

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

Ткачук Микола В'ячеславович

УДК 681.5: 658.512

**МОДЕЛІ, МЕТОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
АДАПТИВНОЇ РОЗРОБКИ ТА РЕІНЖИНІРИНГУ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧИХ
СИСТЕМ**

Спеціальність 05.13.06 – Автоматизовані системи управління та
прогресивні інформаційні технології

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Харків-2006

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор **Годлевський Михайло Дмитрович**, Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, завідувач кафедри автоматизованих систем управління

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **Пасічник Володимир Володимирович**, Національний університету “Львівська політехніка”, завідувач кафедри інформаційних систем і мереж;

доктор технічних наук, професор **Левикін Віктор Макарович**, Харківський національний університет радіоелектроніки, завідувач кафедри інформаційних управляючих систем;

доктор технічних наук, професор **Федорович Олег Євгенович**, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського “Харківський авіаційний інститут”, завідувач кафедри інформаційно-управляючих систем.

Провідна установа: Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ.

Захист відбудеться 11 травня 2006 року о 14³⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.07 у Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” МОН України за адресою: вул. Фрунзе 21, Харків-2, 61002.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” МОН України за адресою: вул. Фрунзе 21, Харків-2, 61002.

Автореферат розісланий ”7” квітня 2006 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

І.П. Гамаюн

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В умовах стрімкого зростання об'ємів інформаційних ресурсів, що мають бути накопичені, оброблені та проаналізовані для прийняття рішень щодо управління складними системами та технологічними процесами (ТП) в різних галузях промисловості, економіки та соціальної сфери, великого значення набувають надійність та ефективність функціонування інформаційно-управляючих систем (ІУС), які забезпечують вирішення цих завдань у складі відповідних автоматизованих систем управління (АСУ). Такі ІУС представляють собою складні, тобто топологічно-розподілені та функціонально-багаторівневі апаратно-програмні комплекси, які створюються з залученням значних матеріально-фінансових ресурсів і з розрахунком на довгостроковий період експлуатації (як правило, протягом 10-15 років).

Саме питання зростання ефективності процесів створення та розвитку таких ІУС, розробка моделей та інформаційних технологій (ІТ), проектування програмних архітектур та ресурсів даних, що входять до їх складу, були й залишаються одними з найбільш складних та актуальних науково-прикладних проблем в сучасній інформатиці. Їх вирішенню присвячені дослідження таких відомих вітчизняних і закордонних вчених як *І.В. Сергієнка, М.З. Згуровського, О.А. Павлова, О.В. Палагіна, Н.Д. Панкратової, О.Л. Перевозчикової, В.М. Левикіна, І.Б. Сіроджи, О.Є. Федоровича, Г. Майєра (H. Maier), Б. Тальхайма (B. Tallheim), В. Хесце (W. Hesse)* та інших.

Ці проблеми представляють собою цілий комплекс напрямків наукових досліджень, які вивчають питання розробки математичного, алгоритмічного, інформаційного та програмного забезпечення для вирішення задач проектування та реалізації складних ІУС. В самому загальному випадку процес розробки таких систем може бути розглянутий в багатовимірному просторі таких векторних критеріїв як структурні (функціональні, технологічні і тому подібні) системні характеристики (системні вимоги), які повинні бути досягнуті (виконані) в процесі розробки відповідної ІУС, ресурси, що є наявними для реалізації цього проекту (матеріально-технічні, фінансові та ін.), t – поточний час. Очевидно, що ці критерії знаходяться в складних причинно-наслідкових відносинах і тому рішення проблеми управління процесами розробки складних ІУС в просторі змінних Π породжує цілий спектр багатокритеріальних оптимізаційних задач. В даній дисертаційній роботі перш за все досліджуються питання побудови засобів розробки та реінжинірингу складних ІУС, що забезпечують отримання відповідних проектних рішень, що є ефективними по критерію $\vec{K}(t)$, а інші складові системи критеріїв можуть розглядатися як відповідні обмеження при пошуку потрібних архітектурних, програмних та інформаційних рішень.

Надзвичайно швидкий розвиток і поява все нових і нових інструментально-технологічних платформ та засобів розробки ІУС з одного боку, та постійне зростання складності бізнес-логіки відповідних програмних рішень, а також прискорення процесів їх змін - з другого, приводять до

того, що саме якість проектування систем, що тільки ще розробляються, та можливість внесення необхідних змін в архітектуру вже функціонуючих ІУС стають найбільш “вузькими місцями” в життєвому циклі (ЖЦ) їх створення та супроводження. Саме тому в даний час дуже важливою стає науково-технічна проблема розробки таких підходів до проектування нових та проведення реінжинірингу вже існуючих ІУС, які б дозволили вже на ранніх стадіях створення цих систем, а потім – і на всіх етапах їх експлуатації та супроводження, отримувати такі архітектурні та програмні рішення, що є максимально інваріантними по відношенню до змін, які виникають з часом у навколишньому середовищі функціонування таких систем.

Особливе значення отримують в наш час проблеми розробки та реінжинірингу складних ІУС в газотранспортній та в нафтогазовидобувній галузях. Це обумовлено як винятковою їх важливістю, особливо газотранспортної системи (ГТС), безпосередньо в структурі національного паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) України, так і тим її геополітичним положенням і статусом транзитної країни, яка забезпечує зараз близько 90% експорту російського природного газу в країни Центральної та Західної Європи, що складає приблизно 30% їх щорічної потреби в цьому енергоресурсі. Все це обумовлює актуальність наукових досліджень та прикладних розробок, яким присвячена ця дисертаційна робота.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася на кафедрі АСУ Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” (НТУ “ХПІ”) у межах виконання госпдоговорів з КБ “Промавтоматика” (м. Харків) по розробці Інтернет (Web)-базованих ІУС для моніторингу ТП на установках комплексної переробки газу (УКПГ) і нафти та газу (УКПНГ) на підприємствах газового промислового управління (ГПУ) “Харківгазвидобування”, при цьому здобувач був науковим керівником відповідних НДР, а також у межах держбюджетної теми № ДР 0103U001543 “Розробка інформаційних моделей для реалізації процедур структурного синтезу в комп’ютерно-інтегрованих системах”, затвердженої наказом МОН України № 633 від 05.11. 2002 р., де він був відповідальним виконавцем.

Мета та задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка концепції, моделей і методів адаптивного проектування та перспективного реінжинірингу (АППР) складних ІУС і побудова відповідного інтегрованого модельно-технологічного інструментарію (ІМТІ) для підвищення ефективності процесів їх створення, а також практичне застосування цих підходів при розробці ІУС на об’єктах газотранспортної та нафтогазовидобувної галузей ПЕК України.

Для досягнення цієї мети вирішено комплекс таких взаємопов’язаних науково-технічних задач:

– визначені основні критично важливі чинники впливу та якісні критерії ефективності при розробці програмного забезпечення (ПЗ) сучасних ІУС;

- досліджені особливості побудови та функціонування достатньо широкого класу ІУС, що використовуються, зокрема, на високотехнологічних об'єктах газотранспортної та нафтогазовидобувної галузей ПЕК України;
- обґрунтовані методологічні принципи побудови концепції АППР складних ІУС;
- визначені загальна структура підсистем ІМТІ та їх функціональне наповнення з урахуванням інформаційної багатовимірності та алгоритмічної складності процесів АППР;
- розроблено комплекс моделей та інформаційну технологію їх структурних перетворень, що забезпечують можливість автоматизації основних процесів АППР ;
- побудовано каталог уніфікованих архітектурних рішень і розроблені проектні процедури для ефективного проектування нових і проведення реінжинірингу вже існуючих ІУС визначеного класу;
- розроблено методика побудови та реалізовано комплекс моделей, а також інструментальне середовище для їх застосування, що дозволяють досліджувати та визначати продуктивність і надійність отриманих архітектурних та програмних рішень;
- реалізована на Web-орієнтованій технологічній платформі сукупність програмних компонентів, що можуть бути використані багаторазово для створення ІУС галузевого призначення, які впроваджені на відповідних об'єктах ПЕК.

Об'єктом досліджень є процеси розробки та реінжинірингу розподілених і багаторівневих ІУС, що застосовуються для автоматизації управління складними системами та процесами у різних галузях промисловості.

Предметом досліджень є моделі, методи та інформаційні технології АППР складних ІУС.

Методи досліджень базуються на концепціях і принципах розробки інтелектуальних інформаційних систем, і, зокрема, на застосуванні онтологій для моделювання доменних знань, на методах об'єктно-орієнтованого аналізу та синтезу структури ІУС з використанням можливостей уніфікованої мови системного моделювання UML (Unified Modeling Language), а також на використанні: базових положень теорії управління - для розробки методів аналізу та синтезу адаптивних моделей ЖЦ складних ІУС; математичного апарату загальної теорії множин та нечіткої логіки - для дослідження властивостей багатовимірних інформаційних просторів; абстракцій еталонних системних архітектур (ЕСА) і шаблонів проектних рішень, а також логіко-лінгвістичних і лексикографічних методів - для формалізації процедур проектування та реінжинірингу програмних конструкцій ІУС; методів статистичного аналізу експериментальних даних; методів імітаційного моделювання та застосування метричних моделей - для оцінки продуктивності та надійності отриманих компонентних програмних рішень (КПР).

Наукова новизна одержаних результатів. В результаті досліджень вперше запропоновано концепцію розробки та реінжинірингу складних ІУС, яка базується на поєднанні позитивних

властивостей сучасних компонентних моделей і технологій створення ПЗ з основними кібернетичними засадами теорії управління і, зокрема, з принципами функціонування адаптивних систем управління (СУ), які використовують семіотичні моделі представлення та обробки знань щодо предметної області їх застосування (що в подальшому визначено в роботі як *міждисциплінарний* підхід). На відміну від існуючих підходів до проектування ІУС, завдяки знайденому методологічному компромісу між вербальними (якісними) та суто формальними (кількісними) методами моделювання процесів розробки ПЗ, запропонована концепція інтегрує всі основні інформаційні та алгоритмічні ресурси процесів АППР у структуру *багатовимірного інформаційного метастору* (БІМП), в якому будуються траєкторії розвитку моделей архітектури ІУС. Ця концепція передбачає наявність дієвих механізмів накопичення та аналізу системних вимог (СВ), а також можливість адекватної оцінки властивостей проектних рішень (ПР) у процесі розробки відповідної ІУС, що дозволило реалізувати відповідний ІМТІ для ефективного вирішення задач створення ІУС на сучасній Web-базованій технологічній платформі.

Наукові результати, отримані в дисертаційній роботі, полягають в такому:

а) *вперше*:

- запропоновано методологічний міждисциплінарний підхід до формалізації процесів АППР складних ІУС і показано його гносеологічний зв'язок з такими фундаментальними напрямками досліджень в сучасній інформатиці як розвиток методів прикладного системного аналізу та вирішення проблем технологічного передбачення;
- розроблена та досліджена знання-орієнтована модель БІМП, яка представляє собою функціональну композицію інформаційних і алгоритмічних ресурсів усіх основних процесів АППР, які динамічно змінюються у часі, що дало можливість розробити нову технологію макро-проектування архітектури складних ІУС;
- запропонована інваріантна по відношенню до конкретної предметної області система критеріїв оцінки стану СВ в процесі розробки складних ІУС і з застосуванням нечіткого лінгвістичного підходу розроблено новий метод визначення експертних оцінок стану СВ, що суттєво поліпшує ефективність роботи проектувальників системи при розв'язанні слабо формалізованих задач створення ІУС, а саме, на етапах накопичення та аналізу СВ;

б) *удосконалено*:

- архітектурно-центрований підхід до процесів проектування ІУС, за рахунок розробки каталогу шаблонів проектних рішень (патернів) для побудови архітектури розподілених і багаторівневих ІУС, що дозволило забезпечувати їх відкритість та властивість бути масштабованими;
- імітаційні та метричні моделі для дослідження функціонування ПЗ за рахунок розробки багаторівневого композиційного підходу до моделювання КПП у складі ІУС, який дозволяє

розробляти кластери моделей оцінки таких характеристик їх функціонування як продуктивність, надійність та інші;

в) *отримали подальший розвиток:*

– об'єктно-орієнтовані методи розробки інформаційних систем, шляхом застосування їх для аналізу та синтезу організаційно-технічної структури типових ІУС, що дозволяє поліпшити якість та зменшити обсяг відповідної проектної документації;

– інформаційні технології для розробки та реінжинірингу SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)-систем, завдяки створенню набору програмних компонентів, які можуть бути використані багаторазово, що дозволило реалізувати перспективну уніфіковану Інтернет (Web) - базовану систему SCADA для підприємств газотранспортної та нафтогазовидобувної галузей ПЕК.

Достовірність та обґрунтованість отриманих в роботі результатів забезпечені послідовним використанням принципів прикладного системного аналізу, сучасних та достатньо апробованих математичних абстракцій, прогресивних ІТ, методів статистичної обробки експериментальних даних та імітаційного моделювання, які концептуально інтегровані в структуру знання-орієнтованої моделі БІМП розробки та реінжинірингу складних ІУС.

Практичне значення одержаних результатів обумовлено суттєвим (до 35-40%) зростанням ефективності процесів розробки нових і реінжинірингу існуючих складних ІУС для об'єктів нафтогазовидобувної і газотранспортної галузей ПЕК і полягає в тому, що: створено ІМТІ, що дозволяє на практиці ефективно реалізовувати процедури АППР у складних ІУС; побудовано сукупність уніфікованих програмних компонентів, які можуть бути використані багаторазово для створення перспективних і модернізації вже існуючих SCADA-систем; розроблені та програмно реалізовані комплекс імітаційних та метричних моделей і відповідне інструментальне середовище для їх застосування, які дозволяють досить ефективно й достовірно виконувати оцінку продуктивності та надійності роботи запропонованих КПП, як на стадії їх проектування так і в процесі функціонування.

На основі отриманих архітектурних і програмних рішень розроблені та реалізовані уніфіковані Web-базовані SCADA-системи для застосування на УКПГ / УКПНГ, а також запропонована перспективна програмна архітектура для модернізації існуючої типової 3-рівневої ІУС газокompресорної станції (ГКС). Це забезпечує отримання суттєвого позитивного технологічного та соціального ефектів за рахунок збільшення рівня спостереження та керованості відповідних ТП, покращення умов праці операторів систем, та, в кінцевому результаті, в зменшенні можливих втрат об'ємів видобування та переробки нафти та природного газу на цих об'єктах.

Результати дисертаційної роботи використані при розробці систем SCADA на Ул'янівській УКПГ і на Личківській УКПНГ Перещепінського нафтогазопромислу, на УКПНГ Східного блоку Юл'ївського нафтогазопромислу, які входять до складу ГПУ "Харківгазвидобування", а також на

Сахалінській УКПГ в Краснокутському районі Харківської області, що підтверджено актами впровадження, отриманими на цих підприємствах. Науково-методичні положення, які розроблені в дисертації, використовуються також у методичному забезпеченні навчального процесу кафедри АСУ НТУ "ХП", зокрема, при викладанні навчальних дисциплін "Проектування ІУС" та "Реінжиніринг ІУС", що також підтверджується відповідною довідкою.

Особистий внесок здобувача. Усі основні результати дисертаційної роботи, що виносяться на захист, отримані здобувачем самостійно, за винятком деяких прикладних та інструментальних програмних рішень, розроблених разом з аспірантами та студентами на кафедрі АСУ НТУ "ХП". В наукових працях, виконаних у співавторстві, особисто здобувачеві виключно належать: перелік основних характерних ознак сучасних ІУС; міждисциплінарний підхід до формалізації процесів АППР складних ІУС; концептуальна схема взаємодії моделей та процесів адаптивної розробки та супроводу складних ІУС; просторово-траєкторний підхід до моделювання процесів АППР; модель багатовимірного інформаційного простору, методика побудови онтологічних специфікацій для опису структури складної ІУС, система критеріїв оцінки стану СВ в процесі проектування ІУС; метод визначення експертних оцінок стану СВ; каталог шаблонів ПР для побудови ЕСА багаторівневої розподіленої ІУС; постановка задачі реінжинірингу успадкованих ІУС на об'єктах нафтогазовидобувної галузі; структурна модель інтеграції даних у багаторівневій розподіленій Web-базованій SCADA-системі, методики побудови комплексу імітаційних та метричних моделей КПП; типова архітектура інструментального середовища для моделювання КПП в ІУС; уніфікована схема програмних сервісів в типовій SCADA-системі; схема розширеної функціональності перспективної SCADA-системи; логіко-лінгвістична модель управління програмним пакетом у складі ІУС ГКС; функціональна схема інтеграції Web-підсистеми відображення інформації в структуру ІУС ГКС; модель уніфікованої програмної архітектури для автоматизованої підсистеми тренінгу технічного персоналу ІУС.

Апробація результатів дисертації. Основні наукові положення дисертаційної роботи апробовані на: міжнародних наукових конференціях "Автоматика-99" (Харків, 1999) і "Автоматика-2003" (Севастополь, 2003); на міжнародному науково-технічному конгресі з проблем реінжинірингу інформаційних систем *Reengineering Week'2000* (Цюрих, Швейцарія, 2000); на 1-й міжнародній науково-технічній конференції *EuroAsia-ICT'2002* (Шираз, Іран, 2002), на міжнародних науково-технічних конференціях з проблем програмування "УкрПРОГ-2002" (Київ, 2002) і "УкрПРОГ-2004" (Київ, 2004); на міжнародній науково-технічній конференції *International Conference on Intelligent Systems and Control* (Зальцбург, Австрія, 2003); на 1-й, 2-й та 3-й міжнародних науково-технічних конференціях по технології інформаційних систем і її застосуванням (*Information Systems Technology and its Applications - ISTA*): ISTA-2001, ISTA-2003, ISTA-2004 (Харків, 2001 і 2003, Солт-Лейк Сіті, США, 2004); на міжнародних конференціях

МікроСАD-02,03,04,05 (Харків, 2002,2003,2004,2005) і на VII міжнародній науково-технічній конференції “Системний аналіз та інформаційні технології” (Київ, червень 2005).

Матеріали дисертаційної роботи були розглянуті на засіданнях наукових семінарів: на кафедрі АСУ НТУ “ХП”, в Інституті проблем системного аналізу НТУУ “КП”, в Інституті прикладної інформатики Клагенфуртського університету (Австрія), в Інноваційному центрі високих технологій Магдебургського університету (Німеччина), на кафедрі інформаційних систем і мереж Національного університету “Львівська політехніка”.

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 32 наукові праці, серед них: 1 монографія, 24 статті в фахових виданнях ВАК України, а також 7 робіт у працях і тезах доповідей міжнародних наукових конференцій, симпозіумів і семінарів.

Структура й обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел з 259 найменувань на 15 сторінках і 5 додатків на 39 сторінках, а також містить 111 рисунків та 15 таблиць. Повний обсяг роботи складає 354 сторінки, включаючи 300 сторінок основного тексту.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовані актуальність дисертаційної роботи, дана її загальна характеристика, сформульовано мета та задачі наукових досліджень, охарактеризовані отримані нові наукові результати.

У **першому розділі**, на підставі огляду широкого кола сучасних літературних джерел, а також з урахуванням критичного аналізу власного досвіду, накопиченого при виконанні ряду проектів з розробки ІУС на об’єктах нафтогазовидобування, сформульовані 7 основних структурних, функціональних і організаційних ознак (або системних вимог - СВ), що є притаманними для таких систем, а саме: (О1) розподілена системна архітектура; (О2) висока розмірність і складність функціональних зв’язків між окремими блоками та підсистемами; (О3) необхідність обробки великих і надвеликих об’ємів проблемної інформації, що накопичуються та зберігаються в файлових системах і локальних базах даних різних форматів; (О4) наявність у їх структурі різнотипних проектних рішень і розроблених у різний час успадкованих програмних додатків; (О5) безперервний робочий цикл по схемі “24x365” у реальному масштабі часу; (О6) одночасна (паралельна) робота в системі різних груп користувачів, а також наявність так званих віддалених користувачів, які взаємодіють з системою за допомогою спеціальних каналів зв’язку; (О7) значна вірогідність виникнення в роботі таких ІУС критичних ситуацій, над розв’язанням яких повинні оперативно і скоординовано працювати різні групи спеціалістів (користувачів).

Розглянуто також деякі загальні тенденції та кризові ознаки сучасного стану в сфері розробки та застосування ІУС і ІТ. При цьому визначені три групи узагальнених чинників впливу, що є критично важливими для їх розвитку: (I) - концептуально-модельні, (II) -технологічні, (III) - соціально-економічні. На підставі цього сформульовані два основних якісних інтегральних критерії ефективності, що мають бути враховані при створенні складних ІУС, а саме: 1) розробка орієнтованих на знання підходів до побудови моделей і процедур проектування та реінжинірингу таких систем; 2) вибір і застосування максимально уніфікованих і відкритих технологічних стандартів для їх програмної реалізації.

Проведено також аналіз основних напрямків сучасних досліджень в області створення знання-орієнтованих підходів для проектування та супроводження складних ІУС і інтелектуальних ІТ, зокрема, в напрямку розробки адаптивних технологій проектування ІУС (насамперед, у публікаціях школи О.А. Павлова). Особливу увагу звернено на те, що ці проблеми повинні розглядатися у загальному контексті таких стратегічно важливих сфер досліджень у сучасній інформатиці, як розробка наукоємних ІТ (І.В. Сергієнко), створення методології технологічного передбачення (М.З. Згуровський та Н.Д. Панкратова), розробка концепції побудови проблемно-орієнтованих програмних архітектур (О.В. Палагін).

Зроблено висновок щодо наявності певного протиріччя між досягнутим наразі досить високим теоретичним рівнем побудови формальних моделей ПЗ і методів для розробки складних ІУС, і в той же час - вельми обмеженими можливостями їх практичного застосування для створення методик і процедур проектування та інструментальних засобів імплементації реальних систем. З метою усунення цієї проблеми зроблено припущення про необхідність і доцільність розробки відповідного ІМТІ для АППР складних ІУС. Показано, що з методологічної точки зору такий ІМТІ може бути ефективно побудованим тільки за умови застосування міждисциплінарного підходу до визначення складу його компонентів та їх функціональності. Цей розділ завершується мотивованим визначенням об'єкту і предмету наукових досліджень, а також формулюванням мети та переліку задач, що мають бути вирішені в дисертаційній роботі.

Другий розділ присвячено розробці загальних теоретичних засад для створення запропонованого ІМТІ та формуванню концептуального комплексу моделей, архітектурних рішень та формалізованих процедур для побудови всіх його основних компонентів.

У *першому підрозділі*, на підставі запропонованого раніше міждисциплінарного підходу до побудови ІМТІ, розроблена його загальна концептуальна схема. На підставі аналізу існуючих підходів до розробки ПЗ показано, що переважна більшість моделей ЖЦ створення ПЗ, включаючи навіть найновітні їх індустріальні стандарти, такі як технологія RUP (Rational Unified Process), або методи екстремального програмування (eXtreme Programming-XP) та так звані "гнучкі" технології

(agila-technology), до останнього часу не мають в своїх схемах чітко визначених і ефективних механізмів забезпечення адаптивності у процесі проектування відповідної ІУС. На рис. 1, (а) показано в узагальненому виді одну з таких схем розробки ПЗ, що пропонуються, зокрема, в роботах М. Фаулера (M. Fowler) та С. Амблера (S. Ambler), але розглядаються при цьому виключно на якісному рівні, без будь-яких формалізованих моделей їх побудови та кількісних механізмів оцінки функціонування.

З іншого боку, в сучасній теорії управління вже досить давно існують добре структуровані та апробовані схеми побудови адаптивних СУ складними об'єктами та системами, що з часом еволюціонують, тобто змінюють свою структуру та характер функціонування. Узагальнена схема такої СУ (з посиланням на роботи Д.А. Поспелова) наведена на рис. 1, (б), де, відповідно: ОУ – об'єкт управління, СФ – середовище його функціонування, Р - блок генерації управляючих рішень, К – контролери в контурі управління, Д – датчики у контурі зворотного зв'язку, І – інтерпретатор реакції ОУ та СФ на управляючий вплив блоку Р, М – модель знань ОУ та СФ.

Порівняльний аналіз цих двох схем дозволяє встановити структурно-функціональну відповідність основних функціональних блоків схем адаптивних СУ процесам і артефактам, що містяться в моделі ЖЦ ІУС, яка наведена в таблиці 1. На підставі цього подано формалізоване визначення поняття процесу адаптивної розробки ПЗ (Adaptive Software Development – ASD) складних ІУС у вигляді кортежу об'єктів:

де SR – сукупність системних вимог (*System Requirements - SR*) до ІУС, що проектується (модифікується); DP - комплекс процедур проектування (*Design Procedures - DP*), DM - множина інформаційних моделей (*Information Models - DM*) предметної області (ПрО) та середовища проектування, EM - колекція моделей оцінки (*Estimation Models - EM*) проектних рішень, що розробляються.

У виразі (1) кожен з компонентів є певним комплексом відповідних моделей, методів та технологій, які у своїй сукупності представляють ІМТІ. Об'єднання множин SR та DM утворюють U - інформаційний базис ІМТІ, а об'єднання множин DP та EM , відповідно, його алгоритмічний ресурс F . Структурний взаємозв'язок, інформаційна погодженість і, в кінцевому результаті, синергетичний ефект у взаємодії компонентів із виразу (1) забезпечується за рахунок впровадження в концептуальну схему процесу розробки ІУС певної моделі *системної архітектури* (СА).

Об'єктом управління в ній є інформаційна модель ІУС, на яку безперервно впливають 2 групи зовнішніх чинників: (1) – зміни, які відбуваються в засобах ПЗ та ІТ, що використовуються для розробки (або модифікації) ІУС; (2) – зміни в ТП, для управління яким ця система створюється. Інформація заноситься у відповідні Бази Даних СВ (БД СВ): БД СВ (1) і БД СВ (2), які реалізують множину СВ, що динамічно змінюються в часі – це блок SR на рис. 2. В процесі проектування ІУС

створюється та постійно розвивається колекція доменних моделей DM . Інформацію з блоку SR використовують функціональні блоки, що реалізують множину методів пошуку проектних рішень (ПР) – блок DP , та моделей їх оцінки – блок EM відповідно. На начальному етапі проектування 2 групи Процедур Розробки ПР: ПрРПР(1) і ПрРПР(2) генерують нові варіанти ПР і заносять їх в Активні Репозиторії ПР: АРПР (1) і АРПР (2). Активний статус цих блоків схеми визначається тим, що в них із блоку моделей оцінки EM поступає також аналітична інформація щодо ефективності характеристик поточного варіанту проекту ІУС (наприклад, її продуктивності, надійності і т.д.). На підставі цієї інформації 2 групи Процедур Формування Типових ПР: ПрФТПР (1) і ПрФТПР (2), формують проектні шаблони (патерни) для створення наступної версії системи. Сама система, що розробляється, представлена в цій схемі парою об'єктів: поточною та наступною версіями її СА – це блоки $SA(i)$ та $SA(i+1)$ відповідно. Таким чином, в подальшому в роботі використовується архітектурно-центрований підхід до вивчення процесів розробки складних ІУС.

У відповідності з цим, у *другому підрозділі*, з метою створення можливостей для автоматизації процесів побудови проблемно-орієнтованих СА, які відповідають наперед заданим СВ, з позицій прикладного системного аналізу розглянуті деякі найбільш відомі визначення поняття СА, і в якості найбільш адекватного уявлення про цю абстракцію запропоновано багатоаспектне визначення СА, яке може бути отримано шляхом розвитку так званої архітектурної моделі “4+1” проєкції за Ф. Крухтенем (Ph. Kruchten). Ця модель наведена на рис. 3, і вона розглядає процес побудови та розвитку СА в 4-х основних інформаційних проєкціях, які відповідно описують: (P1) - структурну організацію системи, (P2) - динаміку процесів обробки даних і підтримки інтерфейсів системи, (P3) - середовище її розробки та функціонування; (P4) – апаратну платформу та інші ресурси процесу розробки, і ще одну додаткову проєкцію, а саме: (P5) - сценарії використання системи.

Елементи множин X , R і Z також належать до універсуму Ω , який запропоновано до розгляду раніше, при визначенні відповідних множин у виразах (1)-(2). Тоді множина архітектурних варіантів SA , що входить до виразу (2), може бути формально визначена як підмножина декартового добутку.

Вираз (4) повністю визначає інформаційний базис для процесів побудови СА, але не дозволяє зробити будь-яких висновків стосовно механізмів їх реалізації. Для цього в роботі розглянуті такі абстракції процесу проектування ІУС як *еталонні системні архітектури* (ЕСА) та шаблони проектування або *проектні патерни* (ПП), наведені визначення цих понять, запропоновані структурні схеми, що пояснюють концепції їх побудови, а також розроблені відповідні формалізовані методи: (а) - метод синтезу нової ЕСА, (б) - метод застосування існуючої ЕСА для створення нових проблемно-орієнтованих СА та (в) - метод побудови каталогу ПП.

У подібний спосіб в роботі також детально структуровані зазначені вище методи (б) і (в), застосування яких разом з методом (а) дозволяє алгоритмізувати процеси побудови ЕСА та ПП у визначеній ПрО. Сукупність операторів, що є визначеними в цих методах, повинна розглядатися як підмножина елементів множини DP у виразі (1) і у такий спосіб можлива подальша деталізація цього формального об'єкту, який належить до загального визначення ІМТІ.

У відповідності з виразами (1)-(2), необхідною структурною складовою запропонованого ІМТІ є також формальний об'єкт EM , або множина моделей оцінки різних характеристик якості ПР, що розробляються в процесі побудови ІУС. Саме тому у *третьому підрозділі*, розглядається проблема розробки комплексу моделей оцінки ефективності функціонування ПЗ складних ІУС. Проаналізовані деякі існуючі підходи, які використовують аналітичні моделі функціонування ПЗ систем типу "клієнт-сервер" і побудовані здебільшого з використанням засобів теорії масового обслуговування, та відзначено, що вони не в повній мірі враховують структурні особливості побудови та динаміку функціонування сучасних КПР, що розробляються на основі об'єктних технологій MS COM/DCOM і CORBA, які стали де-факто індустріальними стандартами в сфері розробки ПЗ. Для усунення цих недоліків запропоновано багаторівневий композиційний підхід до моделювання КПР, основна ідея якого полягає в тому, щоб розглядати відповідні процеси в вигляді ієрархічної схеми, в якій визначені 4 рівня абстракції моделювання, а саме:

(I) - доменне моделювання: на цьому рівні виконується змістовний аналіз ПрО розробки та застосування КПР та визначаються основні об'єкти моделювання, їх характеристичні властивості та типи зв'язків між ними;

(II) - моделювання основних схем взаємодії компонентів: на цьому рівні аналізу КПР розглядаються основні апаратно-програмні конфігурації, які повинні бути досліджені для оцінки відповідних характеристик функціонування КПР, таких, як, наприклад, їх *продуктивність* (performance) і *надійність* (reliability);

(III) - моделювання функціональності окремих базових компонентів: на цьому рівні деталізації КПР розробляються моделі функціонування їх компонентів, як суто програмних об'єктів (системних сервісів, типових додатків, модулів тощо) так і апаратних складових КПР: каналів передачі даних різних типів, портів зв'язку і таке інше;

(IV) - моделювання внутрішньо компонентних процесів в структурі окремих складових КПР: на цьому рівні абстракції структури досліджуваного ПЗ повинні бути проаналізовані такі характеристики сучасних програмних рішень як багатопоточні обчислення, різноманітні механізми керування ресурсами пам'яті (буферизація, хешування тощо), альтернативні схеми реалізації здійснення транзакцій (синхронний / асинхронний режими) і таке інше.

В роботі кожен клас моделей з виразу (5) визначається в теоретико-множинному вигляді, і для кожного рівня абстракції пропонуються адекватні структура, нотація та механізм реалізації

відповідного типу моделей. Так, наприклад, для множини моделей базових компонентів $M^{(Com)}$ адекватною нотацією слід вважати діаграми дій (activity diagram) в нотації мови UML, оскільки саме цей тип діаграм дозволяє ефективно відобразити таку вельми суттєву особливість побудови більшості реальних КПП як паралельні (concurrent) процеси. Тому в остаточному підсумку модельний механізм цього рівня для КПП може бути поданий у вигляді кортежу $M^{(Com)} = \langle C, F, A \rangle$.

На підставі побудованих таким чином діаграм дій можуть бути розроблені адекватні імітаційні та метричні моделі, які дозволяють дослідити динаміку функціонування окремих компонентів (об'єктів), що входять до складу КПП. Результатом аналізу та моделювання КПП за допомогою запропонованої багаторівневої композиційної схеми є експериментально отримані функціональні залежності, які дозволяють робити висновки щодо впливу окремих типів їх компонентів на загальні показники продуктивності на надійності відповідної ІУС.

Четвертий підрозділ другого розділу роботи присвячено висвітленню питань реінжинірингу так званих *успадкованих* інформаційних систем (УІС), наявність яких у складі інформаційної інфраструктури переважної більшості підприємств і організацій є критично-важливим чинником, що має бути врахованим на концептуально-модельному рівні при проектуванні нових корпоративних ІУС. На підставі аналізу останніх публікацій по цим проблемам в вітчизняній і закордонній літературі зроблено мотивований висновок, що наразі намітилася тенденція розглядати проблеми реінжинірингу не тільки (і не стільки) як задачі *внесення змін* у вже існуючі системи, оскільки ці підходи, в цілому, вже є досить добре розробленими як на концептуальному рівні, так і в інструментальному плані. Значно більшою мірою це є проблеми розробки таких методів проектування та супроводження нових ІУС, які б забезпечили їх здатність до еволюції в процесі експлуатації та підвищили такі їх властивості як стійкість та “виживаність” в умовах безперервних змін в середовищі їх функціонування. Зазначено, що саме поява методів адаптивного проектування в значній мірі вирішує наявні проблеми проведення короткострокового реінжинірингу відносно невеликих УІС, але при цьому залишаються актуальними питання концептуального осмислення проблем довгострокового або *перспективного* реінжинірингу складних систем, а також розробки експертного механізму оцінки необхідності або доцільності проведення такого реінжинірингу для певної УІС.

Показано, що існує 5 основних характерних особливостей УІС, які виступають певними чинниками ризику як у випадку збереження такої системи в експлуатації, так і за умови її повної заміни на нову. Використовуючи вище названі критерії, розроблено метод експертної оцінки стану УІС, що передбачає побудову узагальненої системи координат, у якій може бути розглянута та чи інша УІС. При цьому по осі ординат розглядається визначена експертним

шляхом степенів важливості (*Importance - I*) цієї УІС для підтримки виробничих процесів в наявній організації, а по осі абсцис - показник якості (*Quality - Q*) функціонування системи, обидва ці параметри подаються в процентному виразі. Тоді всю координатну площину можна розбити на 4 квадранти, які окреслені наступними парами значень відповідних лінгвістичних змінних: I квадрант – “Важливість системи незначна” і “Якість системи низька”; II квадрант – “Важливість системи незначна” і “Якість системи висока”; III квадрант – “Важливість системи значна” і “Якість системи висока”; IV квадрант – “Важливість системи значна” і “Якість системи низька”. Розроблено методику побудови такої системи координат і розглянуто варіанти розподілу в її 4-х квадрантах підмножини точок $\{LS_i\}$ ($i=[1,m]$), що відповідають кільком різним УІС. При знаходженні точки в II-й квадранті, УІС знаходиться в “стані очікування” і її реінжиніринг на даний момент не потрібен. Положення точки в III-му квадранті, відповідає ситуації, коли УІС може бути ефективно використовуватися й надалі. І, нарешті, влучення точки, що відображає досліджувану ІУС, в IV-й квадрант, означає наявну необхідність проведення її реінжинірингу. Таким чином, система нерівностей (7)-(10) дозволяє формалізувати процедуру визначення експертної оцінки перспективи необхідності та доцільності проведення реінжинірингу УІС.

Зважаючи на структурну складність та семантичну взаємопов’язаність компонентів ІМТІ, що входять до формального виразу (2), у *н’ятому підрозділі* другого розділу роботи запропоновано метафору багатовимірного інформаційного метастору (БІМП), яка дозволяє інтегрувати гетерогенні інформаційні та алгоритмічні ресурси, що є необхідними для підтримки процесів АППР. Для цього досліджені деякі існуючі моделі інформаційних просторів (ІП), введено їх узагальнену класифікацію, що поділяє їх на структурно-графічні та логіко-алгебраїчні моделі ІП, та показано як певні переваги так і досить суттєві недоліки обох цих підходів. На відміну від розглянутих ІП, запропоновано структурувати БІМП як семіотичну систему, що має бути побудова на знання-орієнтованих методах обробки даних. При цьому концептуально БІМП пропонується розглядати як функціональну композицію 4-х локальних ІП, що динамічно змінюються в часі, а саме: 1) *ІП1* – простір побудови варіантів СА; 2) *ІП2* – простір оцінки станів СВ; 3) *ІП3* – простір методів пошуку ПР; 4) *ІП4* - простір моделей оцінки ПР.

У **третьому розділі** роботи представлено розроблений комплекс інформаційних моделей, процедур управління станами СВ та алгоритмів пошуку ПР в БІМП. Структуру ІП *ІП1*, у відповідності з формальним виразом (4), визначено за допомогою 5 локальних онтологічних специфікацій у вигляді (3), які в концептуальному плані відображають множину доменних моделей *DM* у виразах (1)-(2). Ці специфікації визначають всі основні класи об’єктів як ІУС, що розробляється, так і самого середовища її розробки (це об’єкти, що належать раніше визначеному універсуму Ω), а також причинно-наслідкові зв’язки між ними (це відношення, які визначені в сигнатурі Σ). Приклад однієї з цих проєкцій - проєкції топології ТП (або будь-якого

бізнес-процесу), яка позначена як TPT (Technological Process Topology), наведено на рис. 7, у вигляді відповідної діаграми класів в нотації мови UML, а саме: агрегована сукупність класів “ІУС – Підсистема ІУС - Технологічний Процес – Технічний Пристрій” визначає головні суттєвості цієї проєкції, а клас “Технічний Пристрій” є асоційованим з підкласами: “Режим Роботи – Системна Подія – Параметр”. У подібний спосіб визначені і інші проєкції простору Π_1 : проєкція конфігурації ПЗ та ресурсів даних (Software and Data Description - SDS), проєкція визначення інформаційних профілів користувачів (User Information Profile - UIP), проєкція опису системних протиріч (System Conflicts Description - SCD), проєкція специфікацій типових рішень проблемних ситуацій (Problem Solution Patterns – PSP).

Особливу роль в просторі Π_1 відіграє проєкція опису типових рішень проблемних ситуацій - проєкція PSP, в якій фіксуються всі системні протиріччя та відповідні їм проєктні рішення, за допомогою яких вони можуть бути усунені в процесі розробки ІУС. Ці поняття є семантично взаємопов’язаними також з поняттям системної вимоги до ІУС, що розробляється (модифікується) і в контексті цієї роботи вони визначаються у такій спосіб.

Означення 1. *Системним протиріччям* (СП) називається будь-яка подія в процесі розробки ІУС, в результаті настання якої виникає необхідність виконання певної *системної вимоги* (або їх сукупності), які зафіксовані в специфікації проєкту системи.

Означення 2. *Системною вимогою* (СВ) називається певна технічна характеристика ІУС, яка зафіксована в специфікації проєкту і яка повинна бути виконана в кінцевій версії системи у вигляді відповідного *проєктного рішення*.

Означення 3. *Проєктне рішення* (ПР) представляє собою деякий артефакт (алгоритм, програму, схему даних, візуальний інтерфейс користувача тощо), який створюється в процесі розробки системи і реалізація якого забезпечує виконання однієї або декількох СВ.

Означення 4. Якщо деяка ОСВ a_c знаходиться в області *ефективних значень*, тобто: $a_c \in A^{(1)}$, то використовуючи її специфікацію в термінах критеріїв $K1, K2, K3$, *цілком можливо* виконувати проєктні процедури та отримувати при цьому ефективні ПР.

Означення 5. Якщо деяка ОСВ a_c знаходиться в області *припустимих значень*, тобто: $a_c \in A^{(2)}$, то використовуючи її специфікацію в термінах критеріїв $K1, K2, K3$ *вже можливо* виконувати проєктні процедури та отримувати при цьому достатньо ефективні ПР, або такі ПР, які будуть мати степінь ефективності, *не нижче певної заданої*.

При цих припущеннях в роботі сформульована загальна проблема знаходження положення оцінки довільної СВ у просторі станів СВ як сукупність двох наступних задач:

Задача 1. Розробити механізм порівняння нечітких інтервалів, які задані граничними точками a_1, a_2, a_3, a_4 у підпросторі $A \subset \Pi_2$.

Задача 2. Побудувати ФН для нової ЛЗ, яка має наступне визначення: $\langle \beta =$ “Оцінка поточного стану СВ”; $T=$ “НЕВИЗНАЧЕНА”, “СЛАБО ВИЗНАЧЕНА”, “ЕФЕКТИВНА”, “ПРИПУСТИМА” \rangle ; $X = [0,1]$.

Для вирішення першої з цих задач в роботі запропоновано метод упорядкування нечітких значень множини ОСВ у підпросторі $A \subset \Pi 2$, при цьому для узагальнення ситуації робиться припущення відносно того, що критерії $K1, K2, K3$ можуть мати відповідні нечіткі коефіцієнти ваги, які задані також за допомогою наступної ЛЗ: $\langle \beta =$ “Важливість критерію ОСВ”; $T=$ “НЕ ДУЖЕ ВАЖЛИВИЙ”, “ДОСИТЬ ВАЖЛИВИЙ”, “ВАЖЛИВИЙ”, “ДУЖЕ ВАЖЛИВИЙ” \rangle ; $X = [0,1]$, а відповідна ФН є трапецеподібною. В роботі на підставі цього знаходяться інтегральні значення ОСВ по критеріям $K1, K2, K3$ у граничних точках a_1, a_2, a_3, a_4 , а також у точці $a_c^{(k)}$ $k = \overline{1,3}$ яка відповідає деякому довільному значенню ОСВ. Після того як інтегральні оцінки a_i^Σ отримані, необхідно порівняти альтернативні значення ОСВ на їх основі, для чого у розгляд вводиться нова нечітка множина I , що є визначеною на множині альтернатив і значення відповідної ФН інтерпретується як ступінь того, наскільки ОСВ у точці a_i є кращою, ніж ОСВ у точці a_4 і дорівнює ординаті точки перетинання графіків відповідних ФН.

Друга з поставлених задач також вирішується на основі цих результатів, тому що отримані таким чином значення μ_i характеризують відстань поточної ОСВ $a_c^{(k)}$ від того її стану, коли відповідна ОСВ є невизначеною (це область $A^{(0)}$ на рис. 9). Таким чином, значення μ_i визначають розташування граничних точок a_1, a_2, a_3, a_4 на універсумі X для нової ЛЗ “Оцінка поточного стану СВ”, а значення $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$ є опорними параметрами для побудови її ФН, яка є сукупною по відношенню до ФН відповідних ЛЗ, що характеризують окремі критерії $K1, K2, K3$. Для цієї нової ФН на підставі відповідних евристик в роботі запропонована П-образна залежність, графік якої наведено на рис. 11. *Простір ПЗ* є структурованим у вигляді 3-х мірної системи логічно-ортогональних інформаційних проекцій, а саме: “*Конструкційні (системні) параметри*” - це упорядкована множина значень технічних характеристик $K = \{k_1, k_2, k_3, \dots, k_n\}$, які мають бути забезпечені в системі, що розробляється, і які можуть бути отримані шляхом дефазифікації нечіткої інформації про стан відповідних СВ, визначених раніше у просторі $\Pi 2$; “*Методи рішень*” - це упорядкована множина $P = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_k\}$ певних методів пошуку ПР, які можуть бути застосованими для забезпечення потрібних значень $k_i \in K$; “*Проектні рішення*” - це сукупність артефактів процесу розробки системи (тобто будь-які проектні документи, моделі, специфікації, програмні модулі тощо), ця множина позначається як $S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_p\}$. Тоді простір $\Pi 3$ є підмножиною декартового добутку цих множин: $\Pi 3 \subseteq K \times P \times S$ і для кожного параметру

$k_i \in K$ може бути побудована його траєкторія розвитку, яка є підмножиною певних ПР $s_j \in S$, що можуть бути отримані за допомогою різних проектних процедур $p_j \in P$.

Структура простору *П4* представляє собою набір кластерів, які містять підмножини моделей оцінки різних ПР для ІУС, що розробляється і які в формалізованому вигляді подаються як:

$П4 \Rightarrow \bigcup_{i=1}^n K_i$, і $K_i \subseteq L^{(A)} \times M^{(T)} \times F^{(S)}$, де K_i - кластер моделей, що побудовані для оцінки характеристик і-го ПР, $L^{(A)}$ - множина рівней абстракції, на яких при цьому розглядається ПР, $M^{(T)}$ - множина можливих типів моделей; $F^{(S)}$ - множина характеристик ПР, які підлягають оцінці (наприклад, продуктивність, надійність та деякі інші). На підставі цих структурних визначень з використанням нотації мови опису знання-орієнтованих процедур вирішення слабо формалізованих проблем UPML (*Uniform Problem-solving Methods Language*), в роботі etailно розроблена проблемно-незалежна процедура ітераційного пошуку та оцінки ПР у просторах *П3* – *П4*.

Після того, як усі локальні ПП, що входять до складу БІМП, а саме: простори *П1*, *П2*, *П3* і *П4*, наділені певною структурою та відповідним алгоритмічним наповненням, необхідно визначити динаміку їх взаємодії в загальному процесі розробки та реінжинірингу складної ІУС. Схема на рис. 12 показує наочну геометричну інтерпретацію функціональної композиції всіх чотирьох локальних ПП, що належать до складу БІМП. З метою інтеграції їх процедурних механізми та ресурсів даних, запропоновано *технологію макро-проекування* архітектури ІУС, що включає в себе такі наступні етапи.

Етап 1. У просторі *П1* в деякий момент часу t фіксується поточний варіант СА і для нього визначається множина системних протиріч $C = c_i$, $i = \overline{1, n}$, і далі: якщо ця множина не є пустою: $C \neq \emptyset$, то виконується етап 2; інакше: перехід до етапу 5.

Етап 2. У просторі *П2* кожен елемент множини $c_i \in C$ визначається у вигляді нечіткого опису відповідної СВ в термінах критеріїв $K1, K2, K3$ і методами, що є доступними в *П2*, виконується оцінка положення альтернативної оцінки стану СВ $a_k^{(i)}$, $k = \overline{1, m}$ відносно області допустимих альтернатив $A^{(2)}$ і далі: якщо $a_k^{(i)} \in A^{(2)}$, то виконується етап 3; інакше: повторити етап 2.

Етап 3. У просторі *П3* для отриманого раніше нечіткого опису СВ виконується процедура дефазифікації (наприклад, з використанням методу центра тяжіння), і таким чином визначається значення потрібного конструкційного параметра $t_k^{(i)} = defuzzy \left(a_k^{(i)} \right)$ і його відповідний контекст (обмеження). На підставі цього в просторі *П3* обирається певний метод рішення и робиться спроба

знайти множину відповідних ПР $S = s_j, j = \overline{1, l}$ і далі: якщо множина ПР не є пустою: $S \neq \emptyset$, то виконується етап 4, інакше: повернення на етап 2.

Етап 4. У просторі PA для кожного з елементів множини S виконується процедура оцінки ПР за їх характеристиками (продуктивність, надійність тощо) за допомогою однієї або кількох моделей оцінки і потім: якщо ефективне ПР знайдено, то виконується етап 5, інакше: перехід на етап 3.

Етап 5. Виконується документування отриманого варіанту СА і якщо він задовольняє всіх учасників процесу проектування (що визначається шляхом оцінки цього варіанту за критерієм “Міра погодженості” на множині відповідних СВ), і якщо також при цьому є виконаними інші критерії (або обмеження) проекту: ресурсні, за часом виконання и т. ін. (див., відповідно, вираз (1)), то процес проектування даної системи закінчується, інакше повторюються етапи 1-4.

В останньому підрозділі третього розділу висвітлені питання систематизованої розробки уніфікованих ПР, необхідних для побудови СА багаторівневої розподіленої ІУС (БРІУС), яка має відповідати ознакам (O1)-(O7), сформульованим в розділі 1. Для цього на основі використання методів синтезу та застосування ЕСА та процедури побудови ПП, що були розглянуті в розділі 2, а також за допомогою запропонованої технології макро-проектування, розроблено каталог ПП (КПП) архітектурних шаблонів.

Використання формалізму (12) у якості проектного макро-шаблону забезпечує можливість створення програмної архітектури БРІУС з вказаними вище властивостями.

Четвертий розділ роботи висвітлює питання створення інструментального середовища моделювання (ICM), що дозволяє в інтерактивному режимі будувати та досліджувати різноманітні модельні схеми для вивчення характеристик КПП у складі ІУС. Його необхідність зумовлена тим, що, по-перше, механізми взаємодії в таких компонентних середовищах як MS DCOM (Distributed Common Object Model) або CORBA (Common Object Request Broker Architecture) є слабо формалізованими процесами, при дослідженні яких необхідно враховувати велику кількість різноманітних чинників і критеріїв. По-друге, в реальних умовах експлуатації ІУС проведення будь-яких експериментів вельми ускладнено, а досить часто і просто неможливо, тому що такі системи, як правило, працюють у безперервному робочому циклі і їх навіть незначна зупинка або переведення в режим тестування загрожують виникненням аварійних ситуацій або ведуть до значних економічних втрат.

Запропоноване ICM може бути застосованим для дослідження продуктивності КПП як в ІУС, що ще тільки розробляються, так і для тих, що вже знаходяться в експлуатації та мають бути досліджені для визначення можливостей проведення їх реінжинірингу. Для вирішення цих двох типів задач архітектура ICM побудована з урахуванням необхідності його інтеграції з усіма основними функціональними блоками реальної типової SCADA-системи, до яких належать: блок КПЛ, що забезпечують накопичення та передачу даних від зовнішніх технічних пристроїв; СОД і

БД ретроспективної інформації; канали передачі даних; робочі термінали для візуалізації даних щодо контролю та управління ТП.

У п'ятому розділі розглянуті питання оцінки ефективності розроблених архітектурних і програмних рішень, а саме, такі їх характеристики, як продуктивність і надійність, для чого використано апарат імітаційних і метричних моделей. На основі запропонованого в розділі 2 композиційного багаторівневого підходу для побудови колекції базових імітаційних моделей (ІМ) і визначення основних модельних схем їх взаємодії було проведено змістовний аналіз особливостей функціонування та технології реалізації типових КПП у складі БРІУС і розроблено відповідну методика їх моделювання. Запропонована методика удосконалює традиційний підхід до створення ІМ, який передбачає визначення функціональних дій та основних змінних ІМ, за рахунок побудови розгорнутих діаграм кооперації для відповідних КПП засобами мови UML, що дозволяє адекватно врахувати подійно-орієнтований характер їх функціонування (на рис. 14 наведено приклад однієї з таких діаграм). Розроблені за допомогою цієї методики ІМ дають можливість отримати функціональні залежності середнього часу відгуку (t_{cp}) та коефіцієнту стабільності (p) від таких параметрів, як кількість КПЛ та кількість клієнтських додатків у різних конфігураціях КПП, приклади яких наведені на рис.15. Вони дозволяють робити оцінку продуктивності та надійності як тих КПП, що ще тільки ще розробляються, так і тих, що вже знаходяться в експлуатації. Для вивчення характеристик продуктивності складних КПП, що, зокрема, реалізують бізнес-логіку додатків, працюючих з КПЛ, колекція ІМ доповнюється сукупністю метричних моделей (ММ). У відповідності до виразу (6) кожна з ММ формалізовано може бути представлена як $M^{(Ins)} = \langle C, B, \Gamma \rangle$, де: C – множина КПП, B – множина функціональних блоків (ФБ), що входять до складу КПП, Γ – множина графів виконання ФБ. Механізм ММ дозволяє кількісно оцінити системні ресурси, зокрема, час роботи центрального процесора, що є необхідними для функціонування того чи іншого КПП. Результатом застосування однієї з таких ММ, є аналітичний вираз для оцінки часу обробки даних в СОД, який має вигляд $\dot{O} = (t_{\delta\zeta} + \text{MAX}(t_{\zeta\delta\bar{r}}; t_{\bar{r}\zeta\bar{e}}; t_{\bar{r}\delta\bar{a}}) + t_{\bar{r}}) * n$, де $t_{\zeta\delta}$ – час, необхідний для формування даних запиту в СОД; $t_{\zeta\delta\bar{r}}$ – час передачі запиту до КПЛ по каналу зв'язку; $t_{\bar{r}\zeta\bar{e}}$ – час обробки запиту програмними засобами КПЛ; $t_{\bar{r}\delta\bar{a}}$ – час, необхідний для передачі відгуку по каналу; $t_{\bar{r}}$ – час обробки даних відгуку в СОД, n – частота формування запитів в СОД.

У шостому розділі представлені результати впровадження розроблених архітектурних і програмних рішень у складі ІУС на об'єктах ГПУ “Харківгазвидобування” в період 2002 – 2004 р.р. (на рис.16 схематично показано фрагмент топології регіональної системи та приклади графічних інтерфейсів її користувачів). Слід зазначити достатньо високу складність та багатовимірність тих реальних процесів обробки даних, для забезпечення яких були використані ці рішення: число

параметрів опису ТП (аналогових і дискретних) має порядок 10^2 - 10^3 ; число одночасно працюючих контролерів: 10-15 одиниць; розмір пакетів телеметричних даних: в межах від 200 до 300 байтів; а також порядок частоти обміну даними в системі: це інтервали часу близько 400 мс. Представлено уніфіковану Web-базовану систему SCADA, яка була реалізована для вирішення цих задач із застосуванням розроблених ПР. Її перевагами є наступні чинники: 1) компонентна структура; 2) високий рівень масштабованості архітектури; 3) можливість швидкої адаптації як до нових типів контролерів і форматів протоколу обміну даними, так і при появі в системі нових типів клієнтських додатків.

Аналіз результатів впровадження дозволив зробити висновки, що при цьому були отримані: позитивний проектний ефект у вигляді скорочення термінів розробки та вартості всієї системи на 35-40 %, за рахунок використання уніфікованих КПП; позитивний технологічний та соціальний ефекти, що досягнуто шляхом підвищення оперативності та надійності керування відповідними ТП; покращення умов праці операторів АСУ ТП і що, як наслідок, забезпечує зниження ймовірності можливих втрат об'ємів видобування та переробки нафти та природного газу на цих об'єктах.

У **Додатках** наведено документи, що підтверджують практичне застосування основних теоретичних результатів, отриманих в дисертаційній роботі, а також опис найбільш суттєвих фрагментів розробленого алгоритмічного, інформаційного та програмного забезпечення.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі поставлено, досліджено та вирішено комплекс наукових і прикладних задач, що забезпечує можливість застосування їх для розв'язання актуальної науково-технічної проблеми: *створення концепції, моделей і методів та відповідного інтегрованого модельно-технологічного інструментарію для підвищення ефективності процесів розробки та реінжинірингу складних ІУС*, а також практичне впровадження цих підходів на об'єктах газотранспортної та нафтогазовидобувної галузей ПЕК України.

Основні наукові результати дисертаційної роботи полягають у наступному:

1. Проаналізовані актуальні тенденції в сфері розробки ІТ і ПЗ і визначені основні фактори впливу та якісні критерії ефективності процесів розробки та реінжинірингу ІУС, досліджені характерні особливості побудови та функціонування цих систем.

2. З позицій міждисциплінарного підходу визначені методологічні принципи розробки моделей, методів і процедур АППР складних ІУС і показано їх гносеологічний зв'язок з такими напрямками досліджень в сучасній інформатиці як розвиток методів прикладного системного аналізу та рішення проблем технологічного передбачення. На підставі порівняльного аналізу змістовних аспектів компонентних моделей ЖЦ розробки ПЗ і структурних схем побудови

адаптивних СУ отримана формалізована модель основних процесів АППР, яка дозволяє розглядати їх як схему функціонування адаптивної СУ з моделлю знань у її контурі зворотного зв'язку.

3. Розроблена та досліджена знання-орієнтована модель БІМП для моделювання процесів АППР складних ІУС, яка є функціональною композицією інформаційних та алгоритмічних ресурсів проектування, що еволюціонують у часі. В складі БІМП визначені чотири локальних інформаційних просторів (ІП): 1) ІП моделювання системної архітектури - простір *ІП1*; 2) ІП станів системних вимог (СВ) - простір *ІП2*; 3) ІП пошуку проектних рішень (ІПР) - простір *ІП3*; 4) ІП моделей оцінки ІПР - простір *ІП4*.

4. Для структуризації простору *ІП1* розроблено семантичну модель даних у вигляді сукупності 5 локальних онтологічних специфікацій, які визначають усі основні типові об'єкти ІУС і середовища її проектування, а також зв'язки між ними.

5. Для структуризації простору *ІП2* запропоновано систему критеріїв оцінки стану СВ у процесі проектування складних ІУС, що є інваріантною по відношенню до будь-якої предметної області. З застосуванням апарату нечіткої логіки та лінгвістичних змінних розроблено метод експертної оцінки станів СВ у процедурах підтримки прийняття рішень у процесах проектування, супроводу та реінжинірингу складних ІУС.

6. За допомогою нотації уніфікованої мови опису знання-орієнтованих методів рішення слабо формалізованих задач UPML (Uniform Problem-solving Methods Language) розроблено проблемно-незалежну процедуру пошуку та оцінки ІПР у просторі *ІП3*.

7. Для структуризації простору *ІП4* запропоновано багаторівневий композиційний підхід до моделювання КІПР у складі ІУС, що дозволяє розробляти кластери моделей оцінки різних характеристик їх функціонування.

8. Побудовано загальну схему функціонування композиції моделей і процедур в просторах *ІП1-ІП4* і розроблено технологію макро-проектування архітектури ІУС.

9. Розроблено формалізовані методи побудови та застосування ЕСА та уніфікованих проектних шаблонів, що дозволяє отримувати на їх основі КІПР, які можуть бути використані багаторазово для побудови багаторівневих розподілених ІУС.

10. Розроблені методики та відповідне інструментальне середовище для дослідження КІПР, за їх допомогою проведені численні експерименти, оброблена зібрана статистика та побудовані імітаційні та метричні моделі, які дозволяють отримувати достовірну оцінку продуктивності та надійності КІПР, що працюють в реальному масштабі часу та під різними обчислювальними навантаженнями.

11. Практичне значення результатів дисертаційної роботи підтверджено актами про впровадження перспективних Web-базованих систем SCADA на ряді нафтогазовидобуваючих підприємств у Харківській області (при цьому отримано позитивний проектний ефект в вигляді

скорочення коштів на їх розробку до 35-40% за рахунок застосування уніфікованих КПП), а також довідкою про використання розроблених науково-методичних положень у навчальному процесі кафедри АСУ НТУ “ХПІ”.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Архитектуры, модели и технологии программного обеспечения информационно-управляющих систем / Н.В. Ткачук, В.А. Шеховцов, Д.В. Кукленко, В.Е. Сокол / Под ред. М.Д. Годлевского. – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2005. - 546 с.

Здобувачеві належать перша та друга глави монографії (загальним обсягом 175 сторінок).

2. Tkachuk N.V., Habboush A.Kh., Popov S.V., Dudko P.G. Object - oriented structural model and program package for distributed control system of air cooling facility on gas-compressor station // Вісник Харківського державного політехнічного університету. – Харків: ХДПУ. - 1999. - Вип. 73.- С. 3-7.

Здобувачем розроблена логіко-лінгвістична модель управління програмним пакетом у складі АСУ ТП газокompресорної станції (ГКС).

3. Ткачук Н.В. Актуальные проблемы реинжиниринга унаследованных информационно-управляющих систем // Вісник Харківського державного політехнічного університету. – Харків: ХДПУ. - 2000. - Вип. 121. - С. 6-11.

4. Хабуш А., Ткачук Н.В., Исмаилов Р. Применение Web – технологии в информационно-управляющей системе газокompресорной станции магистрального газопровода // Вісник Харківського державного політехнічного університету. – Харків: ХДПУ. - 2000. - Вип. 102. - С. 113-117.

Здобувачем розроблена функціональна схема інтеграції Web-підсистеми відображення інформації в структуру САУ цеха ГКС.

5. Кукленко Д.В., Ткачук Н.В. Ретроспективная база данных в АСУ ТП: концепция и опыт реализации. // Вісник Харківського державного політехнічного університету. – Харків: ХДПУ. - 2001. - Вип. 8. - С. 62-68.

Здобувачеві належить постановка задачі реінжинірингу визначеного класу успадкованих ІУС на об'єктах газовидобувної галузі.

6. Tkachuk M.V., Suchanov E.O., Gugva S.V. Web - based System for Staff Training on High Technological Objects. // Високі технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2001. - Вип. 1(4). - С. 266-271.

Здобувачем розроблена модель уніфікованої програмної архітектури для автоматизованої підсистеми тренінгу технічного персоналу ІУС.

7. Tkachuk M.V. Object-Oriented Modeling Toolkit and Technological Framework for Legacy Information Systems Reengineering // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". - Харків: НТУ "ХПІ". - № 22. - 2001. - С.119-126.

8. Tkachuk M. V., Mayr H.C., Kuklenko D.V., Shchekotykhin K. M. Web-Based Information Systems for Technological Process Control: Architectural Framework and Software Solutions // Проблемы программирования. - К.: НАН України. – 2002. - № 1-2. - с. 317 – 325.

Здобувачем запропоновано перелік основних характерних ознак сучасних ІУС та модель еталонної програмної архітектури таких систем.

9. Ткачук Н.В., Овасапов С.В., Храпач Ю.Н., Щекотихин К.Н. Разработка архитектуры региональной Web – базированной АСУ ТП для объектов газопромыслового управления “Харьковгаздобыча” // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". - Харків: НТУ "ХПІ". - № 9, т. 6. - 2002. - С.51-60.

Здобувачем розроблений каталог шаблонів для побудови ЕСА розподіленої ІУС.

10. Mayr H.C., Sokol V.Ye., Tkachuk M.V. Reference Software Architectures in Web-based E-Commerce Systems // Високі технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ “ХПІ”. - 2002. – Вип. 1(5) – С. 199 – 205.

Здобувачем визначено формалізоване поняття еталонної програмної архітектури ІУС.

11. Ткачук Н.В., Кукленко Д.В. Применение концепции SCADA-систем для интеллектуального реинжиниринга данных в АСУ ТП // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – Харьков: ХНУРЭ. – 2002. - Вып. 121. - С.129-136.

Здобувачеві належить типова схема функціональності перспективної SCADA-системи.

12. Ткачук Н.В. Концепция интегрированной среды реинжиниринга сложных информационно-управляющих систем // Проблемы управления и информатики. - К.: НАН України. – 2003. - №1. - С. 74-83.

13. Ткачук Н.В. Перспективная архитектура и информационные технологии для разработки Internet-базированных ИУС // УСИМ.- К.: НАН України. - 2003.- № 3. С. 77-83.

14. Ткачук Н.В. Интеграция данных в многоуровневых WEB-SCADA системах: доменная модель и технология реализации // Вісник Національного технічного університету "ХПІ" - Харків: НТУ "ХПІ". – 2003. - № 7, т.2. – С.83-92.

15. Ткачук Н.В. Архитектура программных сервисов синхронизации данных в распределенной многоуровневой WEB-SCADA системе // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. - Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є Жуковського “Харківський авіаційний інститут”. - 2003. - № 2. - С. 75-81.

16. Ткачук Н.В. Об одном подходе к защите данных в распределенной многоуровневой информационно-управляющей системе // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". - Харків: НТУ "ХПІ". – 2003. - № 6, т.1. – С.43-48.

17. Ткачук Н.В., Завинская Т.И. Модель интегрированного информационного пространства в концепции технологического предвидения развития сложных ИУС // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". - Харків: НТУ "ХПІ". – 2003. - № 2, – С.120-126.

Здобувачем досліджена наявність гносеологічного зв'язку понять АППР і методів прикладного системного аналізу та технологічного передбачення.

18. Ткачук Н.В. Пространственно-траекторный подход к моделированию процессов адаптивной разработки и реинжиниринга сложных информационно-управляющих систем // Радиоэлектроника и информатика. - Харьков: ХНУРЭ. - 2003. - № 4. – С. 93-96.

19. Ткачук М.В., Кукленко Д.В. Про один підхід до побудови архітектури розподіленої обробки даних в інтранет-системах управління технологічними процесами // Системні дослідження та інформаційні технології. - К.: НТУУ "КПІ". – 2003. - № 4. – С. 35-43.

Здобувачем запропонована структурна модель інтеграції ресурсів даних в ІУС.

20. Ткачук Н.В., Земляной А.А., Солощук В.М. Архитектура и технология реализации инструментальной среды моделирования компонентных программных решений в АСУ ТП // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – Харьков: ХНУРЭ. - 2004. - Вып. 126. - С.71-77.

Здобувачеві належить архітектура програмного середовища для моделювання КІР.

21. Ткачук Н.В., Горелый А.В., Земляной А.А. Комплекс имитационных моделей для исследования компонентных программных решений в ИУС АСУ ТП // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". - Харків: НТУ "ХПІ". – 2004. - № 18. – С.145-152.

Здобувачем розроблена методика побудови комплексу імітаційних моделей КІР.

22. Ткачук М.В., Шеховцов В.А. Уніфіковані програмні сервіси та візуальні інтерфейси в інтранет-системах управління технологічними процесами // Системні дослідження та інформаційні технології. - К.: НТУУ "КПІ". – 2004. - № 1. – С. 47-56.

Здобувачем запропонована уніфікована схема програмних сервісів в SCADA-системі.

23. Tkachuk M., Sokol V., Mayr H.C., Godlevsky M. A Knowledge-based Approach to Traceability and Maintenance of Requirements for Information Systems // Проблемы программирования. - К.: НАН України. - 2004. - № 2-3. - С.370 – 378.

Здобувачеві належить ідея застосування просторово-траекторного підходу до моделювання системних вимог в процесах розробки ІУС.

24. Ткачук Н.В. Модельно-технологический инструментарий для разработки и реинжиниринга сложных информационно-управляющих систем в АСУ ТП // Вестник Севастопольского

государственного технического университета. - Севастополь: СевНТУ - 2005. - Вып. 63. – С.181-191.

25. Ткачук Н.В., Аль-Хассание З. Адаптивные технологии разработки и сопровождения информационно-управляющих систем: современное состояние и перспективы развития // Вісник Національного технічного університету "ХПІ" - Харків: НТУ "ХПІ". № 19. - 2005. - С.125-144.

Здобувачу належить концептуальна схема взаємодії процесів адаптивної розробки та супроводу складних ІУС.

26. Tkachuk M., Kaschek R., Popov S., Habboush A. A Gas - Compressor Station Case Study in Software Re-engineering // ReTIS'2000: 6-th International Conference on Re-Technologies for Information Systems (Preparing to E-Business). - Oesterreichische Computer Gesellschaft. - Band 132. - 2000. - p.p. 142-153.

Здобувачем досліджена програмна архітектура успадкованої ІУС ГКС та запропонована процедура її реінжинірингу.

27. Tkachuk N, Kuklenko D., Ovasapov S. , Shchekotykhin K. Knowledge - based Maintenance Environment for Large Information Handling Systems // Lecture Notes in Informatics (LNI) Proceedings, Series of the German Informatics Society (GI), Volume P-2. Printed in Bonn.–2001, p.p. 139–154.

Здобувачем запропонована модель багатовимірного інформаційного середовища розробки та супроводження складних ІУС.

28. Tkachuk Mykola V., Mayr Heinrich C., Kuklenko Dmytro V., Godlevsky Michail D. Web-based Process Control Systems: Architectural Patterns, Data Models, and Services. // Lecture Notes in Computer Science (LNCS 2510), GI Edition, Springer, Berlin 2002, pp. 721-729.

Здобувач довів ефективність застосування Інтернет-технологій для розробки SCADA-систем та запропонував підхід до побудови каталогу їх проектних шаблонів.

29. Tkachuk N.V., Shekhovtsov V.A., Kuklenko D.V., Mayr H.C. An Approach to Efficient Data Handling in Web-based Process Control Systems // Proceedings of the International Conference on Intelligent Systems and Control, June 26-26 2003, Salzburg, Austria. - ACTA Press 2003, Editor M.H.Hamza. - p.242-247.

Здобувачеві належить схема структурування даних в ІУС на основі стандарту XML.

30. Завінська Т.І., Ткачук М.В., Майер Г. Про один підхід до побудови онтологічних специфікацій у задачах моделювання доменних знань // Управління розвитком. - Харків: - 2004, № 2 (спец. випуск). - С. 81 - 82.

Здобувачем удосконалена методика побудови онтологічних специфікацій для створення лексикографічної моделі обраної предметної області.

31. Kuklenko D., Gamzaev R., Goloborodko V., Tkachuk M. An Approach to Advanced Data Synchronization in Complex Process Control Systems // Lecture Notes in Informatics (LNI) Proceedings, Volume P-48. Printed in Bonn. – 2004. - p.p. 221–227.

Здобувачеві належить методика застосування метричного підходу до оцінки функціонування КПП в складних ІУС.

32. Ткачук Н.В., Кукленко Д.К., Гамзаев Р.А., Сокол В.Е. Многомерное информационное пространство проектирования и сопровождения сложных компьютеризированных систем // Труды VII Міжнар. конф. “Системний аналіз та інформаційні технології.” (САІТ-2005). – К.: НТУУ “КПІ”. - 2005. – С. 219.

Здобувач запропонував концептуальну модель багатовимірного інформаційного простору для адаптивної розробки та супроводження складних інформаційних систем.

АНОТАЦІЇ

Ткачук М.В. Моделі, методи та інформаційні технології адаптивної розробки і реінжинірингу інформаційно-управляючих систем. – Рукопис. Дисертація на здобуття вченого ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології. – Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків, 2006.

В дисертації представлені концепція, моделі та технології адаптивної розробки та перспективного реінжинірингу (АППР) багаторівневих і розподілених інформаційно-управляючих систем (БРІУС). Запропонована концепція уперше дозволяє розглядати процеси АППР як схему функціонування адаптивної системи з моделлю знань у контурі зворотного зв'язку. Розроблена та досліджена модель багатовимірного інформаційного метапростору, що дає можливість розробити нову технологію макро-проекування архітектури БРІУС. Побудована інваріантна по відношенню до конкретної предметної області сукупність критеріїв оцінки стану системних вимог (СВ) і з використанням нечіткої логіки розроблено новий метод визначення експертних оцінок СВ, що суттєво поліпшує ефективність роботи на етапі накопичення та аналізу СВ. Багаторівневий композиційний підхід до моделювання характеристик ПЗ забезпечує побудову комплексу імітаційних та метричних моделей оцінки їх продуктивності, надійності та ін. Створено каталог проектних шаблонів для побудови відкритої еталонної архітектури БРІУС і реалізовані програмні компоненти багаторазового використання для розробки нових і модернізації вже існуючих систем. Запропонований підхід з успіхом застосовано для створення Інтернет-базованих ІУС на ряді нафтогазовидобуваючих підприємств у Харківському регіоні, при цьому отримано позитивний проектний ефект в вигляді скорочення витрат на розробку на 35-40%.

Ключові слова: інформаційно-управляюча система, програмна архітектура, багатовимірний інформаційний простір, нечітка логіка, компонентні технології, імітаційні та метричні моделі.

Ткачук Н.В. Модели, методы и информационные технологии адаптивной разработки и реинжиниринга информационно-управляющих систем. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизированные системы управления и прогрессивные информационные технологии. – Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, Харьков, 2006.

В диссертационной работе представлены концепция, модели, методы и технологии адаптивного проектирования и перспективного реинжиниринга (АППР) сложных, т.е. многоуровневых и распределенных информационно-управляющих систем (ИУС).

Проанализированы современные тенденции в сфере создания информационных технологий и программного обеспечения (ПО) и определены основные факторы влияния и качественные критерии эффективности, которые должны быть учтены при проектировании, сопровождении и реинжиниринге сложных ИУС. С позиций междисциплинарного подхода систематизированы и определены методологические принципы разработки моделей, методов и процедур АППР и показана их гносеологическая связь с такими фундаментальными направлениями исследований в современной информатике как развитие методов прикладного системного анализа и решение проблем технологического предвидения. На этой методологической платформе впервые предложена концепция создания интегрированного модельно-технологического инструментария (ИМТИ) для АППР сложных ИУС. Путем сравнительного анализа содержательных аспектов основных компонентных моделей жизненного цикла разработки ПО и структурных схем построения адаптивных систем управления (СУ) получена формализованная модель основных процессов АППР, позволяющая рассматривать их как схему функционирования адаптивной СУ с моделью знаний в ее контуре обратной связи.

Разработана и исследована знание-ориентированная модель многомерного информационного метaprостранства (МИМП) для моделирования процессов АППР сложных ИУС, представляющая собой функциональную композицию эволюционирующих во времени информационных и алгоритмических (модельных) ресурсов проектирования. В составе МИМП определены четыре локальных информационных пространства (ИП): 1) ИП моделирования вариантов системной архитектуры - пространство *П1*; 2) ИП состояний системных требований (СТ) - пространство *П2*; 3) пространство поиска проектных решений (ПР) - пространство *П3*; 4) пространство моделей оценки ПР - пространство *П4*.

Для структуризации пространства *П1* разработана многомерная семантическая модель данных в виде совокупности 5 доменных онтологических спецификаций, отражающих все основные типовые объекты проектируемой ИУС и среды ее разработки или реинжиниринга, а также причинно-следственные связи между ними, что обеспечивает возможность создания единого информационного базиса ИМТИ.

В пространстве *П2* введена инвариантная по отношению к предметной области система критериев оценки состояния СТ при проектировании ИУС. На основе применения аппарата нечеткой логики и лингвистических переменных разработан метод экспертной оценки состояния СТ как основного информационного ресурса для процедур поддержки принятия решений в процессах разработки и реинжиниринга сложных ИУС. С использованием нотации унифицированного языка описания методов решения слабо формализуемых задач UPML (Uniform Problem-solving Methods Language) разработана проблемно-независимая процедура поиска и оценки ПР в пространстве *П3*.

Для структуризации пространства *П4* предложен многоуровневый композиционный подход к решению задач моделирования характеристик ПО сложных ИУС, позволяющий разрабатывать кластеры моделей оценки различных характеристик их функционирования.

На основе структурированных таким образом пространственно-траекторных моделей локальных ИП предложена наглядная геометрическая интерпретация общей схемы функциональной композиции моделей и процедур МИМП и разработана технология макро-проектирования архитектуры ИУС.

Разработаны также формализованные методы построения и последующего применения эталонных системных архитектур (ЭСА) и унифицированных проектных шаблонов (паттернов проектирования), позволяющие получать повторно-используемые компонентные программные решения (КПР). На основе этого подхода создан каталог проектных шаблонов, позволяющий построить открытую и масштабируемую ЭСА для многоуровневых распределенных ИУС.

Разработаны методики и соответствующая инструментальная среда моделирования для исследования КПР, с их помощью проведены численные эксперименты, обработана собранная таким образом статистика и получены имитационные и метрические модели, позволяющие проводить оценку производительности и надежности сложных КПР при использовании их в реальном масштабе времени и под различной вычислительной нагрузкой.

Предложенный подход с успехом использован для создания Web-базированных ИУС на ряде нефтегазодобывающих предприятий в Харьковском регионе, при этом получен позитивный проектный эффект: в виде сокращения затрат на их разработку на 35-40% за счет применения унифицированных повторно-используемых КПР, а также позитивный технологический и социальный эффекты - за счет повышения оперативности и надежности управления

соответствующими технологическими процессами, улучшения условий труда операторов ИУС, и, в конечном итоге, за счет снижения вероятности возможных потерь при добыче и переработке нефти и природного газа на этих объектах.

Ключевые слова: информационно-управляющая система, программная архитектура, многомерное информационное пространство, нечеткая логика, компонентные технологии, имитационные и метрические модели.

Tkachuk M.V. Models, Methods and Information Technologies for Adaptive Designing and Perspective Reengineering of Information Management Systems. – Manuscript.

Thesis for an academically degree a doctor of technical sciences by the speciality 05.13.06 – Automated Control Systems and Progressive Information Technologies. – National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, 2006.

The new concept, models and technologies for adaptive designing and perspective reengineering (ADPR) of multi-level and distributed information management systems (IMS) are presented in the thesis. This concept considers all ADPR activities as an adaptive control scheme including the knowledge-based model in its feed-back loop. The model of multi-dimensional information meta-space is elaborated, which provides the new technology for macro-designing of IMS architecture. The criteria for estimation of system requirements (SR) invariable regarding any application domain is proposed, and based on fuzzy logic the new method for SR evaluation is elaborated that improves efficiency their analyzing. The complex approach to software modeling provides a collection of simulation and metrics models for performance and reliability. The catalog of design patterns for building scalable system architecture, and the library of reusable software components are implemented, for development of new IMS and for reengineering of legacy systems as well. This approach is used successfully for building of Internet-based IMS on some oil-and gas-production enterprises in Kharkiv region, at that the positive designing effect has been achieved in the form 35-40% of costs reducing.

Key words: information management system, software architecture, multi-dimensional information space, fuzzy logic, component-based technologies, simulation and metric models.