

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

ЄВЛАНОВ МАКСИМ ВІКТОРОВИЧ

УДК 004.03; 681.518:061

МОДЕЛІ, МЕТОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ  
РОЗРОБКИ АРХІТЕКТУРИ СКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
НА ОСНОВІ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВИМОГ

05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук

Харків - 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному університеті радіоелектроніки Міністерства освіти і науки України.

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

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Федорович Олег Євгенович,**  
Національний аерокосмічний університет  
«Харківський авіаційний інститут»  
завідувач кафедри інформаційних  
управляючих систем

доктор технічних наук, професор  
**Тесля Юрій Миколайович,**  
Київський національний університет,  
декан факультету інформаційних  
технологій

доктор технічних наук, професор  
**Мороз Борис Іванович,**  
Університет митної справи та фінансів,  
м. Дніпро, декан технічного факультету

Захист відбудеться "12" квітня 2017 р. о 13.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.08 у Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою: пр. Науки, 14, м. Харків, 61166.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: пр. Науки, 14, м. Харків, 61166.

Автореферат розісланий «10» березня 2017 р.

Учений секретар спеціалізованої вченої ради

І.П.Плісс

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** На цей час результати процесів формування та аналізу вимог до інформаційних систем (ІС) та інформаційних технологій (ІТ), призначених для автоматизації управління підприємствами та організаціями, є найважливішим з факторів, що визначають успіх чи невдачу виконання всіх подальших робіт з проектування та розробки забезпечуючих частин, впровадження, експлуатації і реінжинірингу даних ІС та ІТ. В основі цих процесів лежить формування опису створюваної ІС або ІТ як сукупності вимог до системи з подальшим перетворенням цих описів спочатку в опис архітектури створюваної ІС або ІТ, а згодом – в описи специфікацій на розробку елементів забезпечуючих комплексів створюваної ІС або ІТ.

Сучасне представлення вимог до ІС та ІТ, а також методів формування і аналізу вимог є результатом численних наукових робіт таких ІТ-корпорацій, як «Microsoft», «IBM», «Hewlett-Packard». Не менш актуальними в даній області є роботи окремих зарубіжних дослідників, серед яких можна виділити К.І. Віггера, А. Коберна, Д. Леффінгуелла і Д. Уїдріга. В Україні проблеми, пов'язані зі створенням ІС та ІТ різного призначення, є областю досліджень таких вітчизняних вчених, як О.А. Павлов, В.І. Гриценко, С.Ф. Теленик, О.Є. Федорович, В.В. Казимір, М.В. Ткачук, І.П. Гамаюн, С.Г. Антощук, О.В. Горбенко, М.Ф. Бондаренко, В.О. Філатов.

Однак існуючі на цей час моделі вимог до ІС або до ІТ, методи формування та аналізу цих вимог мають серйозні недоліки, що призводять до зниження ефективності і підвищення витрат на виконання процесів проектування, розробки, впровадження, експлуатації та реінжинірингу ІС або ІТ. Серед причин виникнення цих недоліків слід особливо виділити прийняту як основну точку зору на вимоги до створюваних ІС або ІТ як на унікальні артефакти, не пов'язані один з одним в єдине представлення створюваної ІС або ІТ. Представлення вимог до ІС або ІТ як унікальних артефактів унеможлиблює прийняття рішень про доцільність використання досвіду виконання попередніх ІТ-проектів в ході ініціації і планування чергового ІТ-проекту створення ІС або ІТ. Крім того, виникло протиріччя між різко зростаючою складністю архітектури сучасних інформаційних систем та можливістю існуючих інструментальних засобів проектування, які враховують широке коло функціональних вимог до ІС.

Ці та ряд інших недоліків зумовили необхідність проведення наукових досліджень процесів формування і обробки формалізованих описів вимог до створюваних ІС та проектування архітектури складних ІС, що забезпечить можливість прийняття рішень про доцільність ре-використання реалізованих раніше вимог для опису елементів створюваної ІС і за рахунок цього скоротити витрати на виконання процесів мікропроектування ІС. Таким чином, створення методологічних основ, моделей, методів та інформаційної технології, які дозволяють сформулювати раціональний варіант опису архітектури створюваної інформаційної системи з максимально можливим задоволенням функціональних вимог Постачальника та Споживача та мінімальними витратами на реалізацію, є важливою в концептуальному та прикладному аспектах науково-прикладною проблемою.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконувалася автором на кафедрі інформаційних управляючих систем Харківського націона-

льного університету радіоелектроніки в рамках держбюджетних НДР: «Дослідження і розробка методологій, технологій проектування інформаційних систем та їх програмно-апаратних елементів» (№ ДР 0103U001559), «Розробка інформаційно-аналітичної системи із розподіленим штучним інтелектом («Університет»))» (№ ДР 0101U001763), «Розробка типової інформаційно-аналітичної системи «Університет» (II черга)» (№ ДР 0103U001560), «Методи та технології створення інформаційно-освітнього середовища з метою інтеграції у загальноєвропейський простір вищої освіти» (№ ДР 0106U003152), «Методи, моделі та інформаційні технології розбудови соціально-економічної освітньо-наукової мережі з метою інтеграції у Європейський простір» (№ ДР 0109U002497), «Методи та моделі самоорганізації інфраструктури інтелектуального інформаційного середовища, що базується на використанні принципів хмарних обчислень» (№ ДР 0112U000207), «Теорія, методи і моделі управління життєвим циклом інтелектуальних інформаційних середовищ регіональних соціо-економічних об'єктів» (№ ДР 0115U002430), та таких госпдоговірних НДР: «Розробка інформаційної системи управління навчальним процесом (I черга)» (№ ДР 0106U008279), «Розробка специфікацій на інформаційну технологію інтеграції різномірних сервісів до інформаційної системи управління підприємством» (№ ДР 0112U006065), «Розробка моделей, методів та технологій управління проектами впровадження інформаційних систем у страхових компаніях» (№ ДР 0115U001946).

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є розв'язання актуальної науково-прикладної проблеми створення методологічних основ, моделей, методів та інформаційної технології, які дозволяють сформулювати раціональний варіант опису архітектури створюваної інформаційної системи з максимально можливим задоволенням функціональних вимог Постачальника та Споживача та мінімальними витратами на реалізацію.

Для досягнення поставленої мети потрібно було вирішення таких завдань:

- провести аналіз існуючих підходів до формування вимог та створення описів архітектури складних інформаційних систем управління організаційно-технічними об'єктами і процесами;
- розробити методологічні основи створення інформаційних систем, які дозволять встановити чіткий взаємозв'язок між вимогами до системи, описом архітектури системи і проектними рішеннями, що реалізують вимоги в рамках пропонованого опису архітектури системи;
- розробити математичні моделі, що описують множину вимог до інформаційної системи на різних стадіях їх формування;
- розробити математичну модель патерну проектування вимоги до інформаційної системи;
- розробити математичні моделі архітектурного фреймворка макропроектування інформаційної системи та сформульованої функціональної вимоги на рівні знань як основного елементу архітектурного фреймворка;
- розробити математичні моделі, що описують функціональні вимоги до інформаційної системи на рівнях інформації і знань;

- розробити методи формування функціональних вимог до інформаційної системи на рівнях інформації та знань;
- розробити метод синтезу варіантів описів архітектури інформаційної системи;
- розробити математичну модель синтезу опису раціональної архітектури інформаційної системи, що створюється;
- розробити математичну модель уніфікованого елемента інформаційної системи та метод формування його опису, які дозволяють оцінити обсяг робіт зі створення інформаційної системи;
- розробити методи аналізу функціональних вимог до інформаційної системи;
- розробити інформаційну технологію формування опису архітектури інформаційних систем, що базується на пропонованих методологічних основах, моделях і методах;
- розробити програмний комплекс для реалізації інформаційної технології формування опису архітектури створюваних інформаційних систем у вигляді інструментального засобу управління вимогами;
- провести апробацію результатів досліджень в макропроектування інформаційної системи управління організаційно-технічним процесом.

*Об'єктом дослідження* – процес макропроектування інформаційних систем, до якого належать процеси визначення вимог правовласників, аналізу вимог, а також проектування архітектури системи.

*Предмет дослідження* – методологічні основи, моделі, методи та інформаційна технологія, що забезпечують реалізацію архітектурного фреймворка макропроектування інформаційних систем.

*Методи досліджень.* Дисертаційне дослідження базується на системному аналізі результатів сучасних теоретичних і прикладних розробок вітчизняних і зарубіжних учених у галузі моделей, методів та ІТ формування та аналізу вимог до ІС. Для вирішення поставлених завдань використані методи системного аналізу і загальної теорії систем – при модифікації сервісного підходу до створення ІС; математичний апарат теорії категорій – при розробці моделей множини вимог до ІС на різних стадіях їх формування, патерну проектування вимоги, а також моделі архітектурного фреймворка макропроектування ІС; математичний апарат теорії множин – при розробці моделей представлень вимог до ІС на рівнях інформації і знань, моделі сформульованої функціональної вимоги до ІС на рівні знань, методів формування представлень функціональної вимоги до ІС на рівнях інформації і знань, моделі онтологічних точок і методу формування описів онтологічних точок; методи теорії кластеризації – при розробці методу синтезу варіантів описів архітектури створюваної ІС; моделі і методи теорії ігор – при розробці моделі синтезу опису раціональної архітектури створюваної ІС.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Основний науковий результат дисертації полягає у розв'язанні важливої науково-прикладної проблеми створення методологічних основ, моделей, методів та інформаційної технології, які дозволяють сформувати раціональний варіант опису архітектури створюваної інформаційної системи з максимально можливим задоволенням функціональних вимог Постачальника та Споживача та мінімальними витратами на реалізацію.

У рамках виконаних досліджень отримано такі наукові результати:

### 1. Вперше запропоновано:

1.1 Математичну модель патерну проектування вимоги до інформаційної системи, яка уніфікує опис окремої вимоги до інформаційної системи, що дозволяє формалізувати процес ре-використання вимог до інформаційної системи в ході створення нових і реінжинірингу існуючих систем.

1.2 Математичні моделі архітектурного фреймворка макропроектування інформаційних систем та сформульованої функціональної вимоги на рівні знань як основного елементу даного фреймворка, які базуються на формальному представленні фреймворка у вигляді множин структурних і поведінкових патернів проектування вимог, що дозволяє врахувати загальні особливості і обмеження та вирішити задачу синтезу опису раціональної архітектури створюваної інформаційної системи.

1.3 Модель онтологічних точок, яка описує створювану інформаційну систему як множину окремих гілок таксономій фреймів, та метод формування описів онтологічних точок на основі даної моделі, що дозволяє автоматизувати процес кількісного оцінювання обсягу робіт зі створення інформаційної системи на основі розроблених моделей функціональних вимог на рівні знань.

1.4 Методи формування представлень функціональних вимог до інформаційної системи на рівнях інформації та знань, які дозволяють формалізувати процеси формування описів та аналізу вимог до інформаційної системи, що забезпечує скорочення витрат часу на виконання даних процесів та можливість автоматизованого проектування архітектури інформаційної системи.

### 2. Удосконалено:

2.1 Теоретико-множинні моделі, які описують синтаксис і семантику описів вимог до інформаційної системи на рівнях інформації і знань, які, на відміну від існуючих, базуються на моделі патерну проектування вимоги до інформаційної системи, що дозволяє уніфікувати роботи з формування, зберігання і обробки представлень вимог до інформаційної системи на цих рівнях незалежно від конкретних проектів створення інформаційних систем, для яких вимоги були сформульовані.

2.2 Теоретико-ігрову модель синтезу опису раціональної архітектури створюваної інформаційної системи, яка, на відміну від існуючих, описує процес синтезу опису раціональної архітектури як вибір варіанта опису, який найбільшою мірою відповідає представленням створюваної системи Постачальника і Споживача ІТ-послуг, що дозволяє автоматизувати процес проектування архітектури системи шляхом пошуку точок рівноваги Неша в чистих і змішаних стратегіях.

2.3 Методи аналізу сформульованих функціональних вимог до створюваної інформаційної системи шляхом виявлення суперечливих і нелогічних вимог у ході рішення задачі синтезу опису раціональної архітектури інформаційної системи, що дозволяє уніфікувати і автоматизувати виконання робіт з аналізу функціональних вимог в рамках макропроектування.

### 3. Набули подальшого розвитку:

3.1 Сервісний підхід до створення інформаційних систем, який, на відміну від існуючих, розглядає інформаційну систему у вигляді сукупності ІТ-послуг і ІТ-сервісів, які реалізу-

ють ці послуги і формуються на основі наявних проектних рішень, які задовольняють множині вимог, висунутих до системи, що дозволяє скоротити витрати на створення інформаційної системи за рахунок ре-використання системних компонентів.

3.2 Математичні моделі, що описують множину вимог до інформаційної системи на різних стадіях їх формування, які, на відміну від існуючих, описують зв'язки між представленнями вимог до інформаційної системи в ході їх формування, що дозволяє формально описати множину можливих архітектурних фреймворків створення інформаційних систем за допомогою сервісного підходу.

3.3 Метод синтезу варіантів описів архітектури створюваної інформаційної системи, який, на відміну від існуючого, виділяє для подальшого дослідження ті варіанти описів, які незначно гірші за оптимальний, що дозволить максимально можливою мірою виконати вимоги Постачальника та Споживача ІТ-послуг в процесі формування компромісного опису раціональної архітектури створюваної інформаційної системи за рахунок збільшення множини вихідних варіантів описів архітектури.

**Практичне значення отриманих результатів.** Розроблені в дисертаційній роботі підхід, моделі і методи були використані для створення ІТ формування опису архітектури ІС управління підприємствами та організаціями. В роботі запропонована основна концепція, визначені основні ІТ-послуги, розроблені рішення з інформаційного (ІЗ) і програмного (ПЗ) забезпечень даної ІТ. Розроблені методи, моделі та ІТ пройшли апробацію під час виконання робіт з розробки функціонального модуля безпеки праці комплексної системи управління ПАТ «Харківміськгаз».

Отримані теоретичні та практичні результати впроваджені на підприємствах: ПАТ «Харківміськгаз» (акт впровадження від 16.06.2015 р.); НТ СКБ «ПОЛІСВІТ» ДНВП «Об'єднання Комунар» (акт впровадження від 27.10.2015 р.); ТОВ «ПрофІТ-софт» (акт впровадження від 15.12.2015 р.); ТОВ ТД «ТехноДар» (акт впровадження від 24.01.2016 р.).

Теоретичні і практичні результати роботи знайшли застосування в навчальному процесі Харківського національного університету радіоелектроніки при підготовці магістрів за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки та інформаційні технології» (спеціалізація «Інформаційні управляючі системи і технології») (акт впровадження від 19.10.2016).

**Особистий внесок здобувача.** Всі основні результати отримані автором особисто. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачу належать: [1] – основні положення сервісного підходу, концепція представлення вимог до ІС, теоретико-множинні моделі, які описують множину вимог до ІС на різних стадіях їх формування, математична модель архітектурного фреймворка макропроекування ІС, математична модель патерну проектування вимоги до ІС, теоретико-множинні моделі, що описують синтаксис і семантику описів вимог до ІС на рівнях даних, інформації і знань, узагальнена теоретико-ігрова модель синтезу опису раціональної архітектури створюваної ІС, визначення терміна «онтологічна точка»; [2] – визначення основних ролей і формулювання глобальних цілей діяльності Постачальника та Споживача ІТ-послуг; [5] – основні положення створення ІТ формування та аналізу вимог до ІС, зміст її основних етапів; [6] – метод формування онтологічних описів предметної об-

ласті (PrO) на основі функціональних вимог до ІС, висунутих за результатами обстеження об'єкта або процесу, що автоматизуються; [8] – модель представлення сформульованих вимог до ІС на рівні інформації, набір аксіоматичних тверджень і наслідків з них, принципи формального опису представлень вимог до ІС на рівні інформації, моделі структурних і поведінкових патернів проектування вимог до ІС на рівні інформації; [10] – опис концепції представлення вимог до ІС, описи функціональних вимог до інформаційно-аналітичної системи управління безпекою праці, описи процесів і сутностей даних, які формально описують виділені функціональні вимоги; [12] – умови реалізації моделі одномісного коваріантного функтора в рамках CASE-системи розробки ІС; [13] – модель одномісного коваріантного функтора; [15] – принципи формального опису представлень вимог до ІС на рівні інформації; [16] – формальні описи законів композиції функціональної структури ІС, що визначають можливі значення коефіцієнта відштовхування; [17] – теоретико-ігрова модель прийняття рішення щодо вибору варіанта конфігурації функціональної структури ІС, чисті і змішані стратегії учасників гри; [18] – математична модель атрибута структурних і поведінкових патернів проектування вимог до ІС; [20, 30] – концепція модифікації шаблону проектування ПЗ «Model - View - Controller» (MVC); [21, 38] – математична модель архітектурного фреймворка макропроектування ІС; [23] – концепція представлення вимоги до ІС і схема взаємодії основних елементів ІТ формування та аналізу вимог до ІС; [25] – принципи формування опису архітектури інформаційно-аналітичної системи управління безпекою праці; [26] – теоретико-множинна модель сформульованої функціональної вимоги до ІС на рівні знань, метод синтезу варіантів описів архітектури створюваної ІС, теоретико-ігрова модель синтезу опису раціональної архітектури створюваної ІС, модель онтологічної точки і метод формування описів онтологічних точок; [27] – узагальнена модель представлення вимог до ІС на рівні знань; [29] – узагальнена модель представлення вимог до ІС на рівні знань; [32] – опис концепції представлення вимог до ІС, підхід до реалізації патерну проектування вимоги до ІС в ІЗ ІТ формування та аналізу вимог до ІС; [34] – визначення патерну проектування вимоги до ІС; [35] – варіант теоретико-ігрової моделі синтезу опису раціональної архітектури ІС; [36] – визначення і класифікація патерну проектування вимоги до ІС; [37] – описи основних ІТ-послуг ІТ формування та аналізу вимог до ІС; [40, 43] – правила модифікації методу об'єктних точок для обробки представлень елементів створюваної ІС у вигляді онтологічних точок; [41] – представлення поняття «Вимога до елементу ІС» у вигляді діаграми класів; [42] – представлення функцій ІС як різних варіантів типового представлення процесу обробки інформації, визначення поняття «онтологічна точка» і правила уточнення кількісних оцінок екранів, звітів і модулів функції ІС; [44] – послідовність робіт ІТ формування та аналізу вимог до ІС; [46] – метод формування представлення вимог до ІС на рівні інформації; [47] – основні характеристики теоретико-ігрової моделі синтезу опису раціональної архітектури створюваної ІС; [48] – теоретико-ігрова модель синтезу опису раціональної архітектури ІС, функції і матриці виграшів Постачальника та Споживача ІТ-послуг; [49] – IDEF3-діаграма, що описує роботи з формування та аналізу функціональних вимог до створюваної ІС відповідно до положень сервісного підходу, і показник, який кількіс-



но характеризує ступінь нелогічності функціональної вимоги до ІС; [50] – перелік стадій життєвого циклу (ЖЦ) функціональної вимоги до ІС.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідалися на таких конференціях і форумах: Міжнародній конференції «Теорія і техніка передачі, прийому і обробки інформації» (Харків, 2003); IV Miedzynarodowej naukowii-praktycznojj konferencji «Nowoczesnych naukowych osiagniec – 2008» (Przemysl, 2008); VI Miedzynarodowej naukowii-praktycznojj konferencji «Dynamika naukowych badac – 2010» (Przemysl, 2010); VI Міжнародній науково-практичній конференції «Наука і соціальні проблеми суспільства: інформатизація та інформаційні технології» (Харків, 2011); IX mezinarodni vedecko-prakticka konference «Aplikovane vedecke novinky – 2013» (Praha, 2013); Науково-практичній конференції «Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку» (Харків, 2013); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Системний аналіз. Інформатика. Управління (САІУ-2013)» (Запоріжжя, 2013); Научна конференция с международно участие «Хранителна наука, техника и технологии 2013» (Пловдив, 2013); XII конференції з фізики високих енергій, ядерної фізики та прискорювачів (Харків, 2014); First International forum «IT-Trends: big data, artificial intelligence, social media» (Kremenchuk, 2014;); XI mezinarodni vedecko-prakticka konference «Predni vedecke novinky – 2015» (Praha, 2015); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні управляючі системи та технології (ІУСТ-Одеса-2015)» (Одеса, 2015); Міжнародній науково-технічній конференції «Інформаційні системи і технології» (Харків, 2012, 2013, 2014, 2015).

Інноваційний ІТ-проект, в основу якого покладено основні теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи, було представлено на Конкурсі інноваційних проектів в сфері інформаційно-комунікаційних технологій «ІТ-Kharkiv» (Харків, 2013) і посів третє місце в номінації «Інструментальні засоби розробки програмного забезпечення і систем» .

**Публікації.** За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 50 наукових праць, у тому числі: 1 монографію, 25 статей у фахових виданнях України з технічних наук (з них 10 статей опубліковані у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз, зокрема 2 одноосібні публікації у виданнях, що входять до наукометричної бази Scopus), 24 публікації у матеріалах наукових конференцій і форумів.

**Структура і зміст роботи.** Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і семи додатків. Повний обсяг роботи складає 429 сторінок, що містять 22 таблиці, 48 рисунків (з них 14 таблиць та 10 рисунків на 26 окремих сторінках), 222 найменувань списку використаних джерел на 26 сторінках і 7 додатків на 71 сторінці.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, викладено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, показано зв'язок дисертаційної роботи з науковими темами, пред-

ставлено відомості про апробацію результатів і публікацію матеріалів дисертації.

**У першому розділі** виконано аналіз існуючих підходів до формування вимог та створення описів архітектури інформаційних систем управління організаційно-технічними об'єктами і процесами. Сучасний стан зазначених підходів визначається такими особливостями:

- сучасне представлення ІС в процесах формування та аналізу вимог до ІС орієнтоване на формування опису системи як множини окремих не пов'язаних одна з одною вимог;

- єдиної точки зору на систему класифікації і формальну модель вимог до ІС не існує;

- існуючі моделі вимог до ІС являють собою сукупності описів окремих аспектів вимог, наявність яких обумовлено типовими процесами ЖЦ ІС, що виконуються в ході ІТ-проекту створення ІС;

- існуючі методології та архітектурні фреймворки створення ІС не ставлять на формальному рівні завдання оптимізації архітектури ІС та її описів архітектури, а також не дозволяють вирішувати проблему мінімізації витрат на створення ІС відповідно до її описів архітектури, пропонованих і схвалених учасниками ІТ-проекту;

- існуючі методи і моделі визначення обсягу робіт зі створення ІС орієнтовані на відображення точок зору окремих учасників ІТ-проекту створення ІС і не дозволяють сформулювати об'єктивну оцінку обсягу робіт на ранніх стадіях створення ІС.

Виходячи з цього, визначено головні цілі Постачальника та Споживача як основних учасників ІТ-проектів створення або реінжинірингу ІС. На базі даних цілей, а також результатів аналізу основних аспектів формування, представлення і управління вимогами до ІС сформульована науково-прикладна проблема створення методологічних основ, моделей, методів та ІТ, які дозволяють сформулювати раціональний варіант опису архітектури створюваної ІС з максимально можливим задоволенням функціональних вимог Постачальника та Споживача та мінімальними витратами на реалізацію, визначені мета і задачі дослідження.

**У другому розділі** розроблено концептуальні засади формального опису вимог до створюваної ІС під час виконання процесів формування та аналізу вимог до ІС. З цією метою був вдосконалений сервісний підхід до створення ІС. Контекстну діаграму класів, яка описує взаємозв'язок основних термінів вдосконаленого сервісного підходу, наведено на рис. 1.

Виходячи з цього, були сформульовані визначення термінів «інформаційна система», «ІТ-послуга» та «ІТ-сервіс». Під терміном «інформаційна система» пропонується розуміти систему, що складається з персоналу і комплексу засобів автоматизації і спрямована на формування і відображення єдиного цілісного інформаційного представлення об'єкта або процесу відповідно до поставлених перед системою цілей. Під терміном «ІТ-послуга» пропонується розуміти самостійну функціональну задачу ІС, використання якої для виконання окремої роботи процесу підприємства/організації або для управління цією роботою економічно і технічно доцільно, або взаємопов'язану сукупність ІТ-сервісів, яка надається для виконання окремої роботи процесу підприємства/організації або для управління цією роботою. Під терміном

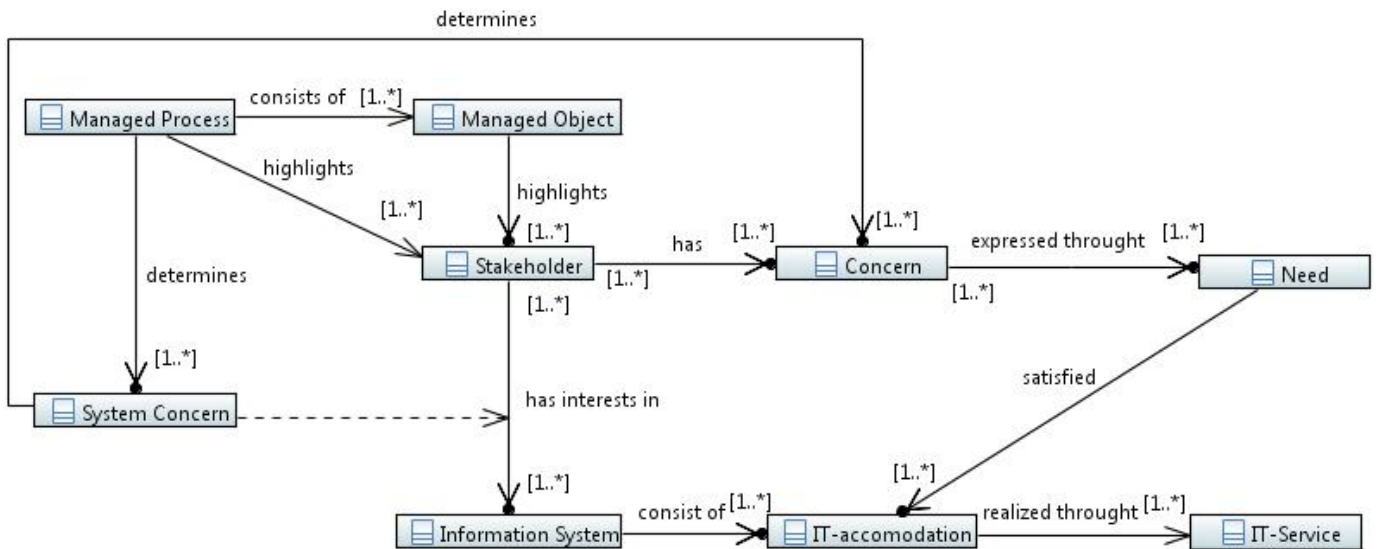


Рисунок 1 – Контекстна діаграма класів, яка описує взаємозв'язок основних термінів вдосконаленого сервісного підходу

«ІТ-сервіс» пропонується розуміти сукупність різних засобів комплексу засобів автоматизації, що реалізують закінчену операцію надання або обробки даних, переводячи їх з одного цілісного стану в інший, використовуючи при цьому стандартні платформи-незалежні інтерфейси.

Базуючись на цих визначеннях, сформульовано концепцію представлення вимог до ІС як набір таких положень:

*Положення 1.* Відмова від розгляду тільки множини сформульованих вимог до ІС і початкове представлення вимог до ІС як елементів універсуму, що включає в себе як відомі, так і невідомі Постачальнику, Споживачу чи їм обом вимоги до ІС, а також методи формування цих вимог.

*Положення 2.* Початкове різноманіття представлень вимог до ІС у вигляді даних, інформації і знань.

*Положення 3.* Процесний підхід до опису вимог, що визначає мінімальну процесну атрибутивну модель вимоги до ІС.

*Положення 4.* Підхід до управління вимогами до ІС, що базується на поступовому перетворенні множини початкових значень атрибутів, які описують вимогу, в множину бажаних значень тих самих атрибутів.

Модель універсуму вимог до ІС має вигляд

$$M_{U_{Tr}} = [L_{Tr_{IS}}, L_{Pr}, L_U, L_{Pr\&U}, \Phi_{Pr}^{Pr\&U}, \Phi_U^{Pr\&U}, \Phi_{Tr_{IS}}^{Pr}, \Phi_{Tr_{IS}}^U ], \quad (1)$$

де  $L_{Tr_{IS}}$  – теоретико-категорна модель множини сформульованих вимог, що має вигляд

$$M_{Tr_{IS}} = [L_{IS}^B, L_{IS}^{IB}, L_{IS}^S, L_{IS}^f, L_{IS}^{nf}, L_{IS}^{fw}, L_{IS}^{nfw}, \Phi_{IB}^B, \Phi_S^{IB}, \Phi_f^S, \Phi_{nf}^S, \Phi_{nf}^f, \Phi_{fw}^f, \Phi_{nfw}^{nf}, \Phi_{nfw}^{fw} ]; \quad (2)$$

$L_{IS}^B$  – теоретико-категорна модель групи сформульованих бізнес-вимог, що має вигляд

$$L_{IS}^B = [D_{IS}^B, I_{IS}^B, K_{IS}^B, H(D_{IS}^B), H(I_{IS}^B), H(K_{IS}^B), H(D_{IS}^B, I_{IS}^B), H(I_{IS}^B, D_{IS}^B), H(D_{IS}^B, K_{IS}^B), H(K_{IS}^B, D_{IS}^B), H(I_{IS}^B, K_{IS}^B), H(K_{IS}^B, I_{IS}^B)]; \quad (3)$$

$D_{IS}^B$  – підклас представлень сформульованих бізнес-вимог до ІС у вигляді даних;  $I_{IS}^B$  – підклас представлень сформульованих бізнес-вимог до ІС у вигляді інформації;  $K_{IS}^B$  – підклас представлень сформульованих бізнес-вимог до ІС у вигляді знань;  $H(D_{IS}^B)$  – підмножина морфізмів, яка описує перетворення представлень сформульованих бізнес-вимог до ІС у вигляді даних самих в себе і одне в одне, що має вигляд:

$$H(D_{IS}^B) = H(1_X) \cup H(X, Y) \cup H(1_Y); \quad (4)$$

$1_X, 1_Y$  – одиничні морфізми;  $H(I_{IS}^B)$  – підмножина морфізмів, які описують перетворення представлень сформульованих бізнес-вимог до ІС у вигляді інформації самих в себе і одне в одне, що має вигляд

$$\forall X, Y \in I_{IS}^B \quad H(I_{IS}^B) = H(1_X) \cup H(X, Y) \cup H(1_Y); \quad (5)$$

$H(K_{IS}^B)$  – підмножина морфізмів, які описують перетворення представлень сформульованих бізнес-вимог до ІС у вигляді знань самих в себе і одне в одне, що має вигляд

$$\forall X, Y \in K_{IS}^B \quad H(K_{IS}^B) = H(1_X) \cup H(X, Y) \cup H(1_Y); \quad (6)$$

$H(D_{IS}^B, I_{IS}^B)$  – підмножина морфізмів, які описують методи, прийоми і способи перетворення представлень сформульованих бізнес-вимог до ІС у вигляді даних в представлення сформульованих бізнес-вимог до ІС у вигляді інформації;  $H(I_{IS}^B, D_{IS}^B)$  – підмножина морфізмів, які описують методи, прийоми і способи перетворення представлень сформульованих бізнес-вимог до ІС у вигляді інформації в представлення сформульованих бізнес-вимог до ІС у вигляді даних;  $H(D_{IS}^B, K_{IS}^B)$  – підмножина морфізмів, які описують методи, прийоми і способи перетворення представлень сформульованих бізнес-вимог до ІС у вигляді даних в представлення сформульованих бізнес-вимог до ІС у вигляді знань;  $H(K_{IS}^B, D_{IS}^B)$  – підмножина морфізмів, які описують методи, прийоми і способи перетворення представлень сформульованих бізнес-вимог до ІС у вигляді знань в представлення сформульованих бізнес-вимог до ІС у вигляді даних;  $H(I_{IS}^B, K_{IS}^B)$  – підмножина морфізмів, що описують методи, прийоми і способи перетворення представлень сформульованих бізнес-вимог до ІС у вигляді інформації в представлення сформульованих бізнес-вимог до ІС у вигляді знань;  $H(K_{IS}^B, I_{IS}^B)$  – підмножина морфізмів, які описують методи, прийоми і способи перетворення представлень сформульованих бізнес-вимог до ІС у вигляді знань в представлення сформульованих бізнес-вимог до ІС у вигляді інформації;  $L_{IS}^{IB}$  – теоретико-категорна модель групи сформульованих вимог до ІС як до аспекту бізнесу, аналогічна (3);  $L_{IS}^S$  – теоретико-категорна модель групи сформульованих вимог до

системи в цілому, аналогічна (3);  $L_{IS}^f$  – теоретико-категорна модель групи сформульованих функціональних вимог до ІТ-послуги, аналогічна (3);  $L_{IS}^{nf}$  – теоретико-категорна модель групи сформульованих нефункціональних вимог до ІТ-послуги, аналогічна (3);  $L_{IS}^{fw}$  – теоретико-категорна модель групи сформульованих функціональних вимог до ІТ-сервісу, аналогічна (3);  $L_{IS}^{nfw}$  – теоретико-категорна модель групи сформульованих нефункціональних вимог до ІТ-сервісу, аналогічна (3);  $\Phi_{IB}^B$  – одномісний коваріантний функтор, що встановлює зв'язок між категоріями  $L_{IS}^B$  й  $L_{IS}^{IB}$ ;  $\Phi_s^{IB}$  – одномісний коваріантний функтор, що встановлює зв'язок між категоріями  $L_{IS}^{IB}$  й  $L_{IS}^s$ ;  $\Phi_f^s$  – одномісний коваріантний функтор, що встановлює зв'язок між категоріями  $L_{IS}^s$  й  $L_{IS}^f$ ;  $\Phi_{nf}^s$  – одномісний коваріантний функтор, що встановлює зв'язок між категоріями  $L_{IS}^s$  й  $L_{IS}^{nf}$ ;  $\Phi_{nf}^f$  – одномісний коваріантний функтор, що встановлює зв'язок між категоріями  $L_{IS}^f$  й  $L_{IS}^{nf}$ ;  $\Phi_{fw}^f$  – одномісний коваріантний функтор, що встановлює зв'язок між категоріями  $L_{IS}^f$  й  $L_{IS}^{fw}$ ;  $\Phi_{nfw}^{nf}$  – одномісний коваріантний функтор, що встановлює зв'язок між категоріями  $L_{IS}^{nf}$  й  $L_{IS}^{nfw}$ ;  $\Phi_{nfw}^{fw}$  – одномісний коваріантний функтор, що встановлює зв'язок між категоріями  $L_{IS}^{fw}$  й  $L_{IS}^{nfw}$ ;  $L_{Pr}$  – теоретико-категорна модель групи вимог, невідомих Споживачу, що має вигляд, аналогічний (2);  $L_U$  – теоретико-категорна модель групи вимог, невідомих Постачальникові, що має вигляд, аналогічний (2);  $L_{Pr\&U}$  – теоретико-категорна модель групи вимог, невідомих Постачальникові й Споживачеві, що має вигляд, аналогічний (2);  $\Phi_{Pr}^{Pr\&U}$  – одномісний коваріантний функтор, що встановлює зв'язок між категоріями  $L_{Pr\&U}$  й  $L_{Pr}$ ;  $\Phi_U^{Pr\&U}$  – одномісний коваріантний функтор, що встановлює зв'язок між категоріями  $L_{Pr\&U}$  й  $L_U$ ;  $\Phi_{TrIS}^{Pr}$  – одномісний коваріантний функтор, що встановлює зв'язок між категоріями  $L_{Pr}$  й  $L_{TrIS}$ ;  $\Phi_{TrIS}^U$  – одномісний коваріантний функтор, що встановлює зв'язок між категоріями  $L_U$  й  $L_{TrIS}$ .

Використання моделей (1)-(6) дозволило ввести термін «Патерн проектування вимог до ІС», який визначає результат виділення і ре-використання з прикладними цілями Постачальником ІТ-послуг наступних видів знань:

- про умови або можливості, необхідні Споживачеві ІТ-послуг для вирішення проблеми, що стоїть перед ним, або досягнення поставленої перед ним мети;
- про умову або можливість, яку повинна мати ІС або компонент ІС (ІТ-послуга,

ІТ-сервіс) з точки зору Постачальника або Споживача ІТ-послуг, відповідні до договору, стандарту, специфікації або іншого офіційного документа;

– про документоване (з використанням природної або формальної мови) представлення умови або можливості, подібно описаним в перших двох визначеннях.

Патерни проектування вимог до ІС пропонується класифікувати таким чином:

– за призначенням: структурні і поведінкові патерни (патерни, призначені для опису операцій, що виконуються над структурними патернами проектування вимоги (перша група) і патерни, що встановлюють зв'язки між структурними патернами проектування вимоги і призначені для опису операцій узгодження представлень вимог на рівні інформації різними структурними паттернами проектування вимог (друга група));

– за рівнем застосування: патерни представлення вимог до ІС у вигляді даних; патерни представлення вимог до ІС у вигляді інформації; патерни представлення вимог до ІС у вигляді знань.

Модель патерну проектування вимоги до ІС має вигляд

$$M_{IS}^{Pt} = [D_{IS}^{Pt}, I_{IS}^{Pt}, K_{IS}^{Pt}, H(D_{IS}^{Pt}), H(I_{IS}^{Pt}), H(K_{IS}^{Pt}), H(D_{IS}^{Pt}, I_{IS}^{Pt}), H(I_{IS}^{Pt}, D_{IS}^{Pt}), H(D_{IS}^{Pt}, K_{IS}^{Pt}), H(K_{IS}^{Pt}, D_{IS}^{Pt}), H(I_{IS}^{Pt}, K_{IS}^{Pt}), H(K_{IS}^{Pt}, I_{IS}^{Pt})], \quad (7)$$

де  $D_{IS}^{Pt}$  – підклас структурних патернів проектування вимоги до ІС у вигляді даних;

$I_{IS}^{Pt}$  – підклас структурних патернів проектування вимоги до ІС у вигляді інформації;

$K_{IS}^{Pt}$  – підклас структурних патернів проектування вимоги до ІС у вигляді знань;

$H(D_{IS}^{Pt})$  – підмножина поведінкових патернів проектування вимоги, що описує перетворення структурних патернів представлень вимог до ІС у вигляді даних самих у себе:  $\forall X, Y \in D_{IS}^{Pt} \quad H(D_{IS}^{Pt}) = H(1_X) \cup H(X, Y) \cup H(1_Y)$ ;  $1_X, 1_Y$  – одиничні морфізми;

$H(I_{IS}^{Pt})$  – підмножина поведінкових патернів проектування вимоги, що описує перетворення структурних патернів представлень вимог до ІС у вигляді інформації самих в себе;

$H(K_{IS}^{Pt})$  – підмножина поведінкових патернів проектування вимоги, що описує перетворення структурних патернів представлень вимог до ІС у вигляді знань самих у себе;

$H(D_{IS}^{Pt}, I_{IS}^{Pt})$  – підмножина поведінкових патернів проектування вимоги, що описує перетворення структурних патернів представлень вимог до ІС у вигляді даних у структурні патерни представлень вимог до ІС у вигляді інформації;

$H(I_{IS}^{Pt}, D_{IS}^{Pt})$  – підмножина поведінкових патернів проектування вимоги, що описує перетворення структурних патернів представлень вимог до ІС у вигляді інформації в структурні патерни представлень вимог до ІС у вигляді даних;

$H(D_{IS}^{Pt}, K_{IS}^{Pt})$  – підмножина поведінкових патернів проектування вимоги, що описує перетворення структурних патернів представлень вимог до ІС у вигляді даних у структурні патерни

представлень вимог до ІС у вигляді знань;  $H(K_{IS}^{Pt}, D_{IS}^{Pt})$  – підмножина поведінкових патернів проектування вимоги, що описує перетворення структурних патернів представлень вимог до ІС у вигляді знань у структурні патерни представлень вимог до ІС у вигляді даних;  $H(I_{IS}^{Pt}, K_{IS}^{Pt})$  – підмножина поведінкових патернів проектування вимоги, що описує перетворення представлень структурних патернів вимог до ІС у вигляді інформації в структурні патерни представлень вимог до ІС у вигляді знань;  $H(K_{IS}^{Pt}, I_{IS}^{Pt})$  – підмножина поведінкових патернів проектування вимоги, що описує перетворення структурних патернів представлень вимог до ІС у вигляді знань у структурні патерни представлень вимог до ІС у вигляді інформації.

**У третьому розділі** розроблено моделі архітектурного фреймворка макропроекування ІС, структурних і поведінкових патернів проектування вимог на рівнях інформації і знань. Під архітектурним фреймворком розуміємо конвенції, принципи і методи опису архітектури, встановлені в конкретній області застосування і/або спільнотою зацікавлених сторін (відповідно до стандарту ISO/IEC/IEEE 42010). Виходячи з цього визначення, архітектурний фреймворк макропроекування ІС пропонується розглядати як самостійний архітектурний фреймворк, що базується на положеннях вдосконаленого сервісного підходу і запропонованої концепції представлення вимог до ІС.

Процес проектування архітектури системи в рамках архітектурного фреймворка макропроекування ІС слід розглядати як процес синтезу варіанта конфігурації функціональної структури ІС з окремих ІТ-послуг. При цьому припускається, що ревикористання вимог до ІС дозволить ідентифікувати ті ІТ-послуги, які знаходяться в бібліотеці раніше реалізованих вимог, доступній Постачальникові в ході процесів створення конкретної ІС.

Розроблена модель архітектурного фреймворка макропроекування ІС має вигляд

$$M_{AF} = [ M_{str}^{Pt}, M_{bhv}^{Pt}, L_{Kn}, L_{Al}, \Phi_{M_{bhv}^{Pt}}^{M_{str}^{Pt}}, \Phi_{L_{Kn}}^{M_{str}^{Pt}}, \Phi_{L_{Al}}^{M_{str}^{Pt}}, \Phi_{L_{Kn}}^{M_{bhv}^{Pt}}, \Phi_{L_{Al}}^{L_{bhv}^{Pt}}, \Phi_{L_{Al}}^{L_{Kn}} ], \quad (8)$$

де  $M_{str}^{Pt}$  – модель структурних патернів проектування вимоги до ІС, що є окремим випадком моделі (6), та моделей представлень вимог, що створені з використанням цих паттернів;  $M_{bhv}^{Pt}$  – модель поведінкових патернів проектування вимоги до ІС, що є окремим випадком моделі (6), та методів, що створені з використанням цих паттернів;  $L_{Kn}$  – модель набору декларативних знань, використовуваних архітектурним фреймворком;  $L_{Al}$  – модель набору процедурних правил і алгоритмів, використовуваних архітектурним фреймворком;  $\Phi_{M_{bhv}^{Pt}}^{M_{str}^{Pt}}$  – одномісний коваріантний функтор, що встановлює зв'язок між моделями  $M_{str}^{Pt}$  й  $M_{bhv}^{Pt}$ ;  $\Phi_{L_{Kn}}^{M_{str}^{Pt}}$  – одномісний коваріантний

функтор, що встановлює зв'язок між моделями  $M_{str}^{Pt}$  й  $L_{Kn}$ ;  $\Phi_{L_{Al}}^{M_{str}^{Pt}}$  – одномісний коваріантний функтор, що встановлює зв'язок між моделями  $M_{str}^{Pt}$  й  $L_{Al}$ ;  $\Phi_{L_{Kn}}^{M_{bhv}^{Pt}}$  – одномісний коваріантний функтор, що встановлює зв'язок між моделями  $M_{bhv}^{Pt}$  й  $L_{Kn}$ ;  $\Phi_{L_{Al}}^{M_{bhv}^{Pt}}$  – одномісний коваріантний функтор, що встановлює зв'язок між моделями  $M_{bhv}^{Pt}$  й  $L_{Al}$ .

Елементами архітектурного фреймворка макропроекування ІС слід вважати набір структурних патернів проектування вимоги, що встановлюють види моделей і формалізованих описів різних груп вимог до ІС, припустимі для використання в рамках архітектурного фреймворка макропроекування ІС.

Модель множини структурних патернів проектування вимоги до ІС на рівні інформації має вигляд

$$I_{IS}^{Pt} = \{Pt_r\_publ, Pt_r\_kn\_dst, Pt_r\_kn\_eobj, Pt_r\_kn\_proc\} = \{< At_r, At_{pub\_t}, At_{pub}, At_{files}, At_{proj}, < at_r, at_{pub\_t}, at_{pub}, at_{files}, at_{proj} >>, < At_{pub\_t}, At_{pub}, At_{str\_t}, At_{str}, At_{str\_m\_t}, At_{str\_m}, At_{attr\_t}, At_{attr}, < at_{pub\_t}, at_{pub}, at_{str\_t}, at_{ztr}, at_{str\_m\_t}, at_{str\_m}, at_{attr\_t}, at_{attr} >>, < At_{pub\_t}, At_{pub}, At_{eobj\_t}, At_{eobj}, < at_{pub\_t}, at_{pub}, at_{eobj\_t}, at_{eobj} >>, < At_{pub\_t}, At_{pub}, At_{proc}, At_{inst\_t}, At_{inst}, < at_{pub\_t}, at_{pub}, at_{proc}, at_{inst\_t}, at_{inst} >>\}, \quad (9)$$

де  $Pt_r\_publ$  – модель структурного патерна публікацій вимоги до ІС на рівні інформації;  $Pt_r\_kn\_dst$  – модель структурного патерна представлення структур даних, присутніх у публікації вимоги до ІС;  $Pt_r\_kn\_eobj$  – модель структурного патерна представлення зовнішніх стосовно процесу об'єктів, які безпосередньо беруть участь у виконанні процесу й присутні в публікації вимоги до ІС;  $Pt_r\_kn\_proc$  – модель структурного патерна представлення процесів, присутніх у публікації вимоги до ІС;  $At_{pub\_t}$  – підмножина атрибутів, що описують типи публікацій вимог до ІС;  $At_{pub}$  – підмножина атрибутів, що описують публікації вимог до ІС;  $At_{files}$  – підмножина атрибутів, що описують файли, у яких зберігаються публікації вимог до ІС;  $at_{pub\_st}$  – атрибут, що ідентифікує тип публікації конкретної сформульованої вимоги до ІС;  $at_{pub}$  – атрибут, що ідентифікує публікацію конкретної сформульованої вимоги до ІС;  $at_{files}$  – атрибут, що ідентифікує файл, у якому зберігається публікація конкретної сформульованої вимоги до ІС;  $< at_r, at_{pub\_t}, at_{pub}, at_{files}, at_{proj} >$  – кортеж атрибутів, що описує факт створення публікації конкретної сформульованої вимоги до ІС



у проекті створення конкретної ІС;  $At_{str\_t}$  – підмножина атрибутів, що описують типи структур даних (сутності, класи), присутніх у публікації вимоги до ІС;  $At_{str}$  – підмножина атрибутів, що описують структуру даних, присутню у публікації вимоги до ІС;  $At_{str\_m\_t}$  – підмножина атрибутів, що описують типи елементів структур даних, присутніх у публікації вимоги до ІС;  $At_{str\_m}$  – підмножина атрибутів, що описують елемент структури даних, присутній у публікації вимоги до ІС;  $At_{attr\_t}$  – підмножина атрибутів, що описують типи атрибутів структур даних, присутніх у публікації вимоги до ІС;  $At_{attr}$  – підмножина атрибутів, що описують атрибут структури даних, присутній у публікації вимоги до ІС;  $at_{str\_t}$  – атрибут, що ідентифікує тип структури даних, присутньої у публікації конкретної сформульованої вимоги до ІС;  $at_{str}$  – атрибут, що ідентифікує структуру даних, присутню у публікації конкретної сформульованої вимоги до ІС;  $at_{str\_m\_t}$  – атрибут, що ідентифікує тип елемента структури даних, присутнього в публікації конкретної сформульованої вимоги до ІС;  $at_{str\_m}$  – атрибут, що ідентифікує елемент структури даних, присутній у публікації конкретної сформульованої вимоги до ІС;  $at_{attr\_t}$  – атрибут, що ідентифікує тип атрибута структури даних, присутнього в публікації конкретної сформульованої вимоги до ІС;  $at_{attr}$  – атрибут, що ідентифікує атрибут структури даних, присутній у публікації конкретної сформульованої вимоги до ІС;  $At_{obj\_t}$  – підмножина атрибутів, що описують типи зовнішніх стосовно процесу об'єктів, які безпосередньо беруть участь у виконанні процесу й присутні в публікації вимоги до ІС;  $At_{obj}$  – підмножина атрибутів, що описують зовнішній стосовно процесу об'єкт, що безпосередньо бере участь у виконанні процесу і присутній у публікації вимоги до ІС;  $at_{obj\_t}$  – атрибут, що ідентифікує тип зовнішнього стосовно процесу об'єкта, що безпосередньо бере участь у виконанні процесу і присутній у публікації конкретної сформульованої вимоги до ІС;  $at_{obj}$  – атрибут, що ідентифікує зовнішній стосовно процесу об'єкт, що безпосередньо бере участь у виконанні процесу і присутній у публікації конкретної сформульованої вимоги до ІС;  $At_{proc}$  – підмножина атрибутів, що описують процес й присутні у публікації вимоги до ІС;  $At_{inst\_t}$  – підмножина атрибутів, що описують типи елементів (зовнішніх стосовно процесу об'єктів або структур даних), пов'язаних із процесом у публікації вимоги до ІС;  $At_{obj}$  – підмножина атрибутів, що описують елементи, пов'язані із процесом у публікації вимоги до ІС;  $at_{proc}$  – атрибут, що ідентифікує процес і є присутнім у публікації конкретної сформульованої вимоги до ІС;  $at_{inst\_t}$  – атрибут, що ідентифікує тип елемента, пов'язаного із процесом у публікації конкретної сформульованої вимоги до ІС;  $at_{inst}$  – атрибут, що ідентифікує елемент, пов'язаний із процесом у публікації конкретної сформульованої вимоги до ІС.

Розроблені моделі поведінкових патернів першої групи структурного патерна

$Pt_r\_publ$  мають вигляд

$$1_{Pt_r\_publ}^{add} : [At_r \oplus At_x] \oplus [At_{pub\_t} \oplus At_x] \oplus [At_{pub} \oplus at_x] \oplus [At_{files} \oplus At_x] \oplus [At_{proj} \oplus At_x] \oplus [\emptyset \oplus At_x], \quad (10)$$

$$1_{Pt_r\_publ}^{upd} : [(At_r \setminus At_x) \cup At'_x] \oplus [(At_{pub\_t} \setminus at_x) \cup At'_x] \oplus [(At_{pub} \setminus At_x) \cup At'_x] \oplus [(At_{files} \setminus At_x) \cup At'_x] \oplus [(At_{proj} \setminus At_x) \cup At'_x], \quad (11)$$

$$1_{Pt_r\_publ}^{del} : [At_r \setminus At_x] \oplus [At_{pub\_t} \setminus At_x] \oplus [At_{pub} \setminus At_x] \oplus [At_{files} \setminus At_x] \oplus [At_{proj} \setminus At_x], \quad (12)$$

де  $1_{Pt_r\_publ}^{add}$  – модель патерна додавання нових знань про публікацію вимоги до елемента системи;  $1_{Pt_r\_publ}^{upd}$  – модель патерна модифікації існуючих знань про публікацію вимоги до елемента системи;  $1_{Pt_r\_publ}^{del}$  – модель патерна видалення застарілих знань про публікацію вимоги до елемента системи.

Моделі поведінкових патернів першої групи для інших структурних патернів проектування вимог на рівні інформації мають вигляд, аналогічний виразам (10)-(12).

Розроблені моделі поведінкових патернів другої групи на рівні інформації мають вигляд

$$H(Pt_r\_publ, Pt_r\_kn\_dst) : \{At_{pub\_t}^{r\_publ}, At_{pub}^{r\_publ}\} \rightarrow \{At_{pub\_t}^{r\_kn\_dst}, At_{pub}^{r\_kn\_dst}\}, \quad (13)$$

$$H(Pt_r\_publ, Pt_r\_kn\_eobj) : \{At_{pub\_t}^{r\_publ}, At_{pub}^{r\_publ}\} \rightarrow \{At_{pub\_t}^{r\_kn\_eobj}, At_{pub}^{r\_kn\_eobj}\}, \quad (14)$$

$$H(Pt_r\_publ, Pt_r\_kn\_proc) : \{At_{pub\_t}^{r\_publ}, At_{pub}^{r\_publ}\} \rightarrow \{At_{pub\_t}^{r\_kn\_proc}, At_{pub}^{r\_kn\_proc}\}, \quad (15)$$

$$H(Pt_r\_kn\_dst, Pt_r\_kn\_proc) :$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \{At_{str\_t}^{r\_kn\_dst}, At_{str\_m\_t}^{r\_kn\_dst}, At_{attr\_t}^{r\_kn\_dst}\} \rightarrow At_{inst\_t}^{r\_kn\_proc} \\ \{At_{str}^{r\_kn\_dst}, At_{str\_m}^{r\_kn\_dst}, At_{attr}^{r\_kn\_dst}\} \rightarrow At_{inst}^{r\_kn\_proc} \end{array} \right. \quad (16)$$

$$H(Pt_r\_kn\_dst, Pt_r\_kn\_proc) : \left\{ \begin{array}{l} At_{eobj\_t}^{r\_kn\_eobj} \rightarrow At_{inst\_t}^{r\_kn\_proc} \\ At_{eobj}^{r\_kn\_eobj} \rightarrow At_{inst}^{r\_kn\_proc} \end{array} \right. \quad (17)$$

Модель множини структурних патернів проектування вимог до ІС на рівні знань має вигляд

$$\begin{aligned}
K_{IS}^{Pt} = \{ Pt_{fr\_str}, Pt_{if}, Pt_{fr\_rel}, Pt_{net\_fr} \} = \{ & \langle At_n, At_{el\_fr}, At_{el\_fr\_t}, \\
& \langle at_n, at_{el\_fr}, at_{el\_fr\_t} \rangle \rangle, \langle At_g, At_{el\_if}, At_{el\_if\_t}, \\
& \langle at_g, at_{el\_if}, at_{el\_if\_t} \rangle \rangle, \langle At_{fr\_rel\_n}, At_{el\_fr\_rel}, At_{el\_fr\_rel\_t}, \\
& \langle at_{fr\_rel\_n}, at_{el\_fr\_rel}, at_{el\_fr\_rel\_t} \rangle \rangle, \langle at_n^1, at_n^2, at_{if}, at_{fr\_rel\_n} \rangle \},
\end{aligned} \tag{18}$$

де  $Pt_{fr\_str}$  – модель, що описує структурний патерн проектування фрейму;  $Pt_{if}$  – модель, що описує структурний патерн проектування інтерфейсу фрейму;  $Pt_{fr\_rel}$  – модель, що описує структурний патерн проектування зв'язків між вузлами мережі фреймів;  $Pt_{net\_fr}$  – модель, що описує структурний патерн проектування мережі фреймів;  $At_n$  – кортеж атрибутів, що описують ім'я фрейму;  $At_{el\_fr}$  – кортеж атрибутів, що описують елемент фрейму (слот, інтерфейс, метод);  $At_{el\_fr\_t}$  – кортеж атрибутів, що описують тип елемента фрейму;  $at_n$  – атрибут, що ідентифікує ім'я фрейму;  $at_{el\_fr}$  – атрибут, що ідентифікує елемент фрейму;  $at_{el\_fr\_t}$  – атрибут, що ідентифікує тип елемента фрейму;  $At_g$  – кортеж атрибутів, що описують глобально унікальний ідентифікатор інтерфейсу фрейму;  $At_{el\_if}$  – кортеж атрибутів, що описують елемент інтерфейсу фрейму (слот, метод);  $At_{el\_if\_t}$  – кортеж атрибутів, що описують тип елемента інтерфейсу фрейму;  $at_g$  – атрибут, що ідентифікує глобально унікальний ідентифікатор інтерфейсу фрейму;  $at_{el\_if}$  – атрибут, що ідентифікує елемент інтерфейсу фрейму;  $at_{el\_fr\_t}$  – атрибут, що ідентифікує тип елемента інтерфейсу фрейму;  $At_{fr\_rel\_n}$  – кортеж атрибутів, що описують ім'я зв'язку;  $At_{el\_fr\_rel}$  – кортеж атрибутів, що описують елемент опису зв'язку;  $At_{el\_fr\_rel\_t}$  – кортеж атрибутів, що описують тип елемента опису зв'язку;  $at_{fr\_rel\_n}$  – атрибут, що ідентифікує ім'я зв'язку;  $at_{el\_fr\_rel}$  – атрибут, що ідентифікує елемент опису зв'язку;  $at_{el\_fr\_rel\_t}$  – атрибут, що ідентифікує тип елемента опису зв'язку;  $at_n^1$  – атрибут, що ідентифікує ім'я першого фрейму, що може брати участь в утворенні зв'язку (може бути не визначений);  $at_n^2$  – атрибут, що ідентифікує ім'я другого фрейму, який може брати участь в утворенні зв'язку (може бути не визначений).

Розроблені моделі поведінкових патернів першої групи структурного патерна  $Pt_{fr\_str}$  мають вигляд

$$1_{Pt_{fr\_str}}^{add} : [At_n \oplus At_x] \oplus [At_{el\_fr} \oplus At_x] \oplus [At_{el\_fr\_t} \oplus At_x] \oplus [\emptyset \oplus At_x], \tag{19}$$

$$1_{Pt_{fr\_str}}^{upd} : [(At_n \setminus At_x) \cup At'_x] \oplus [(At_{el\_fr} \setminus At_x) \cup At'_x] \oplus [(At_{el\_fr\_t} \setminus At_x) \cup At'_x], \tag{20}$$

$$1_{Pt_{fr\_str}}^{del} : [At_n \setminus At_x] \oplus [At_{el\_fr} \setminus At_x] \oplus [At_{el\_fr\_t} \setminus At_x], \quad (21)$$

де  $1_{Pt_{fr\_str}}^{add}$  – модель патерна додавання нових знань про фрейм і його структуру;

$1_{Pt_{fr\_str}}^{upd}$  – модель патерна модифікації існуючих знань про фрейм і його структуру;

$1_{Pt_{fr\_str}}^{del}$  – модель патерна видалення застарілих знань про фрейм і його структуру.

Моделі поведінкових патернів першої групи для інших структурних патернів проектування представлення вимог на рівні знань мають вигляд, аналогічний виразам (19)-(21).

Розроблені моделі поведінкових патернів другої групи на рівні знань мають вигляд

$$H(Pt_{fr\_str}, Pt_{if}) : \{At_n^{fr\_str}, At_{el\_fr}^{fr\_str}, At_{el\_fr\_t}^{fr\_str}\} \rightarrow \{At_{el\_if}^{if}, At_{el\_if\_t}^{if}\}, \quad (22)$$

$$\begin{aligned} H(Pt_{fr\_str}, Pt_{fr\_rel}) : \{At_n^{fr\_str}, At_{el\_fr}^{fr\_str}, At_{el\_fr\_t}^{fr\_str}\} \rightarrow \\ \rightarrow \{At_{el\_fr\_rel}^{fr\_rel}, At_{el\_fr\_rel\_t}^{fr\_rel}\}, \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} H(Pt_{fr\_str}, Pt_{net\_fr}) : \{At_n^{fr\_str}, At_{el\_fr}^{fr\_str}, At_{el\_fr\_t}^{fr\_str}\} \rightarrow \\ \rightarrow \{At_n^{net\_fr}, At_{el\_fr}^{net\_fr}, At_{el\_fr\_t}^{net\_fr}\}, \end{aligned} \quad (24)$$

$$H(Pt_{if}, Pt_{fr\_str}) : \{At_g^{if}\} \rightarrow \{At_{el\_fr}^{fr\_str}\}, \quad (25)$$

$$H(Pt_{if}, Pt_{fr\_rel}) : \{At_g^{if}, At_{el\_if}^{if}, At_{el\_if\_t}^{if}\} \rightarrow \{At_{el\_fr\_rel}^{fr\_rel}, At_{el\_fr\_rel\_t}^{fr\_rel}\}. \quad (26)$$

Модель (22) існує тільки при виконанні умови

$$\begin{aligned} \forall \{At_n^{fr\_str}, At_{el\_fr}^{fr\_str}, At_{el\_fr\_t}^{fr\_str}\} \exists [\{At_n^{fr\_str}\} \rightarrow \{At_{el\_if}^{if}\}] \oplus \\ \oplus [\{At_{el\_fr}^{fr\_str}, At_{el\_fr\_t}^{fr\_str}\} \rightarrow \{At_{el\_if}^{if}, At_{el\_if\_t}^{if}\}] = 1 \end{aligned} \quad (27)$$

З використанням структурних патернів проектування вимог з множини (18) було розроблено модель представлення сформульованої  $i$ -ї функціональної вимоги до ІС  $tr_i^f$  на рівні знань як основний елемент архітектурного фреймворка макропроектування ІС. Ця модель має вигляд

$$\begin{aligned} K_i^f = \{ \langle d_n^{ij}, \{ \langle d_{el\_fr}^{ij}, d_{el\_fr\_t}^{ij} \rangle \} \rangle, \langle d_g^{ij}, \{ \langle d_{el\_if}^{ij}, d_{el\_if\_t}^{ij} \rangle \} \rangle, \\ \langle d_{fr\_rel\_n}^{ij}, \{ \langle d_{el\_fr\_rel}^{ij}, d_{el\_fr\_rel\_t}^{ij} \rangle \} \rangle \} \end{aligned} \quad (28)$$

де  $d_n^{ij}$  – опис найменування фрейму;  $d_{el\_fr}^{ij}$  – опис елемента фрейму;  $d_{el\_fr\_t}^{ij}$  – опис типу елемента фрейму;  $d_g^{ij}$  – опис найменування інтерфейсу;  $d_{el\_if}^{ij}$  – опис еле-

мента інтерфейсу;  $d_{el\_if\_t}^{ij}$  – опис типу елемента інтерфейсу;  $d_{fr\_rel\_n}^{ij}$  – опис найменування зв'язку між інтерфейсами й/або фреймами;  $d_{el\_fr\_rel}^{ij}$  – опис елемента зв'язку;  $d_{el\_fr\_rel\_t}^{ij}$  – опис типу елемента зв'язку.

Між елементами представлення (28) існують такі відносини належності:

а) відношення належності елементів фрейму конкретному фрейму, що має вигляд

$$F_{\{<d_{el\_fr}^{ij}, d_{el\_fr\_t}^{ij}>\}}^{d_n^{ij}} : \begin{cases} D_n^i \rightarrow 2^{\{<d_{el\_fr}^{ij}, d_{el\_fr\_t}^{ij}>\}} \\ d_n^{ij} \rightarrow \{<d_{el\_fr}^{ij}, d_{el\_fr\_t}^{ij}>\} \end{cases}, \quad (29)$$

де  $D_n^i$  – множина описів найменувань фреймів, що характеризують концепти предметної області з погляду окремого учасника  $st_k$  процесу, що автоматизується;  $2^{\{<d_{el\_fr}^{ij}, d_{el\_fr\_t}^{ij}>\}}$  – булеан (множина всіх підмножин) підмножини  $\{<d_{el\_fr}^{ij}, d_{el\_fr\_t}^{ij}>\}$ , що описує можливий зміст фреймів з множиною описів найменувань  $D_n^i$ ;  $\{<d_{el\_fr}^{ij}, d_{el\_fr\_t}^{ij}>\}$  – підмножина описів елементів і їхніх типів фрейму з найменуванням  $d_n^{ij}$ ;

б) відношення належності елементів інтерфейсу конкретному інтерфейсу, що має вигляд

$$F_{\{<d_{el\_if}^{ij}, d_{el\_if\_t}^{ij}>\}}^{d_g^{ij}} : \begin{cases} D_g^i \rightarrow 2^{\{<d_{el\_if}^{ij}, d_{el\_if\_t}^{ij}>\}} \\ d_g^{ij} \rightarrow \{<d_{el\_if}^{ij}, d_{el\_if\_t}^{ij}>\} \end{cases}, \quad (30)$$

де  $D_g^i$  – множина описів найменувань інтерфейсів, що характеризують концепти предметної області з погляду окремого учасника  $st_k$  процесу, що автоматизується;  $2^{\{<d_{el\_if}^{ij}, d_{el\_if\_t}^{ij}>\}}$  – булеан підмножини  $\{<d_{el\_if}^{ij}, d_{el\_if\_t}^{ij}>\}$ , що описує можливий зміст інтерфейсів з множиною описів найменувань  $D_g^i$ ;  $\{<d_{el\_if}^{ij}, d_{el\_if\_t}^{ij}>\}$  – підмножина описів елементів і їхніх типів інтерфейсу з найменуванням  $d_g^{ij}$ ;

в) відношення належності елементів зв'язку конкретному зв'язку, що має вигляд

$$F_{\{<d_{el\_fr\_rel}^{ij}, d_{el\_fr\_rel\_t}^{ij}>\}}^{d_{fr\_rel\_n}^{ij}} : \begin{cases} D_{fr\_rel\_n}^i \rightarrow 2^{\{<d_{el\_fr\_rel}^{ij}, d_{el\_fr\_rel\_t}^{ij}>\}} \\ d_{fr\_rel\_n}^{ij} \rightarrow \{<d_{el\_fr\_rel}^{ij}, d_{el\_fr\_rel\_t}^{ij}>\} \end{cases}, \quad (31)$$

де  $D_{fr\_rel\_n}^i$  – множина описів найменувань зв'язків між інтерфейсами й/або фрей-

мами, що характеризують концепти предметної області з погляду окремого учасника процесу, що автоматизується;  $2^{\{ \langle d_{el\_fr\_rel}^{ij}, d_{el\_fr\_rel\_t}^{ij} \rangle \}}$  – булеан підмножини  $\{ \langle d_{el\_fr\_rel}^{ij}, d_{el\_fr\_rel\_t}^{ij} \rangle \}$ , що описує можливий зміст описів зв'язків з множиною описів найменувань  $D_{fr\_rel\_n}^i$ ;  $\{ \langle d_{el\_fr\_rel}^{ij}, d_{el\_fr\_rel\_t}^{ij} \rangle \}$  – підмножина описів елементів і їхніх типів зв'язку з найменуванням  $d_{fr\_rel\_n}^{ij}$ .

**У четвертому розділі** розроблено методи і моделі синтезу варіантів описів архітектури створеної ІС, вибору варіанту опису раціональної архітектури створеної ІС та оцінювання обсягу робіт з виконання ІТ-проекту створення ІС на основі обраного варіанту опису раціональної архітектури.

Метод формування представлень вимог до ІС на рівні інформації передбачає виконання таких етапів.

**Етап 1.** Формування публікації  $i$ -ї вимоги до ІС (або її версії).

**Етап 2.** Формування опису  $I_{ij}^{r\_publ}$  публікації  $i$ -ї вимоги до ІС (або її версії), структура якого визначається відповідним патерном моделі (9).

**Етап 3.** Формування множини описів  $\{I_{ij}^{r\_kn\_st}\}$  представника зацікавленої сторони (Споживача або Постачальника) як джерела  $i$ -ї вимоги до ІС (або її версії), структура якої визначається відповідним патерном моделі (9).

**Етап 4.** Формування множини описів  $\{I_{ij}^{r\_kn\_eobj}\}$  зовнішніх стосовно процесів  $i$ -ї вимоги до ІС (або її версії) об'єктів, які безпосередньо беруть участь у виконанні процесів і присутніх у публікації цієї вимоги до ІС (або її версії) і структура яких визначається відповідним патерном моделі (9).

**Етап 5.** Формування множини описів  $\{I_{ij}^{r\_kn\_dst}\}$  структур даних, присутніх у публікації  $i$ -ї вимоги до ІС (або її версії), структура яких визначається відповідним патерном моделі (9).

**Етап 6.** Формування множини описів  $\{I_{ij}^{r\_kn\_proc}\}$  процесів, присутніх у публікації  $i$ -ї вимоги до ІС (або її версії), структура яких визначається відповідним патерном моделі (9).

**Етап 7.** Формування загального представлення  $i$ -ї вимоги до ІС (або її версії) на рівні інформації

$$I_i^{tr} = I_{ij}^{r\_publ} \cup \{I_{ij}^{r\_kn\_st}\} \cup \{I_{ij}^{r\_kn\_eobj}\} \cup \{I_{ij}^{r\_kn\_dst}\} \cup \{I_{ij}^{r\_kn\_proc}\}. \quad (32)$$

Завершення застосування методу.

Результати застосування даного методу є вихідними даними для групи методів формування представлень вимоги до ІС на рівні знань.

Результатом застосування методу формування представлення  $i$ -ї функціональної

вимоги до ІС на рівні знань  $K_i^f(U_{st_k})$  окремого учасника  $st_k$  процесу, що автоматизується, є представлення  $i$ -ї функціональної вимоги до ІС на рівні знань  $K_i^f(U_{st_k})$ , що відображує локальну точку зору зацікавленого представника Споживача на сформульовану  $i$ -у функціональну вимогу.

Результатом застосування наведеного в роботі методу формування представлення  $i$ -ї функціональної вимоги до ІС на рівні знань  $K_i^{trU}$  є представлення  $i$ -ї функціональної вимоги до ІС на рівні знань  $K_i^{trU}$ , що відображує погоджену точку зору Споживача на сформульовану  $i$ -у функціональну вимогу, вироблену на основі локальних точок зору окремих учасників процесу, що автоматизується.

Результатом застосування методу формування представлення  $i$ -ї функціональної вимоги до ІС  $K_i^{fPr}$  на рівні знань Постачальника є представлення  $i$ -ї функціональної вимоги до ІС на рівні знань  $K_i^{fPr}$ , що відображує точку зору Постачальника на сформульовану  $i$ -у функціональну вимогу, вироблену на основі досвіду Постачальника щодо реалізації схожих функціональних вимог у раніше виконаних ІТ-проектах створення ІС.

Метод формування загальносистемного представлення  $i$ -ї функціональної вимоги до ІС на рівні знань  $K_i^{fIS}$  передбачає виконання таких етапів.

**Етап 1.** Виділити представлення  $K_i^{fU}$  й  $K_i^{fPr}$ , що відбивають точки зору на  $i$ -у функціональну вимогу Споживача й Постачальника відповідно.

**Етап 2.** Включити в представлення  $K_i^{fIS}$  описи фреймів, інтерфейсів і зв'язків, які виділені Споживачем і можуть бути повторно реалізовані Постачальником, шляхом виконання операцій

$$\begin{aligned} \exists(\{< d_{el\_fr}^{ijU}, d_{el\_fr\_t}^{ijU} >\} \subseteq \{< d_{el\_fr}^{ibPr}, d_{el\_fr\_t}^{ibPr} >\}) \Rightarrow \\ \Rightarrow K_i^{fIS} = K_i^{fIS} + < d_n^{ibPr}, \{< d_{el\_fr}^{ibPr}, d_{el\_fr\_t}^{ibPr} >\} >; \end{aligned} \quad (33)$$

$$\begin{aligned} \exists(\{< d_{el\_if}^{ijU}, d_{el\_if\_t}^{ijU} >\} \subseteq \{< d_{el\_if}^{ibPr}, d_{el\_if\_t}^{ibPr} >\}) \Rightarrow \\ \Rightarrow K_i^{fIS} = K_i^{fIS} + < d_g^{ibPr}, \{< d_{el\_if}^{ibPr}, d_{el\_if\_t}^{ibPr} >\} >; \end{aligned} \quad (34)$$

$$\begin{aligned} \exists(\{< d_{el\_fr\_rel}^{ijU}, d_{el\_fr\_rel\_t}^{ijU} >\} = \{< d_{el\_fr\_rel}^{ibPr}, d_{el\_fr\_rel\_t}^{ibPr} >\}) \Rightarrow \\ \Rightarrow K_i^{fIS} = K_i^{fIS} + < d_{fr\_rel\_n}^{ibPr}, \{< d_{el\_fr\_rel}^{ibPr}, d_{el\_fr\_rel\_t}^{ibPr} >\} >. \end{aligned} \quad (35)$$

**Етап 3.** Доповнити загальносистемне представлення  $K_i^{fIS}$  описами фреймів, інтерфейсів і зв'язків, які необхідні з погляду Постачальника, шляхом виконання операції

$$K_i^{fIS} = K_i^{fIS} \cup K_i^{fPr}. \quad (36)$$

**Етап 4.** Доповнити загальносистемне представлення  $K_i^{fIS}$  описами фреймів, інтерфейсів і зв'язків, які необхідні з погляду Споживача й не відповідають умовам виконання операцій (47)-(49), шляхом виконання операції

$$K_i^{fIS} = K_i^{fIS} \cup K_i^{fU}, \quad (37)$$

після чого завершити застосування методу.

Загальносистемні представлення функціональних вимог до ІС на рівні знань  $K_i^{fIS}$ , сформовані в результаті використання розглянутих вище методів, є вихідною інформацією для синтезу опису архітектури створюваної системи. Метод синтезу варіантів описів архітектури створюваної ІС передбачає виконання таких етапів.

**Етап 1.** Сформувані вихідний варіант опису архітектури створюваної ІС  $Arch_{base}$ .

Крок 1.1. Прийняти  $n = |K_i^{fIS}|$ .

Крок 1.2. Сформувані множини описів ІТ-послуг  $IT_{acm}$  шляхом виконання операції  $IT_{acm_j} = K_i^{fIS}$ .

Крок 1.3. Для множини представлень  $\{K_i^{fIS}\}$  виконати операцію  $Arch_{base} = \bigcup_{i=c+1}^e K_i^{fIS}$ .

**Етап 2.** Установити значення коефіцієнта відштовхування  $r$  й розрахувати значення функції  $Pr\ ofit(IT_{acm}, r) = \left( \sum_{j=1}^k S(IT_{acm_j}) / W(IT_{acm_j})^r \right) \times |IT_{acm_j}| / \sum_{j=1}^k |IT_{acm_j}|$ .

**Етап 3.** Провести синтез оптимальних і/або прийнятних варіантів описів архітектури створюваної ІС.

Крок 3.1. Прийняти  $Pr\ ofit_{max} = Pr\ ofit(IT_{acm}, r)$ ,  $i = 1$ ,  $j = 1$ ,  $k = |IT_{acm}|$ .

Крок 3.2. Вибрати представлення  $K_i^{fIS}$ .

Крок 3.3. Якщо  $K_i^{fIS} \in IT_{acm_j}$ , то виключити  $K_i^{fIS}$  з  $IT_{acm_j}$ . У іншому випадку перейти до Кроку 3.13.

Крок 3.4. Прийняти  $z = 0$ ,  $m = 0$ .

Крок 3.5. Якщо  $z = j$ , те прийняти  $z = z + 1$ .

Крок 3.6. Якщо  $z > k$ , те перейти до Кроку 3.12.

Крок 3.7. Включити  $K_i^{fIS}$  в  $IT_{acm_z}$ .

Крок 3.8. Розрахувати значення  $Pr\ ofit(IT_{acm}, r)$  за виразом



$$Profit(IT_{act}, r) = \left( \sum_{j=1}^k S(IT_{act_j}) / W(IT_{act_j})^r \right) \times |IT_{act_j}| / \sum_{j=1}^k |IT_{act_j}|.$$

Крок 3.9. Якщо  $Profit(IT_{act}, r) > Profit_{max}$ , то зафіксувати варіант опису архітектури створюваної ІС як множину  $IT_{act}$ , скориговану з урахуванням виконання Кроку 3.3 і Кроку 3.7, прийняти  $m = 1$  й перейти до Кроку 3.12.

Крок 3.10. Якщо  $Profit(IT_{act}, r) \in [Profit_{max} - \varepsilon; Profit_{max}]$ , то зафіксувати варіант опису архітектури створюваної ІС як множину  $IT_{act}$ , скориговану з урахуванням виконання Кроку 3.3 і Кроку 3.7.

Крок 3.11. Прийняти  $z = z + 1$ . Якщо  $z \leq k$ , то перейти до Кроку 3.5.

Крок 3.12. Якщо  $IT_{act_j} = \emptyset$  й  $m = 1$ , то виключити  $IT_{act_j}$  з множини  $IT_{act}$  й прийняти  $k = k - 1$ .

Крок 3.13. Прийняти  $j = j + 1$ . Якщо  $j \leq k$ , то перейти до Кроку 3.3.

Крок 3.14. Прийняти  $i = i + 1$ . Якщо  $i \leq n$ , то перейти до Кроку 3.2.

Крок 3.15. Якщо  $m = 1$ , то прийняти  $i = 1$  й  $j = 1$ , після чого перейти до Кроку 3.2. У іншому випадку завершити виконання етапу методу.

**Етап 4.** Виключити з розгляду всі зафіксовані на Етапі 3 варіанти описів архітектури створюваної ІС  $IT_{act}$ , для яких не виконується умова  $Profit(IT_{act}, r) \in [Profit_{max} - \varepsilon; Profit_{max}]$ . Завершити застосування методу.

Результатом застосування методу синтезу варіантів описів архітектури створюваної ІС є множина прийнятних варіантів описів архітектури, які або є оптимальними, або незначно гірші за оптимальний. Це дозволяє значно розширити область пошуку компромісного варіанта опису архітектури створюваної ІС, який максимально можливо мірою задовольняє як Постачальника, так і Споживача.

Множина прийнятних варіантів описів архітектури створюваної ІС є вихідною інформацією для рішення задачі синтезу варіанта опису раціональної архітектури ІС. Дану задачу запропоновано описати теоретико-ігровою моделлю вигляду

$$\Gamma_{IS} = \langle \{Pr, U\}, \{X^{\{Pr, U\}}\}, \{f^{\{Pr, U\}}\} \rangle, \quad (38)$$

де  $\Gamma_{IS}$  – позначення гри Постачальника й Споживача як основних правовласників створюваної ІС, чії вимоги повинні бути задоволені;  $\{Pr, U\}$  – множина гравців, що беруть участь у грі  $\Gamma_{IS}$  (Постачальник і Споживач);  $\{X^{\{Pr, U\}}\}$  – множина стратегій гри  $\Gamma_{IS}$ , сформована на основі множини варіантів описів архітектури створюваної ІС  $IT_{act}$ ;  $\{f^{\{Pr, U\}}\}$  – множина функцій виграшу гри  $\Gamma_{IS}$ , що складається з виразів

$$F_{Pr} = \sum_{i=c+1}^e 1 - \left| K_i^{f_{IS}} \setminus K_i^{f_{Pr}} \right| / \left| K_i^{f_{IS}} \right| \rightarrow \max, \quad F_U = \sum_{i=c+1}^e 1 - \left| K_i^{f_{IS}} \setminus K_i^{f_U} \right| / \left| K_i^{f_{IS}} \right| \rightarrow \max.$$

Матриці виграшу Постачальника й Споживача в грі (38) будуть мати, відповідно, вигляд

$$Pr = \begin{pmatrix} 1 - \frac{|K_{l(c+1)}^{f_{IS}} / K_{l(c+1)}^{f_{Pr}}|}{|K_{l(c+1)}^{f_{IS}}|} & \dots & 1 - \frac{|K_{li}^{f_{IS}} / K_{li}^{f_{Pr}}|}{|K_{li}^{f_{IS}}|} & \dots & 1 - \frac{|K_{le}^{f_{IS}} / K_{le}^{f_{Pr}}|}{|K_{le}^{f_{IS}}|} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 - \frac{|K_{j(c+1)}^{f_{IS}} / K_{j(c+1)}^{f_{Pr}}|}{|K_{j(c+1)}^{f_{IS}}|} & \dots & 1 - \frac{|K_{ji}^{f_{IS}} / K_{ji}^{f_{Pr}}|}{|K_{ji}^{f_{IS}}|} & \dots & 1 - \frac{|K_{je}^{f_{IS}} / K_{je}^{f_{Pr}}|}{|K_{je}^{f_{IS}}|} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 - \frac{|K_{k(c+1)}^{f_{IS}} / K_{k(c+1)}^{f_{Pr}}|}{|K_{k(c+1)}^{f_{IS}}|} & \dots & 1 - \frac{|K_{ki}^{f_{IS}} / K_{ki}^{f_{Pr}}|}{|K_{ki}^{f_{IS}}|} & \dots & 1 - \frac{|K_{ke}^{f_{IS}} / K_{ke}^{f_{Pr}}|}{|K_{ke}^{f_{IS}}|} \end{pmatrix}, \quad (39)$$

$$U = \begin{pmatrix} 1 - \frac{|K_{l(c+1)}^{f_{IS}} / K_{l(c+1)}^{f_U}|}{|K_{l(c+1)}^{f_{IS}}|} & \dots & 1 - \frac{|K_{li}^{f_{IS}} / K_{li}^{f_U}|}{|K_{li}^{f_{IS}}|} & \dots & 1 - \frac{|K_{le}^{f_{IS}} / K_{le}^{f_U}|}{|K_{le}^{f_{IS}}|} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 - \frac{|K_{j(c+1)}^{f_{IS}} / K_{j(c+1)}^{f_U}|}{|K_{j(c+1)}^{f_{IS}}|} & \dots & 1 - \frac{|K_{ji}^{f_{IS}} / K_{ji}^{f_U}|}{|K_{ji}^{f_{IS}}|} & \dots & 1 - \frac{|K_{je}^{f_{IS}} / K_{je}^{f_U}|}{|K_{je}^{f_{IS}}|} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 - \frac{|K_{k(c+1)}^{f_{IS}} / K_{k(c+1)}^{f_U}|}{|K_{k(c+1)}^{f_{IS}}|} & \dots & 1 - \frac{|K_{ki}^{f_{IS}} / K_{ki}^{f_U}|}{|K_{ki}^{f_{IS}}|} & \dots & 1 - \frac{|K_{ke}^{f_{IS}} / K_{ke}^{f_U}|}{|K_{ke}^{f_{IS}}|} \end{pmatrix}. \quad (40)$$

Для знаходження результату гри (38) пропонується використовувати метод пошуку рівноваг Неша для біматричної гри в чистих стратегіях. Даний метод передбачає виконання таких етапів.

**Етап 1.** Сформувані матриці виграшів Споживача  $U$  (40) й Постачальника  $Pr$  (39).

**Етап 2.** Відзначити максимальні елементи в кожному стовпці матриці  $U$ . Якщо в деякому стовпці даної матриці кілька максимальних елементів, то необхідно відзначити всі такі елементи.

**Етап 3.** Відзначити максимальні елементи в кожному рядку матриці  $Pr$ . Якщо в деякому рядку даної матриці кілька максимальних елементів, то необхідно відзначити всі такі елементи.

**Етап 4.** Провести пошук перетинання результатів Етапу 2 і Етапу 3 (тобто максимальних елементів, які перебувають на тих самих позиціях у кожній з матриць).

**Етап 5.** Якщо результат виконання Етапу 4 не є порожньою множиною, зафіксувати відповідні варіанти описів архітектури створюваної ІС як описи раціональної архітектури даної системи  $\{K_{ji}^{f_{IS}}\}_{i=(c+1), \dots, e}^{\{Pr, U\}}$ . У іншому випадку визнати, що опису раціональної архітектури ІС на чистих стратегіях не існує. Завершити застосування методу.

Для оцінки обсягу робіт зі створення ІС на основі синтезованого варіанта опису раціональної архітектури запропоновано використовувати умовну одиницю об'єму

робіт зі створення ІС, що являє собою окрему гілку таксономії фреймів, присутніх в описі раціональної архітектури створюваної ІС. Цю умовну одиницю пропонується йменувати тут і надалі онтологічною точкою.

Модель онтологічної точки має вигляд

$$OntPD = \langle FR_{OntPD} = (fr_i, \dots, fr_k, \dots, fr_j), C^{gen}, G_{OntPD} = (\langle fr_i, fr_{i+1}, C^{gen} \rangle, \dots, \langle fr_{k-1}, fr_k, C^{gen} \rangle, \langle fr_k, fr_{k+1}, C^{gen} \rangle, \dots, \langle fr_{j-1}, fr_j, C^{gen} \rangle) \rangle \quad (41)$$

при виконанні умови

$$\forall fr_k \in FR_{OntPD} \exists \langle fr_{k-1}, fr_k, C^{gen} \rangle \cap \langle fr_k, fr_{k+1}, C^{gen} \rangle \in G_{OntPD}, i < k < j, \quad (42)$$

де  $OntPD$  – формалізований опис онтологічної точки;  $FR_{OntPD}$  – підмножина фреймів, що утворюють онтологічну точку,  $FR_{OntPD} \subseteq FR$ ;  $G_{OntPD}$  – множина відображень, які задають зв'язки генералізації між фреймами, що входять у множину  $FR_{OntPD}$ ;  $i$  – ідентифікатор кореневого фрейму онтологічної точки;  $j$  – ідентифікатор фрейму-листка онтологічної точки.

Метод формування описів онтологічних точок передбачає виконання таких етапів.

**Етап 1.** Вибрати нерозглянуте раніше представлення  $K_i^{fIS} \in \{K_i^{fIS}\}$ , що утворює опис раціональної архітектури створюваної ІС.

**Етап 2.** Зафіксувати нерозглянутий раніше фрейм  $fr^{ij}$  із множини фреймів представлення  $K_i^{fIS}$ .

**Етап 3.** Виділити підмножину зв'язків  $G_{OntPD}^p \in C^{gen}$ , для яких зафіксований фрейм є дочірнім.

**Етап 4.** Якщо  $G_{OntPD}^p = \emptyset$ , то перейти до Етапу 6.

**Етап 5.** Зафіксувати один зі зв'язків підмножини  $G_{OntPD}^p$  й фрейма  $fr^{ik}$ , який для зафіксованого зв'язку є батьківським. Потім перейти до Етапу 3.

**Етап 6.** Виділити підмножину зв'язків  $G_{OntPD}^{ch} \in C^{gen}$ , для яких зафіксований фрейм є батьківським.

**Етап 7.** Якщо  $G_{OntPD}^{ch} = \emptyset$ , то перейти до Етапу 9.

**Етап 8.** Зафіксувати один зі зв'язків підмножини  $G_{OntPD}^{ch}$  й фрейма  $fr^{ik}$ , який для зафіксованого зв'язку є дочірнім. Потім перейти до Етапу 6.

**Етап 9.** Сформувані раніше не існуючий опис онтологічної точки  $OntPD_m, m = 1, 2, 3, \dots$  із зафіксованих у ході виконання Етапів 2-8 фреймів і зв'язків і виключити зафіксовані зв'язки з розгляду. Якщо для фрейму  $fr^{ij}$  виконується умова  $G_{OntPD}^p = \emptyset \cap G_{OntPD}^{ch} = \emptyset$ , то перейти до Етапу 10. Якщо для фрейму  $fr^{ij}$  викону-

ється умова  $G_{OntPD}^P = \emptyset$ , то перейти до Етапу 8. У іншому випадку перейти до Етапу 5.

**Етап 10.** Виключити фрейм  $fr^{ij}$  із розгляду. Якщо множина фреймів представлення  $K_i^{fIS}$  порожня, то виключити представлення  $K_i^{fIS}$  з розгляду й перейти до Етапу 11. У іншому випадку перейти до Етапу 2.

**Етап 11.** Якщо виконується умова  $\{K_i^{fIS}\} = \emptyset$ , то завершити застосування методу. У іншому випадку перейти до Етапу 1.

Для проведення аналізу представлень вимог на рівні знань були розроблені методи, що дозволяють виявляти суперечливі описи фреймів, інтерфейсів і зв'язків, а також нелогічно сформульовані вимоги.

Як приклад методу аналізу на несуперечність запропоновано метод аналізу окремих фреймів представлення  $K_i^{fIS}$  на несуперечність, що складається з таких етапів.

**Етап 1.** Вибрати раніше не розглянутий фрейм  $fr^{ia} \in K_i^f$ .

**Етап 2.** Вибрати раніше не розглянутий фрейм  $fr^{jb} \in K_j^f$ ,  $K_j^f \in \{K_j^f\}$ .

**Етап 3.** Якщо виконується умова

$$(d_n^{ia} = d_n^{jb}) \wedge ((\{ \langle d_{el\_fr}^{ia}, d_{el\_fr\_t}^{ia} \rangle \} / \{ \langle d_{el\_fr}^{jb}, d_{el\_fr\_t}^{jb} \rangle \}) = \emptyset), \quad (43)$$

то визнати наявність протиріччя між  $i$ -ю і  $j$ -ю функціональними вимогами в описах фреймів  $fr^{ia}$  і  $fr^{jb}$ , після чого перейти до Етапу 5.

**Етап 4.** Якщо виконується умова

$$((d_n^{ia} \subseteq d_n^{jb}) \vee (d_n^{ia} \supseteq d_n^{jb})) \wedge ((\{ \langle d_{el\_fr}^{ia}, d_{el\_fr\_t}^{ia} \rangle \} \cap \cap \{ \langle d_{el\_fr}^{jb}, d_{el\_fr\_t}^{jb} \rangle \}) = \emptyset), \quad (44)$$

то визнати наявність протиріччя між  $i$ -ю і  $j$ -ю функціональними вимогами в описах фреймів  $fr^{ia}$  і  $fr^{jb}$ .

**Етап 5.** Виключити фрейм  $fr^{jb}$  із подальшого розгляду. Якщо не розглянуті всі фрейми  $fr^{jb} \in K_j^f$ , то перейти до Етапу 2.

**Етап 6.** Виключити представлення  $K_j^f$  з подальшого розгляду. Якщо не розглянуті всі представлення множини  $\{K_j^f\}$ , то вибрати раніше не розглянуте представлення  $K_j^f \in \{K_j^f\}$  й перейти до Етапу 2.

**Етап 7.** Виключити фрейм  $fr^{ia}$  із подальшого розгляду. Якщо не розглянуті всі фрейми  $fr^{ia} \in K_i^f$ , то перейти до Етапу 1, у іншому випадку – завершити застосу-

вання методу.

Метод виявлення нелогічних функціональних вимог складається з таких етапів.

**Етап 1.** Вибрати нерозглянуте раніше представлення  $K_i^{fIS}$  з множини представлень  $\{K_i^{fIS}\}$ , що утворюють опис раціональної архітектури створюваної ІС.

**Етап 2.** Виділити множину описів онтологічних точок  $\{OntPD_{im}\}$  представлення  $K_i^{fIS}$ . Прийняти множину описів нелогічних онтологічних точок  $\{OntPD_{im}^{irr}\} = \{OntPD_{im}\}$ .

**Етап 3.** Вибрати нерозглянуте раніше представлення  $K_j^{fIS}$ ,  $j \neq i$  з множини представлень, що утворюють опис раціональної архітектури створюваної ІС. Прийняти  $\{K_j^{fIS}\} = \{K_i^{fIS}\} \setminus K_i^{fIS}$ .

**Етап 4.** Сформувати множину описів онтологічних точок  $\{OntPD_{jm}\}$  представлення  $K_j^{fIS}$ .

**Етап 5.** Прийняти множину описів нелогічних онтологічних точок  $\{OntPD_{im}^{irr}\} = \{OntPD_{im}^{irr}\} / \{OntPD_{jm}\}$ . Якщо  $\{OntPD_{im}^{irr}\} = \emptyset$ , то перейти до Етапу 8.

**Етап 6.** Виключити представлення  $K_j^{fIS}$  з подальшого розгляду. Якщо  $\{K_j^{fIS}\} \neq \emptyset$ , то перейти до Етапу 3.

**Етап 7.** Розрахувати значення показника  $Irr_i$  за виразом  $Irr_i = \left| \frac{\{OntPD_{im}^{irr}\}}{\{OntPD_{im}\}} \right| \times 100\%$  й визнати нелогічність  $i$ -ї функціональної вимоги з виділенням нелогічних онтологічних точок.

**Етап 8.** Виключити представлення  $K_i^{fIS}$  з подальшого розгляду. Якщо  $\{K_i^{fIS}\} \neq \emptyset$ , то перейти до Етапу 1. У іншому випадку – завершити застосування методу.

**У п'ятому розділі** запропоновані основні результати розробки ІТ формування та аналізу вимог до ІС. Уточнено визначення ІТ формування та аналізу вимог до ІС як сукупності уніфікованих в рамках архітектурного фреймворка макропроекування ІС і заснованих на знаннях методів, прийомів і способів застосування комплексу засобів автоматизації або його окремих елементів, використовуваної для виконання однієї або декількох робіт в рамках процесів макропроекування ІС. Виходячи з даного визначення, сформульовано концепцію ІТ формування та аналізу вимог до ІС і визначені основні стадії даної ІТ. Відповідно до виділених стадій були сформовані основні концепти предметної області даної ІТ. За результатами виділення були встановлені основні ІТ-послуги ІТ формування та аналізу вимог до ІС, взаємозв'язки яких показані на рис. 2. Розроблено рішення з ІЗ ІТ формування та аналізу вимог до ІС, які ре-

алізують запропоновані моделі патернів проектування вимог до ІС.

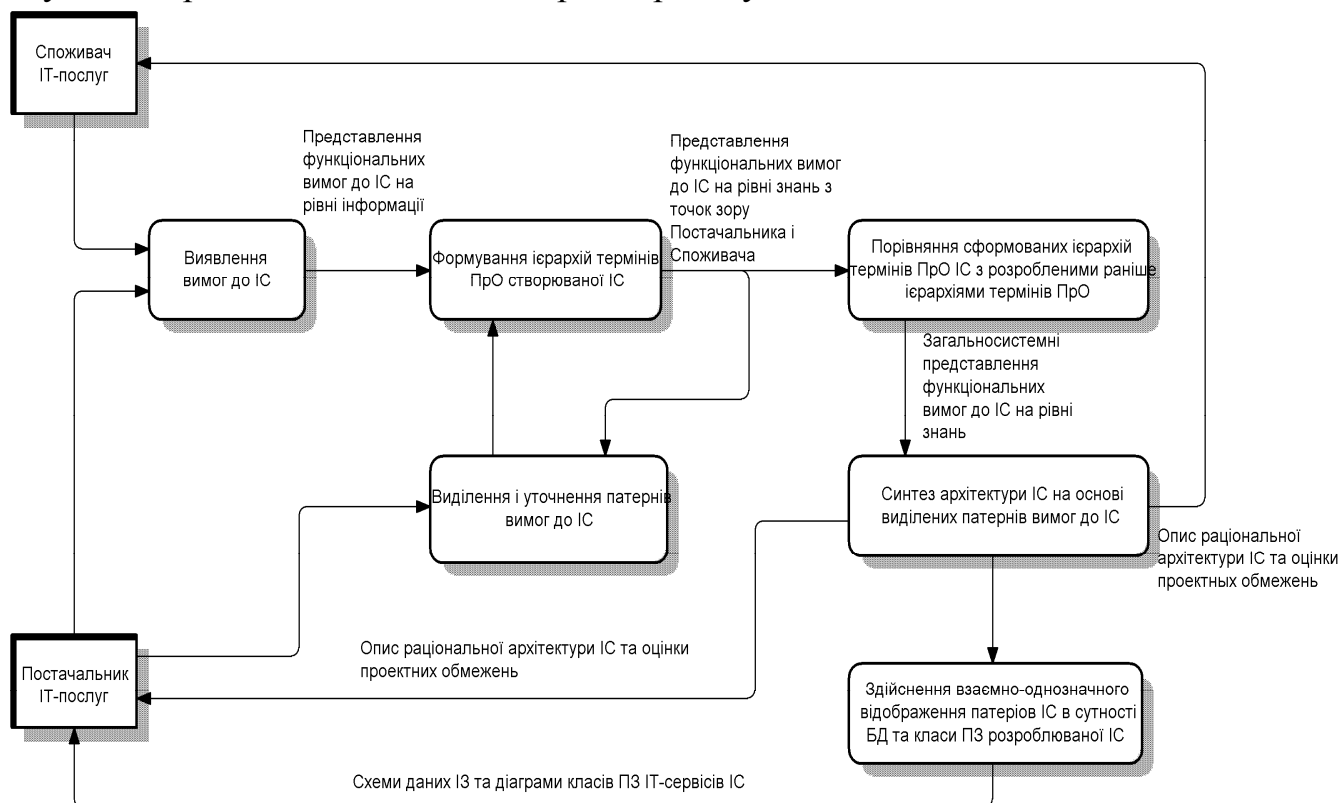


Рисунок 2 – Схема потоків даних, що описує основні взаємозв'язки ІТ-послуг інформаційної технології формування та аналізу вимог до інформаційних систем

Для запропонованої ІТ формування та аналізу вимог до ІС визначено два основних режими роботи під час експлуатації:

а) використання раніше виконаного ІТ-проекту створення ІС для заповнення бібліотеки раніше реалізованих вимог представленнями сформульованих вимог до ІС і відповідних цим вимогам проектних рішень з ІЗ і ПЗ ІС;

б) ре-використання елементів бібліотеки раніше реалізованих вимог до ІС в ході виконання процесів макропроекування нової ІС.

У шостому розділі наведено результати вирішення питань програмної реалізації та апробації розробленої ІТ формування та аналізу вимог до ІС.

В ході програмної реалізації були сформульовані основні вимоги до реалізації даної ІТ. Розглянуто особливості програмної реалізації розроблених методів, згідно з якими запропоновано використовувати технології XSL-перетворення публікацій вимоги до ІС і методи управління зведеними даними, що дозволяють представити етапи методів, що реалізуються, у вигляді SQL-команд формування та обробки матеріалізованих представлень.

Проведено апробацію ІТ формування та аналізу вимог до ІС, яка демонструє ефект від ре-використання елементів бібліотеки раніше реалізованих вимог в ході макропроекування функціонального модуля безпеки праці для ПАТ «Харківміськгаз». Аналіз результатів використання ІТ показав скорочення трудовитрат на 1,18 люд./міс та витрат часу на 0,13 місяців.

Застосування розробленої ІТ формування та аналізу вимог до ІС дозволяє підвищити ефективність функціонування процесу макропроекування для ІТ-проектів створення ІС та ІТ управління підприємствами і організаціями незалежно від розмірів ІТ-проектів. Це підтверджується результатами апробації даної ІТ в ході виконання ІТ-проекту розробки ІС автоматизації страхової компанії ТОВ «ПрофІТсофт». Аналіз результатів використання ІТ показав скорочення трудовитрат на 13,5 люд./міс та скорочення витрат часу на 0,3 місяця.

В цілому економічний ефект від впровадження результатів дисертаційної роботи склав понад 860 тис. грн.

**У додатках** наведено акти про впровадження результатів дисертаційної роботи, результати дослідження способів подання вимог до ІС, теоретико-категорні моделі елементів універсуму вимог до ІС, моделі патернів проектування версій вимог, приклади реалізації результатів дисертаційної роботи, візуальні моделі ІАС «Реєстр Ліги українських клубів інтелектуальних ігор» і проміжні результати апробації ІТ формування та аналізу вимог до ІС.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язана важлива науково-прикладна проблема створення методологічних основ, моделей, методів та інформаційної технології, які дозволяють сформулювати раціональний варіант опису архітектури створюваної інформаційної системи з максимально можливим задоволенням функціональних вимог Постачальника та Споживача та мінімальними витратами на реалізацію.

Основні наукові та практичні результати роботи полягають у такому:

1. Проведено аналіз існуючих підходів до формування вимог та створення описів архітектури ІС управління організаційно-технічними об'єктами і процесами. Визначені основні особливості цих підходів, а також головні цілі Постачальника та Споживача як основних учасників ІТ-проектів створення або реінжинірингу ІС. Виходячи з результатів аналізу сформульована науково-прикладна проблема, яка визначає мету і завдання дослідження.

2. Отримав подальший розвиток сервісний підхід до створення інформаційних систем, який, на відміну від існуючих, розглядає інформаційну систему у вигляді сукупності ІТ-послуг і ІТ-сервісів, які реалізують ці послуги і формуються на основі наявних проектних рішень, які задовольняють множині вимог, висунутих до системи, що дозволяє скоротити витрати на створення інформаційної системи за рахунок ре-використання системних компонентів.

3. Розроблено концепцію, згідно з якою вимога до ІС розглядається як сукупність взаємопов'язаних формальних представлень цієї вимоги на рівнях даних, інформації і знань. У відповідності до цієї концепції отримали подальший розвиток математичні моделі, що описують множину вимог до інформаційної системи на різних стадіях їх формування, які, на відміну від існуючих, описують зв'язки між представленнями вимог до інформаційної системи в ході їх формування, що дозволяє формально описати множину можливих архітектурних фреймворків створення ІС за допомогою

сервісного підходу.

4. Вперше розроблено математичну модель патерну проектування вимоги до інформаційної системи, яка уніфікує опис окремої вимоги до інформаційної системи, що дозволяє формалізувати процес ре-використання вимог до інформаційної системи в ході створення нових і реінжинірингу існуючих систем.

5. Вперше розроблено математичні моделі архітектурного фреймворка макропроекування інформаційних систем та сформульованої функціональної вимоги на рівні знань як основного елементу даного фреймворка, які базуються на формальному представленні фреймворка у вигляді множин структурних і поведінкових патернів проектування вимог, що дозволяє врахувати загальні особливості і обмеження та вирішити задачу синтезу опису раціональної архітектури створюваної інформаційної системи.

6. Удосконалено теоретико-множинні моделі, які описують синтаксис і семантику описів вимог до ІС на рівнях інформації і знань, які, на відміну від існуючих, базуються на моделі патерну проектування вимоги до ІС, що дозволяє уніфікувати роботи з формування, зберігання і обробки представлень вимог на цих рівнях незалежно від конкретних проектів створення ІС, для яких вимоги були сформульовані.

7. Вперше розроблено методи формування представлень функціональних вимог до ІС на рівнях інформації та знань, які дозволяють формалізувати процеси формування описів та аналізу вимог до ІС, що забезпечує скорочення витрат часу на виконання даних процесів та можливість автоматизованого проектування архітектури ІС.

8. Отримав подальший розвиток метод синтезу варіантів описів архітектури створюваної ІС, який, на відміну від існуючого, виділяє для подальшого дослідження ті варіанти описів, які незначно гірші за оптимальний, що дозволить максимально можливою мірою виконати вимоги Постачальника та Споживача ІТ-послуг в процесі формування компромісного опису раціональної архітектури створюваної ІС за рахунок збільшення множини вихідних варіантів описів архітектури.

9. Удосконалено теоретико-ігрову модель синтезу опису раціональної архітектури створюваної ІС, яка, на відміну від існуючих, описує процес синтезу опису раціональної архітектури як вибір варіанта опису, який найбільшою мірою відповідає представленням створюваної системи Постачальника і Споживача ІТ-послуг, що дозволяє автоматизувати процес проектування архітектури системи шляхом пошуку точок рівноваги Неша в чистих і змішаних стратегіях.

10. Вперше розроблено модель онтологічних точок, яка описує створювану ІС як множину окремих гілок таксономій фреймів, та метод формування описів онтологічних точок на основі даної моделі, що дозволяє автоматизувати процес кількісного оцінювання обсягу робіт зі створення ІС на основі розроблених моделей функціональних вимог на рівні знань.

11. Удосконалено методи аналізу сформульованих функціональних вимог до створюваної ІС шляхом виявлення суперечливих і нелогічних вимог у ході рішення задачі синтезу опису раціональної архітектури ІС, що дозволяє уніфікувати і автоматизувати виконання робіт з аналізу функціональних вимог в рамках макропроекування.



12. Уточнено визначення ІТ формування та аналізу вимог до ІС як сукупності уніфікованих в рамках архітектурного фреймворку макропроекування ІС і заснованих на знаннях методів, прийомів і способів застосування комплексу засобів автоматизації або його окремих елементів, що використовується для виконання однієї або декількох робіт в рамках процесів створення ІС, які безпосередньо працюють з вимогами до даної системи. Виходячи з даного визначення, сформульовано концепцію ІТ формування та аналізу вимог до ІС. На основі цієї концепції були розроблені рішення з ІЗ, що реалізують розроблені моделі патернів проектування вимог до ІС на рівнях даних, інформації і знань.

13. Запропонована концепція модифікації шаблону проектування ПЗ MVC, що покладена в основу реалізації основних елементів ІТ формування та аналізу вимог до ІС. Розглянуто основні рішення з реалізації розроблених методів у рамках ПЗ і ІЗ запропонованої ІТ.

14. Розроблені методи, моделі та елементи ІТ формування та аналізу вимог до ІС пройшли апробацію, під час якої було запропоновано два основних способи застосування даної ІТ. Перший спосіб дозволяє наповнювати бібліотеку раніше реалізованих вимог шляхом рефакторінга раніше виконаних ІТ-проектів створення ІС. Другий спосіб дозволяє ре-використовувати раніше реалізовані вимоги до ІС і відповідні до цих вимог ІТ-сервіси в ході виконання процесів макропроекування нових ІС. Апробація проводилася під час виконання робіт з розробки функціонального модуля безпеки праці комплексної системи управління ПАТ «Харківміськгаз». Аналіз результатів розробки показав скорочення трудовитрат та витрат часу на створення функціонального модуля безпеки праці на основі варіанту опису раціональної архітектури в порівнянні з аналогічними витратами на створення і впровадження базового варіанту опису архітектури даного модуля на 1,18 люд./міс. Для ІС автоматизації страхової компанії ТОВ «ПрофІТсофт» результати застосування запропонованої ІТ привели до скорочення трудовитрат на 13,5 люд./міс. Результати дисертаційної роботи були також впроваджені під час виконання таких робіт: модернізація ІС НТ СКБ «ПОЛІСВІТ» ДНВП «Об'єднання Комунар»; розробка ІС дистанційного моніторингу транспорту ТОВ ТД «ТехноДар». Крім того, результати роботи знайшли застосування в навчальному процесі Харківського національного університету радіоелектроніки при підготовці магістрів за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки та інформаційні технології» (спеціалізація «Інформаційні управляючі системи і технології»). Загальний економічний ефект від впровадження результатів дисертаційної роботи становить понад 860 тис. грн. Всі результати впровадження підтверджені відповідними актами і свідчать про ефективність застосування результатів дисертаційної роботи.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Левыкин В.М. Паттерны проектирования требований к информационной системе: моделирование и применение / В.М. Левыкин, М.В. Евланов, М.А. Керносов: монография. – Харьков: ООО «Компанія СМІТ», 2014. – 320 с.
2. Евланов, М.В. Глобальные цели поставщика и потребителя ИТ-услуг / М.В. Евла-

- нов, О.Е. Неумывакина, А.Ю. Карамышева // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 5/2 (59). – С. 12-17. (Входит до міжнародних наукометричних баз BASE, Ulrichsweb, Driver, Index Copernicus, WorldCat, DOAJ, EBSCO, FreeFullPDF, eLIBRARY, Bielefeld Academic Search Engine).
3. Евланов, М.В. Определение понятия «требование к информационной системе» / М.В. Евланов // Вісник Академії митної служби України. Серія «Технічні науки». – 2012. – № 2. – С. 71-77.
4. Евланов М.В. Онтологическая модель архитектуры информационной системы на основе сервисного подхода / М.В. Евланов // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2013. – № 2. – С. 130-135. (Входит до міжнародних наукометричних баз Academic Keys, ACNP, ADAT, BASE, CiteFactor, EBSCO, GBV/GVK, GetInfo, GIF, Impactfactor.pl, Index Copernicus, INSPEC).
5. Евланов, М.В. Информационная технология ускоренной разработки информационных систем / М.В. Евланов, М.А. Керносов, М.Э. Керносова // Управляющие системы и машины. – 2014. – № 1 (249). – С. 62-69.
6. Евланов М.В. Синтез схемы данных информационной системы на основе онтологического описания предметной области / М.В. Евланов, М. Э. Керносова // Проблемы информационных технологий. – 2014. – № 1 (5). – С. 124–131.
7. Евланов М.В. Модели паттернов проектирования требований к информационной системе на уровне данных / М.В. Евланов // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2014. – № 1 (65). – С. 128-138. (Входит до міжнародних наукометричних баз eLIBRARY, Index Copernicus, INSPEC).
8. Евланов, М.В. Концепция представления требования к элементу информационной системы / М.В. Евланов, Н.В. Васильцова, И.Ю. Панферова // Вісник Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського. – 2014. – Випуск 5/2014 (88). – С. 34-41. (Входит до міжнародних наукометричних баз Ulrich's Periodicals Directory, Index Copernicus, Polish Scholarly Bibliography, INSPEC).
9. Евланов, М.В. Разработка методов формирования представления сформулированного требования к информационной системе на уровне знаний / М.В. Евланов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 4. – С. 4-11. (Входит до міжнародних наукометричних баз Scopus, BASE, Ulrichsweb, Driver, Index Copernicus, WorldCat, DOAJ, EBSCO, FreeFullPDF, eLIBRARY, Bielefeld Academic Search Engine).
10. Евланов. М.В. Формирование и анализ требований к информационно-аналитической системе управления безопасностью труда на предприятии / М.В. Евланов, Н.Н. Сердюк // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – № 4/3(24). – С. 41-45. (Входит до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Ulrich's Periodical Directory, DRIVER, BASE, ResearchBib, DOAJ, WorldCat, EBSCO).
11. Евланов, М.В. Разработка модели и метода выбора описания рациональной архитектуры информационной системы / М.В. Евланов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2016. – № 1/2(79) – С. 4-12. (Входит до міжнародних наукометричних баз Scopus, BASE, Ulrichsweb, Driver, Index Copernicus, WorldCat, DOAJ, EBSCO, FreeFullPDF, eLIBRARY, Bielefeld Academic Search Engine).
12. Левыкин В.М. Концепция построения CASE-системы разработки информационных управляющих систем / В.М. Левыкин. М.В. Евланов, Мухайрат Мохаммад // АСУ и приборы автоматики. – 2001. – Вып. 114. – С. 55-59.

13. Левыкин В.М. Задача определения функторов между категорными моделями информационной системы / В.М. Левыкин, М.В. Евланов // Проблемы бионики. – 2003. – Вып. 58. – С. 62-67.
14. Євланов, М.В. Визначення лексикона візуального моделювання інформаційних систем / М.В. Євланов // Науковий вісник Інституту економіки та нових технологій „Нові технології”. –2004. – № 1-2 (4-5). – С. 204-208.
15. Васильцова, Н.В. Разработка метамодели требований к информационной системе / Н.В. Васильцова, М.В. Евланов, И.Ю. Панферова // АСУ и приборы автоматики. – 2004. – Вып. 129. – С. 19–27.
16. Левыкин, В.М. Метамодел ь функциональной структуры информационной системы / В.М. Левыкин, М.В. Евланов // Нові технології. Науковий вісник Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління. – 2006. – № 1 (11). – С. 67-72.
17. Левикін, В.М. Підхід до моделювання прийняття рішень при управлінні передпроектними стадіями створення інформаційної системи / В.М. Левикін, М.В. Євланов, В.О. Антонов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2006. – Вип. 43 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Том 2. – С. 177-181.
18. Левыкин, В.М. Параллельное проектирование информационного и программного комплексов информационной системы / В.М. Левыкин, М.В. Евланов, В.С. Сугробов // Радиотехника. – 2006. – Вып. 146. – С. 89-98.
19. Евланов, М.В. Концепция представления требований к информационной системе / М.В. Евланов // Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія «Нові рішення в сучасних технологіях». – 2012. – № 68 (974). – С. 32-40. (Входить до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, eLIBRARY).
20. Евланов М.В. Обобщенная модель фреймворка функционального сервиса информационной системы / М.В. Евланов, В.А. Никитюк // Системы обработки информации. – 2013. – Вип. 1(108). – С. 194-199.
21. Левыкин В.М. Модель архитектурного фреймворка ускоренной разработки информационной системы / В.М. Левыкин, М.В. Евланов // Науковий вісник Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління «Нові технології». – 2013. – № 1-2 (39-40). – С. 51-57.
22. Євланов М.В. Паттерни проектування вимог до інформаційної системи / М.В. Євланов // Вісник національного університету «Львівська політехніка». -2014. – № 783. – С. 429-434.
23. Левыкин, В.М. Формирование структуры работ IT-проекта создания информационной системы / В.М. Левыкин, М.В. Евланов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – № 2 (1045). – С. 81-86. (Входить до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, eLIBRARY).
24. Євланов М.В. Задача синтезу опису архітектури інформаційної системи / М.В. Євланов // Вісник національного університету «Львівська політехніка». – 2014. – № 805. – С. 114-123.
25. Евланов, М. В. Модели и метод определения состояния организма сотрудника

- предприятия / М.В. Евланов, Н.Н. Сердюк // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2015. – № 21(1130). – С. 163-169. (Входить до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, eLIBRARY).
26. Євланов, М.В. Моделі і методи синтезу опису раціональної архітектури інформаційної системи / М.В. Євланов, Н.В. Васильцова, І.Ю. Панфьорова // Вісник наукового університету «Львівська політехніка». Серія «Інформаційні системи та мережі». – 2015. – № 829. – С. 135-152.
27. Левыкин, В.М. Подход к формализации требований к информационной системе / В.М. Левыкин, М.В. Евланов, М.Ю. Хрипкова // Тез. докл. Междунар. конф. «Теория и техника передачи, приема и обработки информации». – Харьков: ХНУРЭ, 2003. – С. 242-243.
28. Евланов М.В. Формализация взаимных отображений моделей информационных систем / М.В. Евланов // Materiały IV Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji „Nowoczesnych naukowych osiągnięć – 2008”. – Tom 13. Matematyka. Fizyka. Nowoczesne informacyjne technologie. – Przemysł: Nauka i studia. – 2008. – S. 82-85.
29. Евланов, М.В. Разработка технологии синтеза информационной системы управления предприятием / М.В. Евланов, М.А. Керносков // Materiały VI Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji “Dynamika naukowych badań – 2010”. Volume 10. Techniczne nauki. Nowoczesne informacyjne technologie. Matematyka. Fizyczna kultura i sport. – Przemysł, Nauka i studia, 2010. – S. 76-79.
30. Евланов М.В. Теоретико-категорная модель IT-сервиса информационной системы управления предприятием / М.В. Евланов, В.А. Никитюк, О.И. Калмыкова // VI-я Международная научно-практическая конференция «Наука и социальные проблемы общества: информатизация и информационные технологии». Сборник научных трудов. – Харьков: ХНУРЭ, 2011. – С. 321-322.
31. Евланов, М.В. Концепция представления требований к информационной системе / М.В. Евланов // Информационные системы и технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Морское-Харьков, 22-29 сентября 2012 г.: тезисы докладов / редкол.: А.Д. Тевяшев (отв. ред.) и др. – Харьков: НТМТ, 2012. – С. 34.
32. Евланов, М.В. Технология быстрого проектирования информационных систем / М.В. Евланов, М.А. Керносков, М.Э. Лотфулина // Информационные системы и технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Морское-Харьков, 22-29 сентября 2012 г.: тезисы докладов / [редкол.: А.Д. Тевяшев (отв. ред.) и др.]. – Харьков: НТМТ, 2012. – С. 35.
33. Евланов, М.В. Модель методологии предпроектного обследования объекта автоматизации / М.В. Евланов // Збірник тез доповідей науково-практичної конференції «Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку». – Харків: Академія Внутрішніх військ МВС України, 2013. – С. 76-78.
34. Левыкин, В.М. Подход к использованию паттернов проектирования при работе с требованиями к информационной системе / В.М. Левыкин, М.В. Евланов, М.А. Керносков // Системний аналіз. Інформатика. Управління (САІУ-2013): матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Запоріжжя, 13-16 березня 2013 р.). – Запоріжжя: КПУ, 2013. – С. 150-152.
35. Евланов М.В. Теоретико-игровая модель взаимоотношений «поставщик-потребитель информационной системы» / М.В. Евланов, Е.Ю. Альбова // Materiały IX

mezinárodní vědecko-praktická konference «Aplikované vědecké novinky – 2013». Díl 13. Moderní informační technologie. Vystavba a architektura. – Praha: Publishing House «Education and Science». – S. 20-22.

36. Евланов М.В. Паттерны проектирования требований к информационной системе / М.В. Евланов, О.Е. Неумывакина // Информационные системы и технологии: материалы 2-й Международ. науч.-техн. конф., Евпатория-Харьков, 16-22 сентября 2013: тезисы докладов. – Харьков: НТМТ, 2013. – С. 32-33.

37. Левыкин В.М. ИТ-услуги информационной технологии управления проектами ускоренной разработки информационных систем / В.М. Левыкин, М.В. Евланов // Информационные системы и технологии: материалы 2-й Международ. науч.-техн. конф., Евпатория-Харьков, 16-22 сентября 2013: тезисы докладов. – Харьков: НТМТ, 2013. – С. 53-55.

38. Левыкин В.М. Архитектурный фреймворк ускоренной разработки информационной системы / В.М. Левыкин, М.В. Евланов // Научна конференция с международно участие «Хранителна наука, техника и технологии 2013». Пловдив 18-19 октомври 2013. – Университет по хранителни технологии – Пловдив. Научни трудове. – 2013. – Т. LX, св.2. – С. 230-234.

39. Евланов М.В. Задачи проектирования архитектуры информационной системы учета и обработки результатов физических исследований / М.В. Евланов // Тезисы докладов XII конференции по физике высоких энергий, ядерной физике и ускорителям 17-21 марта 2014 г., Харьков. – Харьков: НИЦ ХФТИ, 2014. – С. 48.

40. Левыкин, В.М. Модификация метода объектных точек для оценивания объема трудозатрат на создание информационной системы / В.М. Левыкин, М.В. Евланов, М.А. Керносов // Информационные системы и технологии: материалы 3-й Международ. науч.-техн. конф., Харьков, 15-21 сентября 2014 г.: тезисы докладов. – Харьков: ХНУРЭ, 2014. – С. 112-113.

41. Евланов, М.В. Представление требований к информационной системе на уровне информации / М.В. Евланов, О.Е. Неумывакина // Информационные системы и технологии: материалы 3-й Международ. науч.-техн. конф., Харьков, 15-21 сентября 2014 г.: тезисы докладов. – Харьков: ХНУРЭ, 2014. – С. 37-38.

42. Ievlanov, M.V. Concept of a information system element requirement representation / M.V. Ievlanov, N.V. Vasiltsova, I.Ju. Panforova // First International forum “IT-Trends: big data, artificial intelligence, social media”: Book of abstracts. – Kremenchuk: Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University, 2014. – P. 14-16.

43. Ievlanov M. Unification of methods for estimating the cost of creating modern information systems / M. Ievlanov, K. Solovyova // First International forum “IT-Trends: big data, artificial intelligence, social media”: Book of abstracts. – Kremenchuk: Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University, 2014. – P. 16-17.

44. Levykin V.M. Features of domain ontology into the elements of information system mapping / V.M. Levykin, M.V. Ievlanov, M.A. Kernosov, M.E. Kernosova // First International forum “IT-Trends: big data, artificial intelligence, social media”: Book of abstracts. – Kremenchuk: Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University, 2014. – P. 30-32.

45. Евланов, М.В. Оценка объема работ по реализации описания архитектуры информационной системы / М.В. Евланов // Materialy XI mazarodni vedecko-prakticka konference «Predni vedecke novinky – 2015». – Dil 5. Technicke vedy. Fyzika. Moderni

informacni technologie.: Praha. Publishing House «Education and Science». – S. 87-94.

46. Евланов, М.В. Метод формирования представления требований к информационной системе на уровне информации / М.В. Евланов, Н.В. Васильцова, О.Е. Неумывакина, И.Ю. Панферова // Інформаційні управляючі системи та технології (ІУСТ-Одеса-2015): Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. – Одеса: «ВидавІнформ» ОНМА, 2015. – С. 231-234.

47. Левыкин, В.М. Модель синтеза описания рациональной архитектуры информационной системы / В.М. Левыкин, М.В. Евланов // Інформаційні управляючі системи та технології (ІУСТ-Одеса-2015): Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. – Одеса: «ВидавІнформ» ОНМА, 2015. – С. 209-212.

48. Євланов, М.В. Модель синтезу опису раціональної архітектури інформаційної системи / М.В. Євланов, Н.В. Васильцова, І.Ю. Панфьорова // Информационные системы и технологи: материалы 4-й Международной науч.-техн. конф., Харьков, 21-27 сентября 2015 г.: тезисы докладов / [редкол.: А.Д. Тевяшев (отв. ред.) и др.]. – Харьков: НТМТ, 2015. – С. 50-51.

49. Евланов, М.В. Методы анализа сформулированных функциональных требований к информационной системе / М.В. Евланов, О.Е. Неумывакина // Информационные системы и технологи: материалы 4-й Международной науч.-техн. конф., Харьков, 21-27 сентября 2015 г.: тезисы докладов / [редкол.: А.Д. Тевяшев (отв. ред.) и др.]. – Харьков: НТМТ, 2015. – С. 52-53.

50. Левыкин, В.М. Технология управления функциональными требованиями в рамках жизненного цикла информационной системы / В.М. Левыкин, М.В. Евланов // Информационные системы и технологи: материалы 4-й Международной науч.-техн. конф., Харьков, 21-27 сентября 2015 г.: тезисы докладов / [редкол.: А.Д. Тевяшев (отв. ред.) и др.]. – Харьков: НТМТ, 2015. – С. 78-79.

## АНОТАЦІЯ

Євланов М. В. Моделі, методи та інформаційна технологія розробки архітектури складних інформаційних систем на основі функціональних вимог. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Харківський національний університет радіоелектроніки Міністерства освіти і науки України, Харків, 2017.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної проблеми створення методологічних основ, моделей, методів та інформаційної технології, які дозволяють сформулювати раціональний варіант опису архітектури створюваної інформаційної системи (ІС) з максимально можливим задоволенням функціональних вимог Постачальника та Споживача та мінімальними витратами на реалізацію.

Запропоновано вдосконалений сервісний підхід до створення ІС, концепція і математичні моделі, що описують множини вимог до системи на різних стадіях їх формування, математична модель патерну проектування вимоги до ІС. На основі цих результатів розроблено моделі і методи, що дозволяють автоматизувати роботи з формування варіанту опису архітектури створюваної ІС, а саме: модель архітектурного фреймворка макропроектування ІС, моделі, що описують синтаксис і семантику описів вимог до ІС на рівнях інформації і знань, модель сформульованої функціональної вимоги до ІС

на рівні знань, методи формування представлень функціональних вимог до систем на рівнях інформації і знань, метод синтезу варіантів описів архітектури створюваної ІС і модель синтезу опису раціональної архітектури даної системи. Для оцінювання обсягу робіт зі створення ІС на основі опису її раціональної архітектури розроблено модель онтологічних точок і метод формування описів онтологічних точок. Розроблено інформаційну технологію формування та аналізу вимог до ІС як сукупність уніфікованих в рамках запропонованої моделі архітектурного фреймворка методів, прийомів і способів застосування комплексу засобів автоматизації, що базуються на знаннях. Розглянуто питання практичної реалізації запропонованих методів і моделей, доведено їх достовірність і ефективність.

*Ключові слова:* моделі, методи, інформаційна технологія, вимога до інформаційної системи, патерн проектування, представлення вимог на рівні знань, опис архітектури системи, онтологічна точка.

## АННОТАЦІЯ

Евланов М. В. Модели, методы и информационная технология разработки архитектуры сложных информационных систем на основе функциональных требований. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2017.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-прикладной проблемы создания методологических основ, моделей, методов и информационной технологии, позволяющих сформировать рациональный вариант описания архитектуры создаваемой информационной системы (ИС) с максимально возможным удовлетворением функциональных требований Поставщика и Потребителя и минимальными затратами на реализацию.

Проведен анализ процессов макропроектирования информационных систем, моделей требований к ИС, методов их формирования, моделей и методов оценивания объема работ по созданию ИС. Показано, что наибольшее сокращение затрат на создание ИС можно достичь путем формирования рационального варианта описания архитектуры создаваемой информационной системы с максимально возможным удовлетворением функциональных требований Поставщика и Потребителя и минимальными затратами на реализацию.

В ходе решения концептуальных вопросов создания информационных технологий формирования и анализа требований к ИС получил дальнейшее развитие сервисный подход к созданию ИС. Предложены концепция и математические модели, описывающие множество требований к системе на разных стадиях их формирования. Разработана теоретико-категорная математическая модель паттерна проектирования требования к ИС.

Результаты разработки модели паттерна проектирования требования к ИС были использованы в процессе разработки моделей архитектурного фреймворка макропроектирования ИС как набора конвенций, принципов и методов описания архитектуры,

установленных для автоматизации процессов макропроектирования ИС. Разработана математическая модель архитектурного фреймворка макропроектирования ИС, основанная на представлениях формальной составляющей фреймворка в виде множеств структурных и поведенческих паттернов проектирования требований к ИС. Для описания элементов данного фреймворка усовершенствованы теоретико-множественные модели, описывающие синтаксис и семантику описаний требований к ИС на уровнях информации и знаний, которые, в отличие от существующих, основаны на предложенной модели паттерна проектирования требования к ИС. Разработана модель представления сформулированного требования к ИС на уровне знаний.

Модели архитектурного фреймворка макропроектирования ИС были использованы как основа для разработки моделей и методов синтеза описания варианта рациональной архитектуры создаваемой ИС. Разработаны методы формирования представлений функциональных требований к ИС на уровнях информации и знаний. Разработан метод синтеза вариантов описаний архитектуры создаваемой ИС и модель синтеза описания рациональной архитектуры данной ИС. Для оценивания объема работ по созданию ИС на основе описания ее рациональной архитектуры разработана модель онтологических точек и метод формирования описаний онтологических точек.

Полученные теоретические результаты являются основой для разработки информационной технологии формирования и анализа требований к ИС. Данная технология рассматривается как совокупность унифицированных в рамках предложенной модели архитектурного фреймворка и основанных на знаниях методов, приемов и способов применения комплекса средств автоматизации. Обоснованы способы и описана реализация предложенных в работе моделей.

Рассмотрены основные особенности практической реализации предложенной информационной технологии. Рассмотрены особенности программной реализации предложенных в работе методов. Описаны результаты апробации основных режимов работы предложенной информационной технологии. Анализ результатов внедрения показал снижение трудозатрат и затрат времени на выполнение соответствующих ИТ-проектов за счет уменьшения объема запланированных к выполнению в ИТ-проекте работ.

*Ключевые слова:* модели, методы, информационная технология, требование к информационной системе, паттерн проектирования, представление требований на уровне знаний, описание архитектуры системы, онтологическая точка.

## ABSTRACT

Ievlanov M.V. Models, methods and information technology of complex information systems architecture design based on functional requirements. – Manuscript.

Thesis for the doctor degree of technical sciences in the specialty 05.13.06 – Information technologies. – Kharkiv National University of Radio Electronics, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkov, 2017.

Thesis is devoted to the development of scientific and applied problem of creation of models, methods and information technology that generate the creating information system (IS) architecture description variant, the most efficient in terms of meeting the functional requirements of the Provider and the Consumer and requires minimal cost to implement.



An improved service approach to the creation of IS, a concept and a set of mathematical models describing the set of system requirements at different stages of their formation, a mathematical model of pattern design of the IS requirements are proposed.

On the basis of these results, models and methods to automate the work on formation of architectures of created IS describe variants are developed. Namely, the model of the architectural framework of macro design of IS, models complex that describe the syntax and semantics of the description of requirements for IS at the level of information and knowledge; model of formulated functional requirements for the IS at the level of knowledge; methods of forming representations of the functional requirements for the systems on the level of information and knowledge; the method of synthesis options descriptions of the created IS architecture and the model to describe the synthesis of rational architecture of the system. To estimate the amount of work on the creation of an IS based on the description of its rational architecture designed ontological points model and method for forming ontological points descriptions.

The information technology of forming and analyzing of requirements for IS as a set of unified within the framework of the proposed model of the architectural methods, techniques and methods of using the complex of automation based on knowledge.

The questions of the practical implementation of the proposed methods and models considered, their reliability and efficiency have proved.

*Keywords:* models, methods, information technologies, information system requirements, design patterns, performance requirements at the level of knowledge and description of the system architecture, the ontological point.