримки організаційно-технічного управління складноструктурованими предметними областями.

*Предметом дослідження* є моделі та методи представлення, зберігання та використання даних про складноструктуровані предметні області в інформаційних системах організаційно-технічного управління.

*Методи досліджень.* Для постановки і розв'язання задач виділення властивостей предметних областей та їхніх сутностей і перевірки адекватності моделей використано загальну теорію систем, зокрема, системний аналіз та теорію корисності, математичну статистику (закон великих чисел та регресійний аналіз) та теорію інформації. Для створення моделей предметних областей та розробки операцій маніпулювання ними використано теорію графів, теорію множин та теорію ймовірності (перевірку статистичних гіпотез). Для визначення умов формування та наповнення інформаційних сховищ використано методи системного аналізу та об'єктно-орієнтованого аналізу. На основі теорії систем та системного аналізу розроблено інформаційну технологію побудови та маніпулювання моделями предметних областей.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в розвитку і поглибленні теорії та методології створення та маніпулювання метамоделями предметних областей для розв'язання задач організаційно-технічного управління:

- вперше обґрунтовано інформаційну єдність об'єктів навколишнього середовища, яка полягає в тому, що всі вони є проєкціями на певні предметні області універсальних сутностей, котрі можуть бути представлені у вигляді багатовимірних структур різнорідної інформації;
- вперше встановлено системну єдність інформаційних моделей предметних областей, яка полягає в тому, що усі вони можуть бути представлені у вигляді системи метамоделей, яка відбиває ієрархію предметних областей;
- отримав подальший розвиток математичний апарат спільного використання теорії графів та теорії множин, який полягає у створенні нових операцій над метамоделями: опера-

ції об'єднання метамоделей предметних областей та універсальних сутностей, перетину, різниці та доповнення метамоделей, зниження порядку та вибірки належності універсальних сутностей;

- вперше запропоновано метод вибору міри невизначеності оцінок різних статистичних характеристик властивостей універсальних сутностей на підставі посиленого закону великих чисел, для чого сформульовано відповідні математичні твердження, що дозволяє оцінити інформативність властивостей універсальних сутностей та створити методику оцінки адекватності моделей предметних областей;

- вперше запропоновано представлення метамоделі у вигляді матриці інцидентності, яка дозволяє описати універсальну сутність з врахуванням різної потужності множин властивостей її проєкцій на різні предметні області;

- отримала подальший розвиток модель представлення інформації, який полягає у врахуванні властивості стабільності останньої, що дозволяє порівнювати інформацію різного типу або з різним життєвим циклом;

- отримав подальший розвиток метод модифікації баз даних, який полягає у представленні інформаційних моделей предметних областей в якості метамоделей нульового рівня, що дозволяє використовувати їх як операнди математичних операцій над метамоделями предметних областей;

- отримав подальший розвиток метод створення та модифікації інформаційних сховищ, який полягає у використанні модуля маніпулювання метамоделями різного рівня в інформаційних та аналітичних підсистемах.

**Практичне значення одержаних результатів.** Створено програмні модулі маніпулювання метамоделями предметних областей, які дозволяють здійснювати модифікацію баз та сховищ даних динамічно, в міру появи або зміни інформації про предметні області або масових проблем, які розв'язуються над ними. Розроблено програмний модуль визначення ступенів стабільності інформації, який дозволяє автоматизувати обробку інформації та створювати «активні» інформаційні сховища. Створено модулі маніпулювання метамоделями та визначення суттєвих властивостей і оцінки адекватності метамоделі предметної області. Розроблено інформаційну технологію побудови та маніпулювання моделями складноструктурованих предметних областей, яка дозволяє створювати ефективні системи організаційного управління в різних галузях науки і техніки.

Створені інформаційні технології та програмне забезпечення для практичній реалізації в системах організаційно-технічного управління освітою, екологією, банківською діяльністю, медициною та пристрої перетворення інформації. Результати роботи, як інструментарій організаційного управління складноструктурованими предметними областями, випробувані та

впроваджені в Одеському інституті телевізійної техніки, ТОВ «АКВАФРОСТ» (м. Іллічівськ), Центрі реконструктивної та відновної медицини (м. Одеса), Пологовому будинку № 2 м. Одеси, Одеському регіональному інституті державного управління НАДУ та Одеському обласному центрі екстреної медичної допомоги і медицини катастроф з позитивним технічним ефектом, що підтверджено актами впровадження.

Запропоновані методи, а також алгоритми і програми, розроблені для їхньої реалізації, впроваджені в навчальний процес в ОНПУ та використовуються в дисциплінах, спрямованих на вивчення методів організації баз та сховищ даних, у курсовому та дипломному проектуванні та керівництві аспірантами.

**Особистий внесок здобувача** полягає в теоретичному обґрунтуванні проблем розв'язання задач створення БД та інформаційних сховищ; маніпулювання інформаційними моделями предметних областей; представлення об'єктів в складноструктурованих предметних областях; вдосконалення інформаційних моделей ПрО, представлених базами даних; інформаційної підтримки прийняття рішень та управління предметними областями; збереження та розповсюдження швидкозмінної інформації. Здобувач брав участь у випробуваннях розроблених ІС та в оцінці техніко-економічних результатів їх використання.

**Апробація результатів роботи.** Матеріали роботи доповідалися та обговорювалися на: 12-й, 14-й і 15-й Міжнародних конференціях по управлінню «Автоматика» (Харків, 2005; Севастополь, 2007; Одеса, 2008), Міжнародній науковій конференції «Искусственный интеллект – 2000» (Таганрог, 2000), XII-XVII семінарах «Модельовання в прикладних наукових дослідженнях» (Одеса, 2005-2009), Науково-виробничих конференціях «Сучасні інформаційні та електронні технології» (Одеса, 2007-2009), Міжнародній науково-технічній конференції «Автоматизація: проблеми, ідеї, розв'язки» (Севастополь, 2009), 37-39 та 41-й наукових конференціях «Сучасні інформаційні технології і телекомунікаційні мережі» (Одеса, 2003-2005, 2007), Першій Всеукраїнській конференції «Перспективи розвитку озброєння і військової техніки в Збройних силах України» (Львів, 2008), Першій Всеукраїнській конференції ВНЗ «Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій в освіті» (Херсон, 2009), Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технологічними комплексами» (Київ, 2009), а також на розширеному засіданні наукового семінару кафедри «Інформаційні системи в менеджменті» ОНПУ (Одеса, 2009).

**Публікації.** Результати дисертації викладені в 77 публікаціях, серед них: 1 монографія, 32 статті у фахових виданнях ВАК України, 8 патентів України.

**Структура дисертації.** Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, додатків та списку використаних джерел. Повний обсяг дисертації складає 333 стор.,

з них 66 рисунків по тексту та 11 рисунків на 11 окремих сторінках; 7 таблиць по тексту та 1 на окремій сторінці; додатки на 22 стор.; перелік з 287 використаних джерел на 26 стор.



## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** наведена загальна характеристика роботи, яка підкреслює її актуальність, наукову новизну та практичне значення; визначено об'єкт і предмет дослідження, а також сформульовані його мета і задачі.

В **першому розділі** наведено класифікацію інформаційних систем та зроблено висновок про те, що від цілей побудови інформаційної системи та покладених в її основу моделей предметних областей залежить ефективність розв'язання задач над предметними областями.

Визначено, що над предметними областями завжди існує необхідність розв'язання деякого різноманіття масових проблем, тобто проблем знаходження алгоритмів для розв'язання нескінченної послідовності однотипних задач, які залежать від деякої множини параметрів. Кожну задачу із цієї послідовності з конкретною множиною параметрів прийнято називати індивідуальною задачею. У загальному випадку масова проблема може бути задана системою предикатів певного порядку, системою рівнянь, нерівностей або будь-яких інших систем математичних співвідношень, і визначається фахівцями, які працюють з певною предметною областю.

Наведена класифікація та роботи М.Ш. Цаленко, А.Ф. Верляня, J.F. Sowa, В.О. Філатова Н.С. Мауг, О.В. Скаткова, W.H. Inmon в галузі побудови інформаційних систем, баз та сховищ даних і відображення в них предметних областей дозволили показати особливості інформаційних систем організаційного управління. Зокрема доведено, що системи організаційно-технічного управління в різних галузях науки і техніки – це клас систем, які за своєю суттю первісно призначені для розв'язання аналітичних задач, які сформульовано в різних, часто взаємозв'язаних предметних областях. До того ж у складноструктурованих предметних областях, які містять множину підобластей, при розв'язанні масових проблем над предметною областю відповідного рівня використовуються у вигляді єдиного комплексу інформаційні та структурні елементи різних підобластей цієї предметної області. Тому саме системи організаційно-технічного управління в різних галузях науки і техніки, якщо їх розглядати у комплексі, створюються для розв'язання масових проблем, які існують над складноструктурованими предметними областями.

Аналіз робіт І.Л. Артем'євої дозволили визначити проблеми представлення саме складноструктурованих предметних областей та їхньої ієрархії. Такі відомі автори, як J. Mylopoulos, В. Thalheim, Н.С. Мауг пропонували для розв'язання цих проблем метод концептуального моделювання, а Л.Н. Лядова, А. Tannenbaum, М. Jarke, Н.Н. Куусуль, D.C.A. Vultermann та інші — використання метаданих. Проте існуючі підходи до метамоделювання не враховують саме ієрархію, яка є однією з особливостей складноструктурованих

ПрО.

Онтологічний підхід щодо представлення предметних областей при побудові інформаційних систем, який розглядався в роботах S.K. Milton, T.R. Gruber, N. Guarino, R. Poli, A.C. Клещьова, І.Л. Артем'євої та інших відомих вчених, не містить математичних операцій з самими моделями предметних областей, необхідних при функціонуванні інформаційних систем організаційно-технічного управління складноструктурованими предметними областями.

Крім того, будь-який процес моделювання вимагає перевірки адекватності моделей. В розділі позначені шляхи оцінки адекватності моделей предметних областей.

**В другому розділі** розв'язано проблеми виділення, врахування динаміки структури предметних областей, оцінки адекватності моделей предметних областей та їхніх елементів.

Для спрощення розв'язання проблеми виділення скінченної підмножини найбільш істотних властивостей сутностей предметних областей запропоновано ці властивості впорядкувати за убутанням їхнього ступеня важливості. При цьому передбачається, що побудовано міру цінності властивостей. Різноманіття виділених цілей і пов'язаних з ними початкових властивостей ПрО ставить іншу проблему – як структура предметних областей, множини їхніх об'єктів, властивості інформації, що надходить на вхід предметної області, її підобластей та об'єктів, їхні стани і події визначають бажану динаміку поведінки та еволюцію предметної області в цілому. На множину питань, що стосуються розв'язання масових проблем та індивідуальних задач, отримуються чіткі відповіді тільки за умови побудови математичної моделі предметної області в рамках ІС.

Якщо над виділеною областю реального світу побудоване різноманіття предметних областей, то виникає необхідність створення методів їхнього однозначного представлення на підставі створення формальної мови опису предметної області, побудови системи аксіом, що представляють істинні твердження про властивості та закони предметної області, і сукупність аксіом, що визначають правила виводу нових істинних тверджень із заданої множини аксіом.

Один з критеріїв складності систем обумовлений неможливістю повного опису ПрО, які змінюються в часі, тобто можуть набувати або втрачати певні властивості. Варіантом розв'язання проблеми є перебудова всієї структури БД з подальшою конвертацією вже накопичених даних в нову систему. З метою запобігання втрат збереженої інформації в сучасних БД та ІСх використовується надбудовна інформація чи метадані, що описують її структуру та історію модифікації, які пропонується розширити в бік опису ПрО.

При представленні в базі дані властивості відображаються у відповідні атрибути з додаванням їхніх типів, характеристик, форматів тощо. Набори значень цих атрибутів опису-

ють конкретні екземпляри відповідних сутностей. Тобто набори конкретних значень властивостей сутностей (інакше – екземпляри сутностей або предмети) у сукупності містять дані про предметну область. Відповідно, самі властивості або атрибути є описом цих даних, що відповідає визначенню метаданих. Подібний підхід використовується при класичному варіанті метамоделювання при побудові інформаційних систем у вигляді чотирьохрівневої ієрархії: мета-метамодель – метамодель – модель – дані. Проте в такій структурі не враховується ієрархія саме предметних областей. Отже, метамодель  $k$ -го рівня — це інформаційна або структурна модель предметної області або об'єкта, елементи якої описуються метаданими відповідного рівня.

Для представлення метамоделі використовуються різні математичні апарати. Вибір апарата визначає і набір математичних операцій, які можна виконувати над метаданими. Для розв'язання протиріч між сховищами даних (СД) та предметною областю, пов'язаних з розвитком останньої, запропоновано використання теорії графів в якості додаткового математичного апарату при розробці метамоделей ПрО. Предметна область, з одного боку, як частина деякого світу, взаємодіє з іншими частинами цього світу, тобто середовищем, а з другого – її модель лежить в основі відповідної інформаційної системи чи системи підтримки прийняття рішень. Подібну взаємодію можна представити у вигляді схеми, яка включає предметну область, середовище, що її оточує, та інформаційну систему, в основі якої лежить модель відповідної ПрО (рис. 1).

Рис. 1. Схема взаємодії системи управління із ПрО      Якщо джерело інформації про стан елементів предметної області – сама предметна область, то подання інформації здійснюється деякою формалізованою мовою. З іншого боку, ПрО взаємодіє, обмінюється інформацією із середовищем, у яке вона занурена.

Такий обмін здійснюється природною мовою за допомогою множини висловлювань. Для подання інформації в аналітичній частині системи виконується перетворення семантики опису ПрО до деякої єдиної формалізованої граматики  $L_C$ , речення якої можуть бути представлені в інформаційній частині системи.

Однією з ключових задач моделювання є створення методів спостереження за всіма властивостями ПрО або її виділених підобластей. Зі змістовної точки зору саме масова проблема є описом залежності між двома множинами властивостей, одна з яких описує деяку інтегральну характеристику значень іншої, що з максимальною повнотою відбивають динаміку інтегральної характеристики. Множина даних  $X$  не може бути отримана на основі виключно змістовних міркувань про залежності такого роду.

У загальному випадку будь-які формалізації подібних залежностей мають певний ступінь невизначеності, розмитості, неповноти та навіть суперечливості. Проте, у всіх випадках опис масової проблеми має вигляд співвідношення. Якщо значення параметрів задані, то отримуємо індивідуальну задачу. При цьому передбачається, що для масової проблеми встановлено, чи є вона алгоритмічно нерозв'язною або чи існує вже побудований алгоритм розв'язання певної обчислювальної складності. У випадку алгоритмічної нерозв'язності масової проблеми виникає необхідність розбиття всієї множини індивідуальних задач на нескінченну множину класів, для кожного з яких може бути побудований алгоритм розв'язання.

Таким чином, все різноманіття масових проблем, що формулюються на конструктивному рівні, і множина розв'язків відповідних індивідуальних задач призводять до формування сукупності певної структури.

Предметні області є системами, що самоорганізуються, наслідком чого є зміна топології їхньої структури. Це призводить до порушення адекватності БД як структурних моделей предметних областей самим предметним областям, які мають вже нову структуру. У таких випадках важливо мати інформацію, в яких частинах предметних областей мають місце топологічні зміни і який зміст цих змін. До того ж, у предметних областях можливі й інші зміни, характерні для синергетичних систем. Через те, що предметні області є динамічними системами, важливим фактором, який враховано в математичних моделях ПрО, є час.

Звідси випливає, що множину усіх властивостей будь-якої універсальної сутності можна розділити на дві підмножини. В одну підмножину входять властивості, які не залежать від фактора часу. Інша містить властивості, які змінюються в часі.

У будь-якої універсальної сутності є дві компоненти її наближеного визначення, представлення та опису. Одна з них спостерігається у всіх тих випадках, коли дана універсальна сутність може бути визначена, представлена або описана впорядкованою множиною властивостей, які в сукупності мають чітку змістовну інтерпретацію. Друга компонента пов'язана із системою невизначеностей, розкриття яких або алгоритмічно нерозв'язне, або можливо лише за допомогою будь-якого алгоритму розкриття невизначеностей, але із заданою системою ступенів наближення

Для універсальної сутності створено реляційне відношення зі схемою, значення якого отримані в результаті  $K$  статистичних випробувань.

При цьому, де  $q$  відповідає кількості проведених ітерацій і визначає кількість проведених випробувань над предметною областю,  $j$ -а ітерація містить  $q$  випробувань, а зі збільшенням об'єму вибірки росте її репрезентативність. Множина статистичних випробувань містить дані, отримані на першій ітерації від користувачів інформаційної системи, яка створюється для виділеної предметної області.

Перевірка адекватності математичної моделі ПрО будується на прогнозуванні в кожному реляційному відношенні значень окремих атрибутів, підмножин і всієї сукупності атрибутів на момент часу, де  $\Delta t$  – інтервал часу, через який буде отримане значення чергового нового кортежу. В якості міри стохастичної залежності між властивостями пропонується використовувати коефіцієнт кореляції, кореляційне відношення, коефіцієнт рангової кореляції.

Оскільки  $K$  не може вибиратися як завгодно великим, виникає проблема вибору міри невизначеності оцінок різних характеристик властивостей універсальних сутностей. Для одержання оцінок ступеню невизначеності представлення  $U$  за допомогою доцільно використовувати посилений закон великих чисел, відповідно до якого буде мати місце наступне твердження.

**Твердження 1.** Для будь-яких  $K$  і  $\epsilon$  існує таке, що для будь-якого  $S$  і виконується нерівність,

де  $U$  – повна множина елементарних випадкових подій,  $S$  – множина елементарних випадкових подій, отримана в результаті  $K$  статистичних випробувань,  $\epsilon$  – множина усіх елементарних подій, ймовірність настання яких у сукупності як завгодно мала. Отже, вони визначають випадкову подію, ймовірність настання якої не перевершує як завгодно малу величину. Відповідно, містить всі елементарні випадкові події, що визначають випадкові події, ймовірність настання яких набагато більше нуля.

У вигляді ймовірнісних оцінок з врахуванням того, що, одержуємо співвідношення. Очевидно, що при заданих  $K$  і  $\epsilon$  з наведеної нерівності може бути знайдене значення  $\eta$ .

До важливих характеристик виділеної множини найбільш інформативних властивостей відносяться оцінки їх математичних очікувань або сегментні оцінки математичних очікувань. Статистичні оцінки математичних очікувань властивостей на сегментах фактора часу  $t$  використовуються тоді, коли ці оцінки на множині сегментів (інтервалів) не є постійними, тобто як випадкові процеси не є стаціонарними. Таке ж зауваження слухне щодо будь-яких статистичних характеристик, функції розподілу ймовірностей і, найголовніше, прогнозних значень відповідних властивостей розглянутої універсальної сутності. Звідси в силу посиленого закону великих чисел справедливо таке твердження.

**Твердження 2.** Послідовність властивостей (атрибутів) як послідовність випадкових процесів підкоряється посиленому закону великих чисел, якщо

Це твердження легко переноситься на будь-який інтервал оцінювання або систему інтервалів.

**Твердження 3.** У випадку низької репрезентативності вибіркової сукупності, доцільно використовувати посилений закон великих чисел, який, стосовно до цього випадку для всіх

приймає вид

де  $B_i$  - класи множини кортежів декартового добутку активних доменів  $m$  властивостей сутності, в яких значення перших  $n$  найважливіших властивостей збігаються,  $M_i$  - потужність класу  $B_i$ ,  $L$  - кількість нових екземплярів сутності, отриманих в результаті статистичних випробувань за межами  $K$  початкових випробувань. Якщо  $M$  задано, із цієї системи нерівностей можна знайти  $\eta$  як максимальне значення серед, де - обмеження нижньої оцінки ймовірності подій.

Процес оцінювання ефективності прогнозування полягає в порівнянні значень атрибутів спрогнозованого екземпляра універсальної сутності зі значеннями атрибутів екземпляра, який буде спостерігатися при  $(K+1)$ -у випробуванні.

**В третьому розділі** розроблені математичні операції над моделями предметних областей та їхніх сутностей. Для того, щоб забезпечити повноту опису предметної області, необхідно визначити її кінцеві межі, наприклад, шляхом перерахування сутностей  $e_i$ , що входять до предметної області  $d_j$ , їхніх властивостей, функцій і зв'язків між ними. Зв'язки можуть існувати як на рівні всіх, так й у межах деяких або тільки однієї класифікації певної сутності (рис. 2).

Рис. 2. Комплексна структура множини предметних областей або складноструктурованої предметної області

Будь-яка ПрО не існує сама по собі, а взаємодіє з іншими, що утворюють навколо неї деяке середовище, яке являє собою множину різних чином зв'язаних тривимірних або багатовимірних структур, описаних деякою формальною мовою, множини сутностей, описаних у термінах декількох природних мов, де - відповідна предметна область.

Кожну предметну область пропонується представляти у вигляді графа (рис. 4), вершинами якого є не просто об'єкти, а їхні описи або метаінформація, що на рис. 3 була представлена таблицями, а ребрами, як звичайно, - зв'язки, функціональні відносини, тощо між ними. Видно, що кожна площина (реляційна таблиця), що описує об'єкт реального світу (рис. 2), є відображенням або проекцією універсальної сутності на ПрО  $d_j$  (рис. 3):.

Рис. 3. Графове представлення моделі середовища або складноструктурованої предметної області Це дозволяє розглядати предметну область як чітко обкреслений світ, що містить взаємозалежні відображення (проекції) універсальних сутностей на цю предметну область.

При такому описі має місце  $n$ -вимірне інформаційне представлення реального світу або будь-якої його частини,

де  $n$  – множина предметних областей, на які спроектована множина відомих об'єктів  $E$ .

Якщо  $G$  – клас об'єктів фізичного або віртуального світу,  $J$  – клас об'єктів інтелектуального світу, – множина активних об'єктів, – множина об'єктів науково-виробничого комплексу, – множина об'єктів, що є результатом інтелектуальної діяльності, – множина масових проблем, – множина об'єктів предметної області,  $V$  – множина зв'язків між елементами  $E$ , то предметна область задається одним з наборів (сукупностей) множин

**Визначення 3.1.** Аналогічно поняттю підграфа, деяку підмножину проєкцій зв'язаних об'єктів на деяку ПрО  $d_j$ , представлених суміжними вершинами відповідного графа, будемо називати  $i$ -ю підобластю (ПрПО)  $j$ -ї предметної області. Очевидно, що для неї повинна виконуватись умова

Множини атрибутів кожної із проєкцій універсальної сутності мають як різну потужність, так і різний склад. Якщо атрибути, що описують відповідні значення проєкцій екземплярів універсальної сутності, у свою чергу, вважати значеннями, а потужності їхніх множин привести до однієї величини за допомогою порожніх значень, то дістанемо вирівняну таблицю, що містить інформацію про дані, якими описуються екземпляри універсальної сутності в кожній ПрО. Таким чином формується таблиця метайнформації про універсальну сутність, що дозволяє розподілити всю множину атрибутів універсальної сутності по кортежах, що відповідають предметним областям. Підмножина атрибутів, що відповідають ідентифікатору сутності, повинна повторюватися у всіх кортежах. Таке подання інформаційної метамоделі універсальної сутності компактно. Ступінь такої структури (потужність множини атрибутів) зростає залежно від появи предметних областей, у яких проєкції універсальної сутності описуються більшою кількістю атрибутів.

Однак таке подання нетривіальне для маніпулювання і не дозволяє побачити спільні групи атрибутів проєкцій та атрибути, відповідальні за інформаційний зв'язок тієї або іншої ПрО із середовищем. З метою подальшої формалі-

Рис. 4. Метамоделі універсальної сутності зації метамоделі пропонується подання метайнформації універсальної сутності виконувати у вигляді таблиці, аналогічній матриці інцидентності (рис. 4).

**Визначення 3.2.** Інцидентними є предметні області та атрибути, якими описується універсальна сутність у термінах даної предметної області.

Такими атрибутами є властивості проєкції універсальної сутності на дану предметну

область, що дозволяє виділити групи співпадаючих атрибутів проекцій універсальної сутності на  $\text{PrO}$ .

**Визначення 3.3.** Універсальна сутність  $r$ -го порядку визначається множиною її проекцій на  $r$  предметних областей: – множина  $\text{PrO}$ , на які спроектована універсальна сутність – множина атрибутів, які описують дану універсальну сутність у термінах усіх  $\text{PrO}$ , що входять до множини  $\mathcal{M}$ . Між множинами  $\mathcal{M}$  та  $\mathcal{M}$  встановлене відношення інцидентності, яке кожній  $\text{PrO}$  зіставляє конкретну підмножину атрибутів.

**Визначення 3.4.** Максимальний порядок  $r$  універсальної сутності (де,  $n$  – кількість об'єктів у предметній області), що належить  $\text{PrO}$ , визначає рівень цієї предметної області.

Запропоновані вище подання структури предметних областей різних рівнів і універсальних сутностей дозволили визначити операції алгебри метамodelей предметних областей та їхніх підобластей.

**Визначення 3.5.** Перетином  $\text{PrO}$  будемо називати  $\text{PrO}$  або підобласть предметної області другого рівня  $\mathcal{M}$  таку, що

**Визначення 3.6.** Об'єднанням предметних областей  $\mathcal{M}$  та  $\mathcal{M}$  назвемо предметну область або підобласть предметної області, що задовольняє умовам

Результатом цієї операції є модель предметної області  $(i+1)$ -го рівня.

**Визначення 3.7.** Об'єднанням проекції  $i$ -ї універсальної сутності на предметну область  $\mathcal{M}$  та як універсальних сутностей 1-го порядку назвемо універсальну сутність 2-го порядку, що задовольняє умовам

**Визначення 3.7.1.** У загальному випадку об'єднання двох універсальних сутностей  $n$ -го та  $k$ -го порядків  $i$  є універсальна сутність, що задовольняє умовам порядок  $r$  якої визначиться виразом  $i \wedge k$  і де,  $i$  за умови, що  $i$ , відповідно,.

**Визначення 3.8.** Операція різниці предметних областей аналогічна операції різниці графів. Результатом віднімання  $\text{PrO}$  від  $\text{PrO}$  будемо називати підобласть предметної області  $\mathcal{M}$  таку, що

**Визначення 3.9.** Операція доповнення метамodelей предметних областей, яку орієнтовано на визначення «загублених» проекцій універсальної сутності на деякі предметні області. Нехай в двох  $\text{PrO}$  виділено підобласті, що описуються підграфами. Припустимо, що вершини (та ребра), які призводять до порушення ізоморфізму цих підграфів, що належать різним площинам, є відсутніми проекціями об'єктів (та їхніх зв'язків) на відповідні  $\text{PrO}$ . Причому ймовірність наявності такої «втрати» зростає пропорційно кількості  $m$  площин, у яких представлений підграф, і ступеня  $r$  пропущеної в  $k$ -му підграфі вершини  $v$  в тих підграфах, де вона представлена,



де – ймовірність наявності проекції  $i$ -ї сутності на  $k$ -у предметну область,  $m$  – кількість ПрО, що містять непусту проекцію  $i$ -ї сутності, – кількість зв'язків об'єкта  $j$ -ї предметної області з іншими об'єктами цієї ПрО.

Якщо при розбудові інформаційної системи немає необхідності розглядати підобласті, які утворили предметну область, то виникає можливість спростити відповідну метамодель шляхом зниження її рівня. Для цього над метамоделями універсальних сутностей, що містяться у предметній області, виконується операція зниження порядку, яка схожа на операцію згортки OLAP-кубу.

**Визначення 3.10.** Результатом операції зниження порядку універсальної сутності  $r$ -го порядку є універсальна сутність 1-го порядку, елементи матриці інцидентності якої визначаються виразом

Для побудови, у граничному випадку, операції абсолютного доповнення будь-якої предметної області необхідно ввести поняття універсальної предметної області, яка відповідає моменту часу  $t$ .

**Визначення 3.11.** Предметну область, яку будемо називати універсальною предметною областю, представляється наступним набором

де – область реального світу. При цьому вважається, що на момент часу  $t$  маємо інформацію про множини

**Визначення 3.12.** Абсолютне доповнення визначимо виразом

Очевидно, що являє собою середовище, у яке занурена або з якою взаємодіє ПрО в момент часу  $t$ .

Якщо кожна сутність предметної області складається з множини елементарних об'єктів, то в результаті операцій над підграфами такої деталізованої моделі виділяються елементарні об'єкти, які формують об'єктний базис відповідної предметної області або її підобласті.

Виділення такого базису дозволяє синтезувати нові об'єкти, які мають право на існування в даній предметній області. Для цього метаінформація, що описує кожен об'єкт або його властивості, представляється предметною областю, яка містить елементарні об'єкти, у вигляді структури, аналогічній наведеній на рис. 4. Синтез нових або інтегрованих об'єктів здійснюється через виконання визначених вище операцій.

**В четвертому розділі** описана побудова інформаційних моделей ПрО на основі сховищ даних та створення «активних» інформаційних сховищ.

З усіх властивостей, наведених у класичному визначенні СД, в роботі зроблено акцент на незмінності, яка означає, що дані не обновляються в оперативному режимі, а лише регулярно поповнюються за рахунок інформації з оперативних систем обробки. Проте не визначено, на

якому етапі або за яких умов дані стають «незмінними». Іншою важливою властивістю, яка відрізняє СД від оперативної системи, є незалежність від часу: оперативна система містить тільки поточні дані, а системи СД містять як історичні дані, так і дані, які мали статус поточних при останньому завантаженні сховища. У зв'язку із цим виникає ще одна проблема переносу інформації цих двох видів до СД.

**Визначення 4.1.** Під властивістю стабільності розуміється можливість зміни даних тільки за певних умов.

Тобто на відміну від поняття «незмінності», вважається, що будь-які дані, навіть динамічні, мають властивість стабільності, яка характеризується ступенем стабільності  $S$ .

**Визначення 4.2.** Під періодичним ступенем стабільності розуміється відношення інтервалу часу між потенційними моментами модифікації даних (періоду зміни даних) до періоду (або тривалості) життєвого циклу об'єкта  $T$ , який вони описують.

**Визначення 4.3.** Ймовірнісний ступінь стабільності визначається як відношення інтервалу часу  $M$ , протягом якого можлива зміна даних, до ймовірності такої зміни, тобто, де за припущенням.

**Визначення 4.3.1.** Нормований ймовірнісний ступінь стабільності визначається виразом, в якому значення.

Якщо розрахувати ступінь стабільності деякого об'єкту в усі періоди його життєвого циклу, границі яких визначені за певних умов, то на підставі перевищення ступенем стабільності заданого порогу  $\delta$  можна зробити висновок про можливість переносу даних в ІСх та проаналізувати зміну ступеня стабільності шляхом розрахунку різниці квадратів сусідніх значень.

Властивості метаданих, що реалізовані в існуючих СУБД, дозволяють використовувати їх для зберігання та маніпулювання моделлю ПрО, для якої створюються сховища. При формуванні інформаційних сховищ необхідно мати на увазі, що на кожному рівні організаційного управління для прийняття рішення потрібна інформація, яка має певний ступінь стабільності. Наприклад, на рис. 5 показані моменти часу, в які виконується формування записів з результатами оцінки знань студента при організаційному управлінні освітою.

Рис. 5. Моменти формування і час існування інформації про успішність з конкретної дисципліни

В оперативній БД деканату створюється єдиний запис, що модифікується протягом інтервалу часу вивчення дисципліни. По закінченні цього процесу запис знищується, на відміну від записів в ІСх відповідних рівнів, до яких результати оцінки знань потрапляють в залежності від їхнього ступеня стабільності.

Концепція ієрархічних ІСх легко реалізується при використанні об'єктно-орієнтованого проектування ІС, бо між елементами цих двох підходів є певна відповідність. Екземпляр об'єкта суперкласу здійснює міграцію в рамках моделей станів об'єктів підкласів, що становлять життєвий цикл об'єкта суперкласу (рис. 6). Момент знищення екземпляра об'єкта деякого підкласу фіксується у вигляді значення відповідного атрибута екземпляра об'єкта суперкласу. З урахуванням ще більшого підвищення ступеня стабільності цей атрибут виноситься до ІСх ще більш високого рівня (Інформаційне сховище 3 третього рівня). Тут має місце не ієрархія ПрО, а їхній перетин або повна вкладеність: Інформаційне сховище 1 описує предметну область першого рівня  $d_i$ , яка є підобластю предметної області другого рівня (рис. 7).

Рис. 6. Приклад формування ієрархії ІСх як системи підкласів і суперкласів

Розглянуті в розділі 2 методи побудови та оцінки адекватності інформаційних моделей і метамodelей ПрО, в розділі 3 - методи маніпулювання метамodelями ПрО та універсальних сутностей і в розділі 4 - методи формування і наповнення ІСх дозволили запропонувати інформаційну технологію створення та маніпулювання моделями складноструктурованих ПрО в системах організаційно-технічного управління в різних галузях науки і техніки (табл. 1).

Рис. 7. Структура залежностей ПрО

Інформаційна технологія складається із етапів створення, наповнення та модифікації БД і ІСх як моделей ПрО різного рівня.

Перевагу запропонованих підходів і методів до побудови, модифікації і наповнення БД та ІСх різних рівнів видно при побудові та використанні систем організаційного управління, які працюють у реальному масштабі часу (рис. 8).

Рис. 8. Етапи 4 та 6 – Наповнення та модифікація ІСх в real-time системах організаційного управління

**В п'ятому розділі** наведені практичні засади застосування метамodelей ПрО для їхнього аналізу та побудови інформаційних систем.

При розв'язанні задач аналізу і управління ПрО виникає необхідність обмежити область, що підлягає аналізу або на яку спрямовані керуючі впливи, і, відповідно, мінімізувати їхню потужність.

**Визначення 5.1.** Об'єкти, інформація про які відбиває стан всієї підобласті, а вплив на які дозволяє навіть управляти цією підобластю, називаються характерними представниками підобласті.

Якщо потужність підмножини характерних представників підобласті велика, то можна шляхом математичних операцій над елементами (об'єктами) цієї множини створити нові об'єкти, які будуть представляти підобласть у процесах аналізу та управління. Такі «штучні» об'єкти називаються інтегрованими представниками, оскільки вони поєднують у собі різні риси цієї підобласті і також є її характерними представниками або, навіть, стоять «вище» деяких з них. Для того, щоб розрізняти інтегровані об'єкти таких видів, їм дано назву моноінтегровані (для однієї підобласті) і поліінтегровані (для декількох підобластей).

В процесі вивчення і розробки методики побудови математичних modelей ПрО на підставі метаданих визначені можливості віддзеркалювання описових оцінок експертів у формалізованому вигляді. Це дозволило окреслити допустимі операції з моделювання ПрО, результати таких операцій і систему обмежень на використання запропонованого методу. Практичне використання здійснене на прикладі ремонтного підприємства як складноструктурованої ПрО.

У зв'язку з інтенсивним розвитком інформаційних технологій актуальною стає не просто інформація, яка до цього зберігалася в текстовому або числовому вигляді, а мультимедійна (ММ) інформація, що містить у собі звук, графіку та відеопослідовності. Завдяки мережевим технологіям, особливого значення набувають розподілені системи обміну ММ інформацією, специфічною для певних груп користувачів.

При побудові системи обміну ММ інформацією створюється ряд серверів управління, так званих gatekeeper (GK), які є одночасно і серверами БД або інформаційних сховищ, що забезпечують реалізацію та зберігання метамodelей відповідної предметної області. Сутність предметної області обміну специфічною ММ інформацією, яка є джерелом та/або приймачем (споживачем) такої інформації, названо Клієнтом системи.

Як тільки до системи обміну ММ інформацією включаються дані, характерні для  $r$  різних предметних областей або сфер інтересів, або виділяються  $r$  підобластей, орієнтованих на більш вузько специфіковану інформацію, універсальна сутність Клієнт стає універсальною сутністю  $r$ -го порядку.

Якщо представити всі зв'язки між ГК, які забезпечують обмін ММ інформацією, то отримуємо повну метамодель предметної області обміну ММ інформацією (рис. 9), розподілену по серверах управління. В результаті утворюється структура, аналогічна наведеній на рис. 3, з тією різницею, що в ній показані фізичні зв'язки між серверами управління, а не зв'язки між сутностями.

Інформаційна структура, що описує сутність Клієнт  $r$ -го порядку, містить кілька інформаційних площин, які відрізняються потужністю множин екземплярів сутності, а не атрибутів. Тому при об'єднанні метамоделей предметних областей, в яких циркулює різна за специфікою ММ інформація, для коректного виконання операції об'єднання універсальних сутностей необхідно виконати предоперацію повороту структури універсальної сутності Клієнт відносно вісі (виміру) предметних областей у вигляді стандартної операції повороту багатовимірної структури, визначеної для OLAP-кубів. В результаті матриця інцидентності встановлює відповідність між екземплярами універсальної сутності або їхніми ідентифікаторами і спеціалізованими предметними областями.

**Визначення 5.2.** Результатом операції вибірки належності за умовою належності -ї підмножини екземплярів універсальної сутності до ПрО, де, є універсальна сутність така, що

Запропоновані підходи використані при організації системи телемедицини, що дозволило значно скоротити час отримання діагнозів. На діаграмах рис. 10 показано ситуацію, коли певна точність діагнозу досягається за рахунок організації електронного доступу до спеціалістів відповідних, підчас, різних ПрО шляхом маніпулювання моделями ПрО, в яких відбито інформацію про цих спеціалістів.

Рис. 10. Час отримання «точного» діагнозу в складних випадках

На діаграмах видно, що діагноз, на отримання якого було потрібно декілька годин, тепер отримується протягом однієї години. В першу чергу, це стосується випадків, коли необхідна консультація лікарів-спеціалістів.

В результаті використання системи обміну мультимедійною інформацією в Центрі реконструктивної та відновної медицини (м. Одеса) встановлено, що час на організацію консультації двох віддалених лікарів-спеціалістів з наданням їм медичної (зокрема, відео) інформації скоротився, в середньому, на 7 годин. В Пологовому будинку № 2 м. Одеси застосування системи дозволило в 2,5 рази підвищити швидкість діагностування.

Крім того, ефективність подібної системи зростає при застосуванні вдосконалених методів та засобів збирання, зберігання та передачі телеметричних та ММ даних. Для вдосконалення засобів збирання телеметричних даних відповідним медичним обладнанням здобувачем із співавторами була запропонована низка п'єзоелектричних пристроїв, які підвищують точність вимірювання сигналів, що підтверджується відповідними патентами.

Що стосується зберігання та передачі ММ інформації, то здобувачем запропоновано додати до відповідних етапів інформаційної технології наведеної в таблиці 1 модулі стискування інформації (рис. 8), в основі яких лежить фрактальний метод стискування мультимедійних даних, в розробці якого брав участь здобувач. Застосування розроблених модулів в системах відеоспостереження в Одеському інституті телевізійної техніки дозволило в 5-7 разів знизити навантаження на апарати збереження інформації, а в ТОВ «АКВАФРОСТ» (м. Іллічівськ) - в 3,72 рази.

При використанні так званої замкнутої системи обміну ММ інформацією, яка орієнтована на виконання задач конкретної предметної області, необхідність участі одного користувача в декількох подібних системах вимагає встановлення такої ж кількості клієнтських додатків на одній робочій станції такого користувача. Це призводить, відповідно, до дворазового збільшення ресурсів, що витрачаються (рис. 11). По-друге, у цьому випадку повністю відсутня взаємодія між системами і можливість передачі та обміну інформацією між ними.

Рис. 11. Залежність обсягу пам'яті, потрібного для системи обміну ММ інформацією, від кількості підсистем

Крім того, робота одночасно в декількох таких системах вимагає з боку користувача постійного перемикання між цими системами. Це, у свою чергу, призводить до додаткової витрати часу на перемикання і вимагає додаткової витрати часу і ресурсів з боку адміністратора або користувача. У кожному разі це зажадає замість часток секунд на виконання операції об'єднання моделей ПрО і організації доступу конкретних клієнтів до системи від десятка хвилин до декількох годин на «ручне» забезпечення подібної взаємодії і доступу.

Використання в Одеському регіональному інституті державного управління Національної академії державного управління при Президентіві України підсистеми обміну мультимедійною інформацією системи організаційного управління ВНЗ забезпечило для чотирьох галузей застосування підсистеми зниження витрат оперативної пам'яті в 2,97 рази та часу для організації доступу до відповідних вузлів підсистеми в 3,78 рази.

Для демонстрації застосування розроблених підходів до розробки і маніпулювання моделями ПрО у сфері організаційного управління екстреними службами розглянемо фрагмен-

ти технічного завдання на розробку Інформаційно-аналітичної системи Одеського Центру екстреної медичної допомоги і медицини катастроф (ОЦЕМДіМК) – проект «СІАМ».

Для вирішення поставлених завдань в основу системи покладена модель предметної області медицини катастроф. Представлення ресурсів (сутність Ресурс) і потенційних джерел надзвичайних ситуацій (НС) у моделі є найбільш складним. Це пов'язане з тим, що, поперше, в кожній галузевій предметній області потенційні джерела НС (сутність Джерело НС) мають власні, у багатьох випадках, унікальні властивості і, відповідно, відмінні набори атрибутів.

По-друге, потужність множини екземплярів проекції цієї сутності на одну ПрО також може відрізнятися від проекцій на інші ПрО. Але при цьому конкретний екземпляр теоретично може брати участь у різних галузевих ПрО. Інформацію, що описує всі екземпляри цієї універсальної сутності, в загальному випадку можна представити у вигляді структури, аналогічній показаній на рис. 4, кожна плоска таблиця якої може відрізнятися від інших в обох вимірах.

Запропоноване подання універсальних сутностей і предметних областей дозволяє вирішити проблему залучення ресурсів ОЦЕМДіМК і суміжних із ним організацій і установ декількох областей при виникненні НС міжрегіонального масштабу. Для цього необхідно виконати на одному із серверів регіонального, галузевого або державного рівня операцію об'єднання регіональних предметних областей і розглянути універсальну сутність Ресурс. Результат об'єднання універсальних сутностей з моделями регіональних предметних областей дає інформацію про можливість використання всіх наявних ресурсів.

Рис. 12. Подання універсальної сутності

#### Ресурс у вигляді елементарної ПрО

Це можливо за умови, що метамодель кожної проекції даної універсальної сутності представлена у вигляді структури (рис. 4).

Універсальна сутність Ресурс на більш низькому рівні є ПрО, що містить в собі множину спеціалізованих ресурсів, як елементарних об'єктів (сутностей) цієї ПрО (рис. 12). Тобто окремі складові сутності Ресурс можна розглядати в якості елементарних об'єктів або сутностей, які розподілені по різних вузлах мережі або спроектовані на різні предметні області.

При використанні автоматизованої системи, що пропонується, збирання, структурування та подання в необхідному для аналізу виді цієї інформації здійснюється за період від декількох хвилин до десятків хвилин, залежно від кількості джерел подібної інформації і якості

каналів передачі даних (рис. 13).

В ОЦЕМДіМК при випробуванні системи організаційного управління службою медицини катастроф на моделях надзвичайних ситуацій досягнуто скорочення часу прийняття управлінських рішень, в середньому, на 15,5 годин при локальній надзвичайній ситуації (викиді небезпечних речовин) та більш, ніж на 2 доби, при катастрофі міжрегіонального масштабу (повені або епідемії).

Рис. 13. Ефективність рішення при використанні оперативних баз даних при надзвичайних ситуаціях локального, міжрегіонального та державного масштабу

## ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню науково-прикладної проблеми інформаційного забезпечення організаційного управління складноструктурованими предметними областями в різних галузях науки і техніки, для чого розроблено інформаційну технологію, яка дає можливість підвищити якість управлінських рішень. Основні отримані наукові і практичні результати дозволяють сформулювати наступні висновки.

1. В результаті аналізу літературних джерел обґрунтовані ключові фактори, що обумовлюють розробку методів математичного моделювання предметних областей в інформаційних системах, показана проблема неоднозначності вибору моделі предметної області в інформаційних системах. Це дозволило визначити, що над предметною областю завжди існує необхідність розв'язання деякого різноманіття масових проблем, множина яких не обмежена, а також сформулювати особливості систем організаційного управління в різних галузях науки і техніки та моделювання складноструктурованих предметних областей.

2. На основі найважливіших класів проблем сформульовані складності, що виникають при формуванні моделі предметної області, і показано, як масові проблеми, що розв'язуються над предметними областями, впливають на формування моделі цієї предметної області і на всю інформаційну систему. На підставі цього відзначено, що труднощі побудови змістовного визначення предметної області можуть бути переборені шляхом побудови ієрархічної системи її визначень, в якій кожне наступне змістовне визначення є уточненням попереднього за допомогою наведеної послідовності процедур.

3. Встановлено, що в основі математичного представлення предметної області лежить опис її властивостей, масових проблем, які розв'язуються над нею, властивостей її підобластей і об'єктів. Це дозволило визначити проблему, запропонувати метод та розробити мето-



дику виділення суттєвих властивостей предметної області на основі ступеня їхньої важливості. Для оцінки важливості властивостей запропоновано використовувати елементи лінійного та поліноміального регресійного аналізу. Запропоновані підходи можуть бути використані для будь-якої виділеної предметної області, окремих об'єктів, множин об'єктів, сукупностей властивостей ПрО і множин властивостей об'єктів.

4. Виявлені проблеми, які створює динаміка властивостей ПрО при формуванні та описуванні її моделі, оскільки існуючі підходи до опису моделей предметних областей не дозволяють враховувати цю динаміку. Для розв'язання виявлених проблем розроблено спосіб відображення складноструктурованих предметних областей з використанням надбудовної інформації, тобто метаданих, які пропонується розширити в бік опису ПрО. На основі понять метаданих та інформаційної моделі дано визначення метамоделі предметної області  $k$ -го рівня, яка містить дані про метадані, що описують дані про елементи предметних областей попереднього рівня, тобто, на відміну від існуючих поглядів на метамоделі, враховується саме ієрархія складноструктурованих ПрО.

5. На основі запропонованого методу вибору міри невизначеності оцінок різних статистичних характеристик властивостей універсальних сутностей розроблено методіку перевірки адекватності метамоделей предметних областей їхньому змістовному опису шляхом прогнозування значень властивостей сутностей предметних областей на основі оцінки невизначеності характеристик цих властивостей як випадкових процесів.

6. Дано визначення універсальної сутності, яке дозволяє враховувати її представлення в різних предметних областях у відповідних метамоделях. Встановлено, що розмірність будь-якої універсальної сутності є нескінченною, і отримати повну інформацію про неї неможливо, тому на різних етапах розробки та експлуатації інформаційних систем виникає додаткове завдання визначення достатності інформації для розв'язання конкретних прикладних задач. Розроблено спосіб представлення метамоделі універсальної сутності у вигляді матриці інцидентності, який дозволяє враховувати різну потужність множин властивостей проєкцій цієї універсальної сутності на різні предметні області.

7. Запропоновані математичні операції над метамоделями предметних областей, які дозволяють здійснювати модифікацію БД та інформаційних сховищ динамічно – в міру появи або зміни інформації про предметні області або масових проблем, які розв'язуються над ними. Виконання запропонованих математичних операцій над метамоделями, що описують предметні області, дозволяє створити розширену (повну) модель предметної області або отримати багатовимірну структуру, яка надає можливості «побачити» об'єкти, проєкції яких були «загублені» в інших площинах, а також виділити або синтезувати об'єкти і зв'язки між ними, які є характерними представниками предметної області.

8. Розроблено алгоритм формування інформаційних сховищ декількох рівнів на основі властивості стабільності та визначених ступенів стабільності інформації, який дозволяє автоматизувати обробку інформації і створювати «активні» інформаційні сховища та їхню ієрархію.

9. На основі запропонованих методів побудови та оцінки адекватності інформаційних моделей і метамоделей предметних областей, методів маніпулювання метамоделями ПрО та універсальних сутностей і методів формування та наповнення інформаційних сховищ розроблено інформаційну технологію створення та маніпулювання моделями складноструктурованих ПрО в системах організаційно-технічного управління в різних галузях науки і техніки.

10. Результати роботи випробувані та впроваджені в Одеському інституті телевізійної техніки, Центрі реконструктивної та відновної медицини (м. Одеса), Пологовому будинку № 2 м. Одеси, ТОВ «АКВАФРОСТ» (м. Іллічівськ), Одеському регіональному інституті державного управління Національної академії державного управління при Президентові України, Одеському обласному центрі екстреної медичної допомоги і медицини катастроф з позитивним технічним ефектом, що підтверджено відповідними актами впровадження.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Малахов Е.В. Методики використання сучасних інформаційних технологій при підтримці процесу навчання обдарованої молоді [текст] / Т.Г. Січкара, Г.Н. Востров, Е.В. Малахов та ін. – Київ: Інформ. системи, 2009. – 200 с.

*Здобувач виконав теоретичне обґрунтування створення інформаційної технології та створив забезпечення для її практичної реалізації.*

2. Малахов Е.В. Проект единого информационного пространства Одесского государственного политехнического университета [текст] / Г.Н. Востров, Е.В. Малахов та ін. // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 1996. – № 2. – С. 24-29.

*Здобувачеві належать теоретичні засади створення інформаційної технології та забезпечення для її практичної реалізації.*

3. Малахов Е.В. Проблемы создания баз данных и информационных хранилищ [текст] / Г.Н. Востров, Е.В. Малахов, В.В. Мороз // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 1997. – № 2. – С. 66-70.

*Здобувач визначив проблеми, які виникають при створенні баз даних та інформаційних сховищ, а також напрямки їхнього розв'язання.*

4. Малахов Е.В. Использование информационных хранилищ в системах контроля экологической обстановки [текст] / Е.В. Малахов, Б. Блюхер // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 1997.

– № 2. – С. 122-123.

*Здобувачеві належать теоретичні засади створення інформаційної технології та забезпечення для її практичної реалізації.*

5. Малахов Е.В. Организация переноса информации из баз данных в информационные хранилища [текст] / Е.В. Малахов, О.В. Иванченко // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 1998. – № 2. – С. 52-54.

*Здобувачем розроблені теорія та технології маніпулювання інформаційними моделями.*

6. Малахов Е.В. Автоматизация библиотеки ВУЗа [текст] / Е.В. Малахов, Н.И. Билоненко, В.Н. Кулешов, Д.А. Жадан // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 1998. – № 2. – С. 55-58.

*Здобувач виконав теоретичне обґрунтування створення інформаційної технології та створив забезпечення для її практичної реалізації.*

7. Малахов Е.В. Базы данных как информационные модели предметных областей [текст] / Е.В. Малахов, О.В. Иванченко // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 1999. – Вып. 1(7). – С. 225-228.

*Здобувач розробив методи вдосконалення інформаційних моделей предметних областей, представлених базами даних.*

8. Малахов Е.В. Современные проблемы развития баз данных [текст] / Г.Н. Востров, Е.В. Малахов // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 1999. – Вып. 2(8). – С. 162-164.

*Здобувачеві належать методи вдосконалення інформаційних моделей предметних областей, представлених базами даних.*

9. Малахов Е.В. Проблемы описания структуры предметных областей [текст] / Г.Н. Востров, Е.В. Малахов, В.Н. Кулешов // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2000. – Вып. 2(11). – С. 111-114.

*Здобувач виконав теоретичне обґрунтування проблем розв'язання задач створення баз даних та інформаційних сховищ.*

10. Малахов Е.В. Фрактально-вейвлетные модели анализа и сжатия изображений [текст] / Г.Н. Востров, Е.В. Малахов, М.В. Полякова // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2000. – Вып. 3(12). – С. 160-166.

*Здобувачеві належать моделі та методи збереження та розповсюдження швидкозмінної інформації, зокрема, у вигляді відеопотоків.*

11. Малахов Е.В. Организация информационных хранилищ для многослойных картографических изображений [текст] / Е.В. Малахов, М.И. Лысенко // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2002. – Вып. 1(17). – С. 113-117.

*Здобувачем проведено теоретичне обґрунтування проблем розв'язання задач створення баз даних та інформаційних сховищ.*

12. Малахов Е.В. Семантический анализ изображений в задачах сжатия видеопоследовательностей [текст] / Е.В. Малахов, А.С. Ерощенко // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2002. – Вып. 2(18). – С. 116-120.

*Здобувач запропонував моделі та методи збереження та розповсюдження швидкозмінної інформації, зокрема, у вигляді відеопотоків.*

13. Малахов Е.В. Оценка степени адекватности баз данных как информационных моделей предметных областей [текст] // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2004. – Вып. 1(21). – С. 82-86.

14. Малахов Е.В. Стабильность информации и формирование иерархии информационных хранилищ [текст] // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2004. – Вып. 2(22). – С. 105-108.

15. Малахов Е.В. Базис пространства объектов предметных областей при проектировании базы данных [текст] / Г.Н. Востров, Е.В. Малахов // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2005. – Вып. 1(23). – С. 78-81.

*Здобувачеві належить теоретичне обґрунтування проблем розв'язання задач створення баз даних та інформаційних сховищ.*

16. Малахов Е.В. Единое информационное пространство Минэкономики Украины [текст] / Е.В. Малахов, В.С. Пелехов // Тр. Одес. политехн. ун-та. – Одесса, 2005. – Спецвыпуск. – С. 51-54.

*Здобувачем запропоновані моделі та методи інформаційного забезпечення організаційного управління предметними областями.*

17. Малахов Е.В. Манипулирование информационными хранилищами с переменным вектором атрибутов [текст] / О.В. Летунова, Е.В. Малахов, Т.В. Филатова // Холодильная техника и технологии. – Одесса, 2005. – Вып. 6(98). – С. 105-111.

*Здобувач розробив теорія та технології маніпулювання інформаційними моделями.*

18. Малахов Е.В. Проблемы использования метаданных в целях преобразования предметных областей [текст] / Е.В. Малахов, Т.В. Добровольская // Холодильная техника и технологии. – Одесса, 2005. – Вып. 6(98). – С. 112-116.

*Здобувачем запропоновані моделі та методи автоматизованого управління предметними областями.*

19. Малахов Е.В. Представление объектов во множестве предметных областей [текст] // Східно-європейський журнал передових технологій. – Харків, 2006. – Вып. 2/2(20). – С. 20-23.

20. Малахов Е.В. Организация систем автоматизированного документооборота [текст] / Е.В. Малахов, В.С. Пелехов // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2006. – Вып. 1(25). – С. 94-97.

*Здобувач виконав теоретичне обґрунтування створення інформаційної технології та*

*створив забезпечення для її практичної реалізації.*

21. Малахов Е.В. Описание и представление объектов в хранилищах данных во множестве предметных областей [текст] // Вісник Черкаського держ. технол. ун-ту. – 2006. – Спецвипуск – С. 56-58.

22. Malakhov E.V. Classification model of composition of technology of management by the frames of society [text] / V.M. Sharapov, L.G. Kunitska, E.V. Malakhov, O.V. Sharapova, I.B. Chudaeva // Вісник Черкаського держ. технол. ун-ту. – 2006. – Спецвипуск-2006 – С. 301-303.

*Здобувачеві належать теорія та технології маніпулювання інформаційними моделями.*

23. Малахов Є.В. Аналіз та маніпулювання інформаційними моделями предметних областей для розв'язання задач управління [текст] / Є.В. Малахов, В.І. Марущак // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2006. – Спецвипуск. – С. 5-10.

*Здобувачем розроблена теорія та запропоновані технології маніпулювання інформаційними моделями.*

24. Малахов Е.В. Инструмент реализации связи между узлами распределенной системы [текст] / Е.В. Малахов, Б.Ф. Трофимов // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2007. – № 1(25). – С. 34-36.

*Здобувачеві належать методи вдосконалення інформаційних моделей предметних областей, представлених базами даних.*

25. Малахов Е.В. Манипулирование метамоделями предметных областей [текст] // Східно-європейський журнал передових технологій. – Харків, 2007. – Вип. 5/3(29). – С. 6-10.

26. Малахов Е.В. Обзор модели ORM [текст] / Е.В. Малахов, Б.Ф. Трофимов // Холодильная техника и технологии. – Одесса, 2007. – Вып. 5(103) – С. 56-58.

*Здобувач запропонував методи вдосконалення інформаційних моделей предметних областей, представлених базами даних.*

27. Малахов Е.В. Розробка методу фрактального кодування-декодування відеопотоків [текст] / П.О. Становський, Є.В. Малахов, О.О. Арсірій // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2007. – Вип. 2(28). – С. 113-116.

*Здобувач виконав постановку задачі дослідження та отримав результати випробування методу в практичних умовах.*

28. Малахов Е.В. Модель расширения реляционных схем [текст] / Е.В. Малахов, Б.Ф. Трофимов // Східно-європейський журнал передових технологій. – Харків, 2008. – Вип. 3/3(33). – С.18-20.

*Здобувачем теоретично обґрунтовані проблеми розв'язання задач створення баз даних та інформаційних сховищ.*

29. Малахов Е.В. Блочная модель маршрутизации документа [текст] / Е.В. Малахов,

Т.В. Филатова, С.Г. Ахремчук // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2008. – Вып. 2(30). – С.125-129.

*Здобувачеві належать теоретичні засади створення інформаційної технології та забезпечення для її практичної реалізації.*

30. Малахов Е.В. Кодирование информации для поиска видеопотоков в хранилищах данных [текст] / Е.В. Малахов, П.А. Становский // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2008. – Вып. 2(30). – С. 156-159.

*Здобувач створив інформаційну технологію пошуку відеопотоків у сховищах даних.*

31. Малахов Є.В. Врахування інформації від працедавця в інформаційній моделі предметної області «Навчальний процес» для контролю якості інтелектуальної продукції [текст] / Є.В. Малахов, В.І. Марущак // Інформаційні системи та мережі. – Львів, 2009. – Вып. 8. – С. 176-180.

*Здобувач виконав теоретичне обґрунтування створення інформаційної технології та створив забезпечення для її практичної реалізації.*

32. Малахов Е.В. Оценка риска кредитного портфеля банка / Е.В. Малахов, А.В. Огиевко [текст] // Тр. Одесск. политехн. ун-та. – 2007. – Вып. 2(28). – С. 258-262.

*Здобувачеві належать теоретичні засади створення інформаційної технології та забезпечення для її практичної реалізації.*

33. Малахов Е.В. Методы оценки кредитоспособности юридических лиц в банке [текст] / Е.В. Малахов, В.П. Перстнёва // Тр. Одесск. политехн. ун-та. – 2009. – Вып. 2(32). – С. 107-115.

*Здобувачем запропоновані теоретичні аспекти створення інформаційної технології та визначені засади забезпечення її практичної реалізації.*

34-41. Патенти України №№ 19670, 24801, 24803, 24813, 24816, 26431, 26432, 26435.

42. Малахов Е.В. Вопросы организации иерархических информационных хранилищ [текст] // Перспективи. – Одеса, 1997. – С. 122-123.

43. Малахов Е.В. Информационная поддержка системы контроля экологической обстановки при чрезвычайных ситуациях [текст] / Е.В. Малахов, Л.А. Иванова, Б. Блюхер // Экологичность технол. процессов и охрана окруж. среды. Сб. статей. – Одесса: ЮЦ НАН Украины, 1997. – С. 34.

*Здобувачеві належать теоретичні засади створення інформаційної технології та забезпечення для її практичної реалізації.*

44. Малахов Е.В. Информационно-графическая поддержка службы медицины катастроф [текст] / Е.В. Малахов, М.И. Лысенко // Материалы международной конференции «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация последствий». – Харьков: ИРЭ НАН Украины, 2000. – С. 109-114.

*Здобувач виконав теоретичне обґрунтування створення інформаційної технології та створив забезпечення для її практичної реалізації.*

45. Малахов Е.В. Управление персоналом с помощью системы видеоконференции SVIT [текст] / Г.Н. Востров, Е.В. Малахов, П.А. Становский // Матеріали 12-ї міжнародної конференції з автоматичного управління «Автоматика-2005». – Харків: НТУ «ХПИ». – Т. 3. – С. 28.

*Здобувачем запропоновано структуру системи управління персоналом та змістовне наповнення її компонентів.*

46. Малахов Е.В. Управление персоналом распределенных корпораций [текст] / Г.Н. Востров, Е.В. Малахов, П.А. Становский // Материалы XII семинара «Моделирование в прикладных научных исследованиях». – Одесса: ОНПУ, 2005. – С. 17-18.

*Здобувач розробив структуру системи управління персоналом та провів змістовне наповнення її компонентів.*

47. Малахов Є.В. Розробка та дослідження метамоделей предметних областей на прикладі ВНЗ [текст] / Добровольська Т.В., Малахов Є.В. // Матеріали 40-ї наукової конференції «Сучасні інформаційні технології та телекомунікаційні мережі». – Одеса: ОНПУ, 2005. – С. 11.

*Здобувачеві належать теоретичні засади створення інформаційної технології та забезпечення для її практичної реалізації.*

48. Малахов Є.В. Дослідження багатовимірних структур даних і даних із змінним вектором атрибутів [текст] / Летунова О.В., Малахов Є.В. // Матеріали 40-ї наукової конференції «Сучасні інформаційні технології та телекомунікаційні мережі». – Одеса: ОНПУ, 2005. – С. 12.

*Здобувачем запропоновані моделі та методи представлення об'єктів в складноструктурованих предметних областях.*

49. Малахов Е.В. Проблемы организации распределенной базы данных медиаинформации [текст] / Е.В. Малахов, Е.А. Арсирый, П.А. Становский // Материалы XIV семинара «Моделирование в прикладных научных исследованиях». – Одесса: ОНПУ, 2007. – С. 58-59.

*Здобувач розробив структуру розподіленої бази даних та протоколи доступу до її компонентів.*

50. Малахов Е.В. Технология управления распределенной видеоинформацией [текст] / Е.В. Малахов, Е.А. Арсирый, П.А. Становский // Материалы 14-й Международной конференции по автоматическому управлению «Автоматика – 2007». – Севастополь: СНУЯЭП, 2007. – Ч. 2. – С. 151-153.

*Здобувачем розроблено моделі управління розподіленою відеоінформацією.*

51. Малахов Є.В. Интернет-технологія пошуку відеопотоків на основі фрактального ме-

тода їх кодування [текст] / Є.В. Малахов, П.О. Становський // Матеріали XV семінара «Моделювання в прикладних наукових дослідженнях». – Одеса: ОНПУ, 2008. – С. 3-4.

*Здобувачеві належить Інтернет-технологія пошуку відеопотоків.*

52. Малахов Є.В. Пошук відеопотоків в Internet на основі фрактального методу їх кодування [текст] / Є.В. Малахов, П.О. Становський // Матеріали Першої Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи розвитку озброєння і військової техніки в Збройних силах України». – Львів: НУ «ЛП», ЛІСВ, 2008. – С. 241.

*Здобувач запропонував технологію пошуку відеопотоків в мережі.*

53. Малахов Е.В. Кодирование видеопотоков для организации поиска видеоматериалов в Internet [текст] / Е.В. Малахов, П.А. Становский // Материалы девятой международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии». – Одеса: ОНПУ, 2008. – С. 125.

*Здобувачем впроваджена Інтернет-технологія пошуку відеопотоків.*

54. Малахов Є.В. Фрактальний метод кодування відеопотоків для Інтернет-технологій [текст] / Є.В. Малахов, П.О. Становський // Матеріали 15-й Міжнародної конференції по автоматичному управленню «Автоматика-2008». – Одеса: ОНМА, 2008 г. – Т. 2. – С. 855-857.

*Здобувачеві належить технологія пошуку стиснутих відеопотоків.*

55. Малахов Е.В. Обмен видеопотоками между элементами множества предметных областей хранилищ данных [текст] / Е.В. Малахов, П.А. Становский // Материалы XVI семинара «Моделювання в прикладних наукових дослідженнях». – Одеса: ОНПУ, 2008. – С. 39-42.

*Здобувач розробив структуру та запропонував принципи організації обміну відеопотоками між множинами предметних областей.*

56. Малахов Е.В. Общая схема хранения и извлечения видеопотоков из хранилищ данных в Интернет [текст] / Е.В. Малахов, П.А. Становский // Материалы XVII семинара «Моделювання в прикладних наукових дослідженнях». – Одеса: ОНПУ, 2009. – С. 3.

*Здобувачеві належить Інтернет-технологія пошуку відеопотоків.*

57. Малахов Е.В. Поиск видеопотоков в хранилищах данных [текст] / П.А. Становский, Е.В. Малахов // Материалы десятой международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии». – Одеса: ОНПУ, 2009. – С. 54.

*Здобувачеві належить організація доступу до сховищ даних.*

58. Малахов Е.В. Методы фрактального сжатия подвижных изображений для целей образования, медицины и других приложений [текст] / Е.В. Малахов, П.А. Становский // Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні тенденції розвитку інфо-



рмаційних технологій в освіті». – Херсон: ХПТК ОНПУ, 14-15 травня 2009. – Ч. 1. – С. 52-59.

*Здобувачем запропоновано застосування методу стискування рухомих зображень в сховищах даних різноманітних предметних областей.*

59. Малахов Е.В. Распознавание зрительных образов на уровне результатов фрактального кодирования [текст] / Е.В. Малахов, П.А. Становский // Материалы 16-й Международной конференции по автоматическому управлению «Автоматика – 2009». – Черновцы: ЧНУ, 2009. – С. 340-342.

*Здобувач виконав постановку задачі дослідження та отримав результати випробування методу фрактального кодування.*

60. Малахов Е.В. Сравнение результатов фрактального кодирования видеопотоков [текст] / Е.В. Малахов, П.А. Становский // Материалы Международной научно-технической конференции «Автоматизация: проблемы, идеи, решения». – Севастополь: СНТУ, 2009. – С. 268-271.

*Здобувачеві належать постановка задачі дослідження та результати випробування методу в практичних умовах.*

61. Малахов Е.В. Виділення складноструктурованих предметних областей [текст] // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технологічними комплексами», Київ: НУХТ, 2009. – С. 79-80.

62. Малахов Е.В. Интеллектуальные системы информационной поддержки процедур принятия решений [текст] / Г.Н. Востров, Е.В. Малахов // Материалы международной научной конференции «Искусственный интеллект – 2000». – Таганрог: ТРТУ, 2000. – С. 40-41.

*Здобувачем розроблено структуру даних та математичні моделі, які використовуються в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень.*

63. Малахов Е.В. Организация систем информационного обігу між картографічними системами та банками даних [текст] / М.І. Лисенко, Є.Л. Полін, Є.В. Малахов // Матеріали 35-ї наукової конференції молодих дослідників ОПУ – магістрантів «Сучасні інформаційні технології та телекомунікаційні мережі». – Одеса: ОДПУ, 2000. – С. 33.

*Здобувачеві належать структура системи інформаційного обігу та результати її випробування в практичних умовах.*

64. Малахов Е.В. Использование автоматизированной библиотечной системы как средства повышения эффективности организации учебного процесса [текст] / Е.В. Малахов, М.И. Лысенко // Материалы научно-методической конференции «Информационные технологии в учебно-методической и научной деятельности (Инфотех – 2000)». – Севастополь: СНТУ, 2000. – С. 36-41.

*Здобувач розробив систему інформаційної підтримки обліку, збереження та користування літературою у вищому навчальному закладі.*

65. Малахов Е.В. Метамоделирование как способ построения информационных систем [текст] / Е.В. Малахов, В.Н. Кулешов // Матеріали XVIII Міжн. конф. з управління (Автоматика – 2001). – Одеса. – Т. 2. – С. 111.

*Здобувачем запропоновані методи вдосконалення інформаційних моделей предметних областей, представлених базами даних.*

66. Малахов Е.В. Методы выделения объектов на графическом изображении [текст] / Е.В. Малахов, М.И. Лысенко // Матеріали XVIII Міжн. конф. з управління (Автоматика – 2001). – Одеса, 2001 р. – Т. 2. – С. 156.

*Здобувачеві належать методи інформаційної обробки зображень.*

67. Малахов Е.В. Анализ методов формирования хранилищ данных [текст] // Материалы XIII семинара «Моделирование в прикладных научных исследованиях». – Одесса: ОНПУ, 2006. – С. 55-57.

68. Малахов Е.В. Представление метамоделей предметных областей [текст] // Материалы Международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии». – Одесса: ОНПУ, 2006. – Т. 1. – С. 108.

69. Малахов Е.В. Многомерная модель множества предметных областей [текст] // Материалы науч.-практ. конфер. «Современные направления теоретических и прикладных исследований». – Одесса: Черноморье, 2006. – Т. 2. – С. 53-55.

70. Малахов Е.В. Представление электроэнцефалографических сигналов в виде вейвлет-коэффициентов для компактного хранения [текст] / М.Н. Иоргачева, Г.Н. Востров, Е.В. Малахов // Материалы Междунар. конференции «Биологические стандарты и информационные технологии в медицине» (БИС-2006). – Одесса, 2006. – С. 77.

*Здобувач запропонував вейвлет-моделі для електричних сигналів медичного застосування та методи їхнього стискування для подальшого збереження.*

71. Малахов Е.В. Теоретичні основи опису інформаційних моделей предметних областей для систем тестування [текст] // Матеріали наук.-метод. семінару «Шляхи реалізації кредитно-модульної системи організації навчального процесу і тестових форм контролю знань студентів». – Одеса: Наука і техніка, 2006. – С. 89-94.

72. Малахов Е.В. Структурирование знаний в автоматизированных обучающих системах с элементами искусственного интеллекта [текст] / С.А. Крутина, В.Д. Гогунский, Е.В. Малахов // Материалы XIV семин. «Моделирование в прикладных научных исследованиях». – Одесса: ОНПУ, 2007. – С. 37-39.

*Здобувачем запропоновані теоретичні аспекти інформаційної технології структуру-*

*вання знань та засади їх практичної реалізації в системах освіти.*

73. Малахов Е.В. Системы управления качеством на основе моделей предметных областей [текст] // Материалы Восьмой междунар. науч.-практ. конфер. «Современные информационные и электронные технологии». – Одесса: ОНПУ, 2007. – С. 37.

74. Малахов Е.В. Распределенные объектно-реляционные базы данных в телемедицине [текст] / Е.В. Малахов, М.Н. Иоргачева // Материалы Восьмой междунар. науч.-практ. конфер. «Современные информационные и электронные технологии». – Одесса: ОНПУ, 2007. – С. 52.

*Здобувачеві належать моделі та методи створення та експлуатації баз даних для застосування в інформаційних системах телемедицини.*

75. Малахов Е.В. Подход к повышению эффективности анализа и управления предметными областями [текст] // Материалы XIV Міжнар. конф. з автомат. управління «Автоматика-2007», Севастополь: СНУЯЄтаП, 2007. – Ч. 2. – С. 149-151.

76. Малахов Е.В. Обзор модели расширения реляционных схем [текст] / Е.В. Малахов, Б.Ф. Трофимов // Материалы девятой междунар. науч.-практ. конфер. «Современные информационные и электронные технологии» (СИЭТ-2008). – Одесса: ОНПУ, 2008. – С. 48.

*Здобувачем теоретично обґрунтовані проблеми розв'язання задач маніпулювання реляційними схемами баз даних та інформаційних сховищ.*

77. Малахов Е.В. Теоретические аспекты информационной поддержки обучающих компьютерных систем [текст] // Материалы наук.-метод. семінару «Шляхи реалізації кредитно-модульної системи організації навчального процесу і тестових форм контролю знань студентів». – Одеса, 2008. – Вип. 2. – С. 84-88.

## АНОТАЦІЇ

**Малахов Є.В. Інформаційна технологія моделювання складноструктурованих предметних областей в системах організаційного управління (теорія та реалізація).** – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2010.

Дисертація присвячена розробці інформаційних і математичних засобів, які забезпечують створення моделей предметних областей та маніпулювання ними в інформаційних системах організаційного управління в різних галузях науки і техніки. Проаналізовані метамоделі предметних областей інформаційних систем організаційного управління в різних галузях науки і техніки, розглянута проблема виділення предметних областей та врахування динаміки їхньої структури і даних про їхні елементи. Розроблені математичні операції над моделями предметних областей та їхніх сутностей. Запропонована побудова інформаційних моделей предметних областей на основі інформаційних сховищ. Розв'язана проблема застосування метамodelей предметних областей для їхнього аналізу та побудови інформаційних систем. Здійснено практичне випробування результатів дослідження в об'єктах, які використовують дані про предметні області в системах організаційного управління вищими навчальними закладами, медичними установами тощо.

**Ключові слова:** складноструктурована предметна область, база даних, інформаційне сховище, метамодель, інформаційна система організаційного управління.

**Malakhov E.V. The information technology for complexstructures subject domains simulating in the organizational management systems (theory and implementation).** – Manuscript.

The thesis for the doctor of technical sciences degree by specialty 05.13.06 – Information Technology. – The National technic university "Kharkov Polytechnic Institute", Kharkov, 2010.

The thesis is devoted to the development of informational and mathematical tools for subject domains models creation and manipulating at management information systems of different science and technic areas. The metamodels of organizational management information systems are analyzed, the problems of subject domains extraction and allowing of the dynamics of their structure and data elements are considered. The mathematical operations for the subject domains models and their elements are developed. The domains information models on the basis of information warehouses are proposed. The problem of domains metamodels using for their analysis and information systems building are solved. Implemented practical test of research results in facilities that use com-

plexstructures subject domains data in the management systems of higher education institutions, medical institutions etc.

**Keywords:** complexstructures subject domain, database, datawarehouse, metamodel, organizational management information system.

**Малахов Е.В. Информационная технология моделирования сложноструктурированных предметных областей в системах организационного управления (теория и реализация).** – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – Информационные технологии. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, 2010.

Диссертация посвящена разработке информационных и математических средств, обеспечивающих построение моделей предметных областей (ПрО) и манипулирование ими в информационных системах организационного управления в различных отраслях науки и техники. Проанализированы метамоделю предметных областей информационных систем организационного управления, рассмотрены проблемы выделения ПрО и учета динамики их структуры, а также данных об их элементах. Разработаны математические операции над моделями ПрО и их сущностей. Предложено построение информационных моделей ПрО на основе информационных хранилищ (ИХ). Решена проблема применения метамоделю ПрО для их анализа и построения информационных систем.

Целью диссертационной работы является повышение эффективности информационных систем организационного управления в различных областях науки и техники путем создания информационных и математических методов информационной технологии построения и манипулирования моделями сложноструктурированных предметных областей.

Для достижения поставленной цели в работе определены проблемы, возникающие при формировании моделей предметных областей, и пути их решения; предложен метод выделения существенных свойств предметных областей и их сущностей и на его основе разработана методика ограничения множеств этих свойств; разработан способ отображения сложноструктурированных предметных областей, учитывающий в моделях динамику и иерархию таких областей; создана методика проверки адекватности метамоделю предметных областей их содержательному описанию; разработан способ представления метамоделю универсальной сущности, позволяющий учитывать различную мощность множеств свойств проекций сущности на разные ПрО; предложены математические операции манипулирования метамоделю ПрО; разработан алгоритм построения «активных» и иерархических информационных хранилищ; создана информационная технология построения и манипулирования метамоделю сложноструктурированных ПрО в системах организационно-технического управления в различных областях науки и техники.

Научная новизна полученных результатов состоит в развитии и углублении информационной теории и методологии создания и манипулирования метамоделю предметных областей для решения задач организационного управления. Впервые установлено информаци-

онное единство объектов окружающей среды, заключающееся в том, что все они являются проекциями на определенные предметные области соответствующих универсальных сущностей, представленных в виде многомерных структур. Впервые установлено системное единство информационных моделей предметных областей, заключающееся в том, что все они могут быть представлены в виде системы метамоделей, отражающих иерархию ПрО. Получил дальнейшее развитие математический аппарат совместного применения теории графов и теории множеств, состоящее в создании операций над метамоделями, объединяющими элементы этих теорий: операции объединения метамоделей предметных областей и универсальных сущностей, пересечения, разности и дополнения метамоделей, снижения порядка и выборки принадлежности универсальных сущностей. Впервые предложен метод выбора меры неопределенности оценок разных статистических характеристик свойств универсальных сущностей, для чего сформулированы соответствующие математические утверждения, позволяющие оценить информативность свойств универсальных сущностей и создать методику оценки адекватности моделей предметных областей. Получила дальнейшее развитие модель представления информации, которое состоит в учете свойства стабильности последней, что позволяет сравнивать информацию разного типа или с разным жизненным циклом. Получил дальнейшее развитие метод модификации баз данных, который состоит в представлении информационных моделей ПрО в качестве метамоделей нулевого уровня, который позволяет использовать их как операнды математических операций над метамоделями предметных областей. Получил дальнейшее развитие метод создания и модификации ИХ, заключающийся в использовании модуля манипулирования метамоделями различного уровня в информационных и аналитических подсистемах. Дано определение универсальной сущности, позволяющее учесть ее представление в различных предметных областях. Разработан метод представления метамоделей универсальной сущности в виде матрицы инцидентности, позволяющий учитывать различную мощность множеств свойств проекций этой универсальной сущности на различные ПрО. Разработан метод формирования иерархии ИХ на основании свойства стабильности и определенных степеней стабильности информации.

Применение разработанной системы при организации видеонаблюдения в Одесском институте телевизионной техники позволило в 5-7, а в ООО «АКВАФРОСТ» (г. Ильичёвск) в 3,72 раза снизить нагрузку на аппараты хранения информации. В Центре реконструктивной и восстановительной медицины (г. Одесса) время на организацию консультации отдаленных врачей-специалистов сократилось в среднем на 7 часов. В Роддоме № 2 г. Одессы применение системы позволило в 2,5 раза повысить скорость диагностирования. В Одесском региональном институте НАГУ при Президенте Украины подсистема обмена мультимедийной информацией обеспечила снижение затрат оперативной памяти в 2,97 раза и времени для ор-

ганизации доступа к соответствующим узлам подсистемы в 3,78 раза. В Одесском областном центре экстренной медпомощи и медицины катастроф достигнуто сокращение времени принятия управленческих решений, в среднем, на 15,5 часов при локальной чрезвычайной ситуации и более, чем на 2 суток, при катастрофе межрегионального масштаба.

**Ключевые слова:** сложноструктурированная предметная область, база данных, информационное хранилище, метамодель, информационная система организационного управления.