

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
Інститут інноваційних технологій і змісту освіти
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

О.Є. Федорович, О.С. Яшина, Л.М. Лутай

ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ АРХІТЕКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНИХ УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМ

Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів,
які навчаються за напрямком підготовки «Комп'ютерні науки»

Харків «ХАІ» 2012

УДК 004.415 (075.8)

Ф 33

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. В.М. Левикін,

д-р техн. наук, проф. М.Д. Годлевський

Гриф надано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України

(лист №є/11 – 12958 від 08.08.12)

Федорович, О.Є.

Ф 33

Проектування багаторівневої архітектури інформаційних управляючих систем [Текст]: навч. посіб. / О.Є. Федорович, О.С. Яшина, Л.М. Лутай. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2012. – 128 с.

Запропоновано для вивчення сучасні підходи і методи системного проектування інформаційних управляючих систем (ІУС). Розглянуто етап системного проектування, на якому формується багаторівнева архітектура ІУС. Показано, що для ефективного управління та виконання проекту зі створення ІУС, автоматизації системного етапу проектування необхідно використовувати позитивний досвід розробок і компонентний підхід. Наведено основи компонентного підходу, виділено типи компонентів і проектні роботи, пов'язані з їх адаптацією до нового проекту. Описано використання методів теорії прецедентів для формалізації досвіду попередніх розробок. Для управління проектами зі створення ІУС викладено методи розрахунку ризиків проектних робіт для оцінювання ефективності виконання проекту.

Для студентів, що навчаються за напрямком «Комп'ютерні науки» при вивченні дисциплін «Управління ІТ-проектами», «Проектування інформаційних систем», «Технології комп'ютерного проектування», а також при виконанні курсових робіт і дипломних проектів бакалаврів, спеціалістів. Корисно для магістрів та аспірантів, які займаються науковими дослідженнями з проблем і завдань управління ІТ-проектами зі створення сучасних інформаційних управляючих систем.

УДК 658.012.32

Іл. 29. Табл. 22. Бібліогр.: 154 назви

© Федорович О.Є., Яшина О.С., Лутай Л.М., 2012

© Національний аерокосмічний
університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», 2012

ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ	5
ВСТУП	6
Розділ 1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ, МОДЕЛЕЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ	8
1.1. Методи та моделі системного проектування складних систем	8
1.2. Системне проектування інформаційних управляючих систем	12
1.3. Методології й інструментальні засоби проектування складних систем	21
1.4. Використання прецедентного підходу в задачах проектування складних систем	29
Контрольні запитання	36
Розділ 2. КОМПОНЕНТНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМ	37
2.1. Основні принципи системного проектування інформаційних управляючих систем на основі компонентного підходу	37
2.2. Формування множини компонентів інформаційних управляючих систем із використанням позитивного досвіду минулих розробок	40
2.3. Декомпозиція структури інформаційної управляючої системи	44
Контрольні запитання	47
Завдання	47
Розділ 3. ФОРМУВАННЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ КОМПОНЕНТНОЇ АРХІТЕКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ УПРАВЛЯЮЧОЇ СИСТЕМИ	48
3.1. Формування бази даних компонентів багаторівневої архітектури інформаційної управляючої системи	48
3.2. Побудова багаторівневої компонентної архітектури інформаційної управляючої системи	52
3.3. Адаптація існуючих компонентів при проектуванні інформаційної управляючої системи	54
Контрольні запитання	62
Завдання	63
Розділ 4. РИЗИКИ В КОМПОНЕНТНОМУ ПРОЕКТУВАННІ ІНФОРМАЦІЙНИХ УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМ	64
4.1. Ризики робіт зі створення і адаптації компонентів інформаційної управляючої системи	64
4.2. Оцінювання реалізованості проекту зі створення інформаційної управляючої системи	71
Контрольні запитання	74
Розділ 5. РОЗРОБЛЕННЯ ПРИКЛАДНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНО- ЛОГІЇ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ АРХІТЕКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ УПРАВЛЯЮЧОЇ СИСТЕМИ	75

5.1. Інформаційна технологія проектування багаторівневої компонентної архітектури інформаційної управляючої системи на етапі системного проектування	75
5.2. Формування попередньої множини для пошуку прецедентів-компонентів на прикладі проекту зі створення системи управління безпілотного літального апарата	76
5.3. Формування багаторівневої архітектури об'єктів управління безпілотного літального апарата на основі компонентного підходу	82
5.4. Визначення ризику робіт зі створення і адаптації окремих об'єктів управління у вигляді компонентів безпілотного літального апарата	92
5.5. Оцінювання реалізованості окремих компонентів	100
5.6. Визначення ризику робіт зі створення об'єктів управління системи управління безпілотним літальним апаратом.....	102
5.7. Оцінювання реалізованості проекту створення системи управління безпілотним літальним апаратом традиційним методом розробників..	104
5.8. Розрахункові дані для проектування системи управління безпілотного літального апарата	105
Завдання.....	115
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	116

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ

- ІУС – інформаційні управляючі системи;
- КПВ – компонент повторного використання;
- ПЗ – програмне забезпечення;
- ЖЦ – життєвий цикл;
- СВР – Case-Based Reasoning (виведення за прецедентами);
- ТЗ – технічне завдання;
- БД – база даних;
- ТХ – технічна характеристика;
- БДП – база даних прецедентів;
- ТВ – технічні вимоги;
- SADT – Structured Analysis and Design Technique;
- DFD – Data Flow Diagrams;
- ER – Entity-Relationship Diagrams;
- ООМ – об'єктно-орієнтована технологія;
- UML – Unified Modeling Language;
- eEPC – extended Event Driven Process Chain;
- cPDM – common Product Definition Management;
- PM – Project Management;
- RGD – Relational Generative Design;
- СДР – структура декомпозиції робіт;
- СОСОМО – Constructive Cost Model;
- МАІ – метод аналізу ієрархії;
- КРІ/КПЕ – key performance indicator (ключовий показник ефективності);
- СЗП/BSC – система збалансованих показників;
- АК – адаптований компонент;
- НК – новий компонент;
- БЛА – безпілотний літальний апарат;
- ЛА – літальний апарат;
- БП – бортовий передавач;
- СУ БЛА – система управління безпілотного літального апарата.

ВСТУП

Використання позитивного досвіду минулих розробок у проектуванні інформаційних управляючих систем (ІУС) дозволяє підвищити реалізацію проектів зі створення ІУС, скоротити терміни, мінімізувати вартість і ризики проектування.

Ключовою проблемою при створенні складної ІУС є формування багаторівневої архітектури ІУС, що здійснюється на етапі системного проектування. Основне завдання системного проектування – це формування структурної концепції з урахуванням інноваційності проекту й виконання вимог технічного завдання.

За даними зарубіжних джерел вартість робіт етапу системного проектування становить близько 4% від вартості проектних робіт – у той час, як вартість рішень, прийнятих на цьому етапі, становить близько 70% від вартості всього проекту. Звідси впливає актуальність вирішуваних завдань на етапі системного проектування.

Нині велику увагу приділяють методам формування архітектури ІУС, в яких враховують позитивний досвід минулих розробок у вигляді компонентів повторного використання (КПВ).

Побудова архітектури ІУС пов'язана з використанням методів структурного аналізу, які зараз орієнтуються на застосування множини компонентів з виконаних розробок і урахування багаторівневої деталізації компонентного складу ІУС.

Для оцінювання реалізованості проектів створення ІУС використовують сучасні методи проектного менеджменту, які дозволяють отримати об'єктивні, прогнозовані результати із застосуванням компонентного підходу та позитивного досвіду попередніх розробок.

Звідси впливає актуальність запропонованого навчального посібника, в якому розглянуто сучасні підходи, методи й моделі системного проектування. У цьому посібнику викладено сучасні підходи, методи, моделі та інформаційні технології, основані на компонентному проектуванні складних ієрархічних ІУС, за допомогою яких майбутні фахівці – проектувальники можуть автоматизовано створювати багаторівневу компонентну архітектуру ІУС із використанням бази прецедентів, в якій акумулюється досвід минулих розробок.

Впровадження методів, що вивчають, дозволить підвищити ефективність практичної роботи майбутніх фахівців з ІТ-технологій при виконанні проектів зі створення ІУС.

Метою посібника є допомога студентам старших курсів з напрямку «Комп'ютерні науки» при освоєнні дисциплін, пов'язаних з управлінням сучасними ІТ-проектами.

У навчальному посібнику розглянуто завдання, пов'язані з управлінням ІТ-проектами:

- засвоїти основи управління проектами зі створення ІУС;
- вивчити методи системного проектування ІУС;
- навчитися проводити аналіз і синтез багаторівневої архітектури ІУС;
- вивчити методи компонентного підходу для формування архітектури ІУС;
- навчитися визначати перелік робіт для початкових етапів створення ІУС;
- вивчити й освоїти методи оцінювання ризиків ІТ-проектів зі створення ІУС;
- набути навичок з використання сучасних інформаційних технологій при проектуванні архітектури ІУС.

Для вивчення методів системного проектування ІУС застосовано: методи управління проектами і оцінювання ризику проектних робіт; методи системного аналізу та синтезу для формування архітектури ІУС; методи теорії прецедентів для створення бази прецедентів попередніх розробок ІУС; методи лексикографічного упорядкування для виділення компонентів архітектури ІУС; методи оптимізації для пошуку оптимальних проектних рішень при створенні ІУС.

Запропонований навчальний посібник є теоретичною та методичною основою для формування знань, умінь і навичок щодо управління ІТ-проектами. Студенти мусять:

- знати методи управління ІТ-проектом;
- знати сучасні методи проектування архітектури ІУС;
- уміти формувати системне уявлення архітектури ІУС;
- уміти оцінювати ризики проектних робіт зі створення ІУС;
- набути навичок з використання сучасних інформаційних технологій для автоматизації проектних робіт на навчальних етапах створення ІУС.

Матеріали навчального посібника дозволять сформулювати й закріпити знання нормативної навчальної дисципліни «Управління ІТ-проектами», а також суміжних дисциплін «Проектування інформаційних систем», «Технології комп'ютерного проектування».

Розділ 1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ, МОДЕЛЕЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

1.1. Методи та моделі системного проектування складних систем

Сучасні технології проектування базуються на одній із відомих стратегій: проектування «знизу вгору» або «зверху вниз» [1]. При проектуванні «знизу вгору» за основу беруть вже готові елементи, з яких формують інші – більш складні або ті, яких не вистачає у вхідному наборі. Проектування «зверху вниз» є більш перспективним, особливо для функціонального проектування складних систем. При такому підході побудова системи починається зверху із самої загальної інформації і виконується рівень за рівнем, кроками вниз до останнього детального проектування елементів. У даний час у цій стратегії не враховують повною мірою попередній досвід розроблення систем.

Слід відзначити, що всі методи проектування об'єднані одним принципом вирішення задач – принципом послідовних наближень (метод ітерацій). Цей принцип характеризує загальний підхід (незалежно від методу проектування) до вирішення проектних задач, і суть його полягає в тому, що комплекс проектних задач вирішується послідовно, за допомогою уточнюючих і розвиваючих один одного кроків (ітерацій). Методи проектування можна звести до трьох груп: аналого-порівняльні методи, що використовують при проектуванні (метод копіювання); статистичні методи, аналітичні методи (формальний синтез) [2]. Аналого-порівняльні методи ґрунтуються на порівнянні перспективних робіт або їх складових частин із відомими аналогами за параметрами і витратами на їх забезпечення. Для використання аналого-порівняльних методів необхідним є вибір зразків-аналогів. Цілями даної методики є: відбір множини аналогів, тобто визначення, чи можна розглядати дану систему як аналог; упорядкування аналогів за відданям переваги (ступінь близькості до зразка, що розробляється); виділення найкращого (найближчого) із множини аналогів.

Етапи створення дорогих наукоємних виробів, у тому числі ІУС, мають свою специфіку, і розглядати їх треба в різних аспектах, але одним із найбільш важливих етапів можна виділити системне проектування [3].

У галузі дослідження та проектування широкомасштабних, великих систем, якими є ІУС, застосовують загальну теорію систем [4].

Системний підхід займає особливе місце серед методів і підходів, що використовують у процесі проектування. Системний підхід – це деякий загальнометодологічний принцип досліджень. Системний підхід базується на ряді принципів: системності, кінцевій меті, ієрархічності пізнання, інтеграції, функціональності. Серед підходів до розгляду об'єктів дослідження існують також комплексний підхід, структурний і функціональний підходи, які стосуються відповідно системно-структурного

та системно-функціонального аспектів системного підходу [5, 6]. Структурний підхід спрямований на розкриття структури проєктованого об'єкта, виявлення суттєвих зв'язків між компонентами, визначення місця, ролі та значущості компонентів в об'єкті. В основі системного підходу лежить структурний аналіз, який дозволяє здійснити побудову структурної моделі системи за допомогою її структурної схеми і дозволяє перейти від змістовного її опису до математичного. Одним із найважливіших напрямів системного аналізу є дослідження багаторівневих ієрархічних систем [7, 5, 8]. Вирішення проблем проєктування складних технічних систем вимагає застосування комплексних методів дослідження, що дозволяють з єдиних позицій порівнювати різні варіанти побудови систем [8] (див. рис. 1.1).

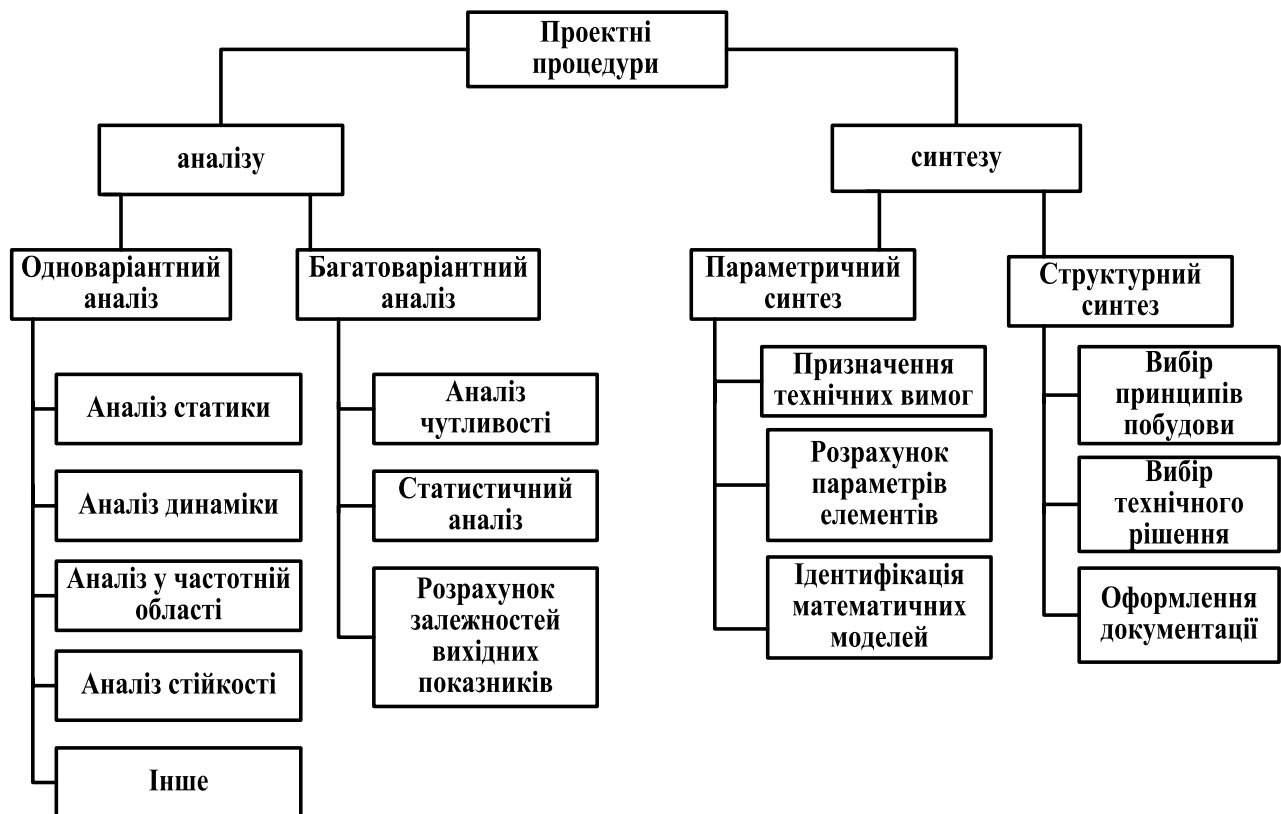


Рис. 1.1. Класифікація типових проєктних процедур

Серед стандартних загальноприйнятих методів, які можуть застосовуватися на етапі системного проєктування, можна виділити методи декомпозиції, агрегування (композиції), методи створення блокової структури [9, 8, 4], а також можуть бути використані аналіз та оцінювання альтернативних проєктних рішень [9], морфологічний аналіз, метод експертних оцінок, методи моделювання [9, 11] та ін.

Етап системного проєктування (системний проєкт, розроблення концепції) є найбільш складним з точки зору як формалізації, так і автоматизації [11]. На етапі системного проєктування здійснюється формування архітектури проєктованої системи. Слід зазначити основну

перевагу системного проекту. Відомо, що виправлення помилок, зроблених на попередній стадії, обходиться набагато дорожче, ніж помилок, виявлених у поточній ситуації. Із цього випливає, що найбільш критичними є перші етапи проектування. Тому вкрай важливо мати ефективні методологічні та технологічні засоби ранніх етапів проектування [12, 13, 14, 15, 16].

Одним із важливих завдань системного проектування є формування архітектури системи [17]. Системне проектування завжди спрямоване на пошук компонентів, оптимальних у сенсі виконання функціонального призначення з урахуванням можливої багатофункціональності й взаємозв'язку в системі [18]. Зміст системного проектування – визначення підсистем, компонентів системи та способів їх визначення, обмежень, за яких система має функціонувати [19, 20]. Автори [20] пропонують реалізувати підхід до проектування шляхом модифікації методу послідовних наближень. При проектуванні різних видів технічних систем може бути використана інженерно-кібернетична методологія [21].

Процес проектування можна розглядати як сувору логічну послідовність проектних дій (страт проектування) [22, 23]: цільової, функціональної, організаційно-технічної, інфологічної і алгоритму функціонування. Процес управління в технічних системах описується аналітичними залежностями (у вигляді балансу мас та енергій у просторі та часі) [22].

У процесі проектування складних технічних систем зростає число важливих наукових проблем, які не можуть обійтися без багаторівневого аналізу. Для застосування багаторівневого аналізу необхідно досить добре розробляти відповідні засоби та методи аналізу на окремих рівнях [23]. При розробленні стратегії системного проектування існує необхідність розбити завдання проектування на етапи. Розбиття об'єкта проектування може здійснюватися за допомогою методів функціонально-структурного аналізу та синтезу технічних систем [24, 25]. Метою функціонального аналізу є ієрархічний поділ технічної системи на функціональні елементи і опис їх функцій, а синтез має давати структуру технічної системи, яка відображає конструктивно-функціональні взаємодії елементів. На основі результатів функціонального аналізу технічних систем здійснюється розбиття завдання проектування на частини, що здійснюється за кілька етапів: аналіз функцій технічного засобу, синтез функціональної структури технічного засобу, побудова багаторівневої (ієрархічної) структури об'єкта проектування; виявлення частинних задач проектування та їх постановка, розроблення стратегії проектування технічного засобу [26]. Детальні методики виконання цих процедур викладені в роботах [27, 28].

Об'єкт проектування являє собою деяку структуру, що складається із взаємозв'язаних елементів більш низького рівня [29, 6]. Концепція, вибрана на етапі системного проектування об'єкта, визначає проектний процес як процедуру вибору на множині можливих альтернатив деякої структури та

значень параметрів компонентів структури. На етапі системного проектування може застосовуватися формальний процес синтезу [29], який відображає два цикли: синтез структури об'єкта й синтез параметрів. При цьому слід виходити з того, що структура об'єкта будується, як правило, на основі інтуїції проектувальника або вибирається проектувальником з типових структурних рішень.

Для проектування нових систем на основі однорівневого підходу зазвичай є певна сукупність знань і понять, які застосовують на різних стадіях проектування. У свою чергу, багаторівневий підхід при проектуванні системи вимагає абсолютно нових розробок [23].

Багаторівнева структура об'єкта проектування може формуватися на основі розгляду функціональних і конструктивних зв'язків елементів системи на різних рівнях її розбиття. При цьому найважливішою проектною процедурою даного етапу є показання розроблюваного об'єкта у вигляді блоків, які в ідеалі могли б бути зібрані із взаємозамінних нормалізованих компонентів. Стратегію проектування складних систем деталізують від одного рівня проектування до іншого, і тому використовують методи управління стратегією на окремих етапах проектування [24].

У роботах [25, 26] наведено схему системного проектування, яка складається з чотирьох етапів постановки задачі створення нового технічного засобу, пошукового проектування, концептуального проектування й інженерного конструювання.

У проектуванні застосовують також так званий блочно-ієрархічний підхід. Цей підхід ґрунтується на структуруванні описів об'єкта з поділом описів на ряд ієрархічних рівнів за ступенем детальності відображення в них властивостей об'єкта та його частин [12].

Проектування складних технічних систем значною мірою може здійснюватися шляхом оброблення статистичної інформації (із застосуванням статистичних методів). Використання тільки одного статистичного матеріалу, до того ж без спеціальної його формалізації, структуризації і методів оброблення, призводить до недоцільного використання окремих технічних рішень аналогів. У цей час потрібні якісно нові рішення задач проектування, в яких використання статистичних методів є недостатнім [6].

Спроби застосування традиційних математичних моделей на ранніх стадіях проектування малоефективні, тому що ці методи найчастіше базуються на обробленні точних числових даних і не відповідають високому рівню невизначеності завдання. У цілому при проектуванні складних систем для вирішення індивідуальних задач можуть застосовуватися такі методи та підходи: евристичні методи, теорія прийняття технічних рішень, декомпозиція, формалізація початкових етапів проектування, використання прототипів у проектуванні, експертні оцінки, теорія нечітких множин, дослідження операцій [1, 8]. У цей час

відсутній комплексний метод, який дозволив би вирішувати всі задачі етапу системного проектування, ефективно враховувати й формалізувати досвід минулих розробок, формувати багаторівневу архітектуру складної системи, розглядаючи різні рівні, прогнозувати і оцінювати отримані результати проектування. Серед існуючих схожих методів можна виділити метод компонентного проектування складних систем, використаний для створення складних космічних виробів [30], але отримати багаторівневу компонентну архітектуру, формалізовано розглядати різні рівні декомпозиції виробу і підбирати компоненти для кожного з них метод не дозволяє.

1.2. Системне проектування інформаційних управляючих систем

У цей час в українських компаніях – розробниках програмного забезпечення (ПЗ) інформаційних управляючих систем відбуваються серйозні зміни в підході як до процесу розроблення, так і до самого розроблення. Сьогодні для того, щоб зберегти конкурентоспроможність на ринку і утримати своїх клієнтів, необхідно відповідати низці вимог: чітко і однозначно розуміти завдання (це стосується як розробника, так і клієнта), надавати клієнтові зрозумілий звіт про стадії та етапи розроблення, укладатися в поставлені терміни, мати можливість розрахувати продуктивність своєї команди розробників, моделювати реакцію системи на зміни та розраховувати терміни реалізації змін.

Етап системного проектування є найбільш істотним для успіху всього проекту щодо створення або модернізації великої ІУС. Теоретичною основою сучасної методології системного проектування ІУС є фундаментальне положення системного аналізу й теорії систем. Однією з методологічних проблем системного проектування є формалізація задач системного проектування [31, 32, 33].

У даний час використовують велику кількість методів (підходів), які дозволяють так чи інакше створювати ІУС, серед яких найважливішими підходами є структурний (функціональний) підхід та об'єктно-орієнтований підхід [34, 17]. Кожен із підходів регламентується розробниками як методологія, що підходить для аналізу та проектування. Деякі засоби проектування включають одночасно елементи функціонального, і також досить поширеного структурного та процесного підходів у проектуванні [35, 36]. Суть структурного підходу до розроблення ІУС полягає в її декомпозиції (розбиванні) на функції, які автоматизуються: система розбивається на функціональні підсистеми, які, в свою чергу, діляться на підфункції, що підрозділяються на завдання, і т. д. Як засоби структурного аналізу і проектування найбільш розповсюджені такі нотації [37]:

- SADT (Structured Analysis and Design Technique). Для нових систем SADT (IDEF0) застосовують при визначенні вимог (функцій) для розроблення системи, що реалізує виділені функції. Для вже існуючих

IDEF0 може бути використана для аналізу функцій, виконуваних системою. Модель у нотації IDEF0 є сукупністю ієрархічно впорядкованих і взаємозалежних діаграм. Вершина деревоподібної структури являє собою найбільш загальний опис системи. Після опису системи в цілому розбивають її на великі фрагменти (функціональна декомпозиція);

- DFD (Data Flow Diagrams) діаграми потоків даних. Діаграми DFD зазвичай будуються для наочного зображення поточної роботи системи документообігу організації. Як правило, діаграми DFD використовують як доповнення моделі бізнес-процесів, виконаної в IDEF0;

- IDEF3. Методологія моделювання IDEF3 дозволяє описати процеси, фокусуючи увагу на перебігу цих процесів, дозволяє розглянути конкретний процес з урахуванням послідовності виконуваних операцій;

- ER (Entity-Relationship Diagrams) діаграми "сутність-зв'язок". Методологія опису даних (IDEF1X).

На стадії проектування ІУС моделі розширюються, уточнюються і доповнюються діаграмами, що відображають структуру програмного забезпечення: архітектуру ПЗ, структурні схеми програм і діаграми екранних форм.

Наведені моделі в сукупності дають повний опис ІУС незалежно від того, чи є вона існуючою, чи знову розробляється. Склад діаграм у кожному конкретному випадку залежить від необхідної повноти опису системи.

Застосування універсальних графічних мов моделювання IDEF0, IDEF3 і DFD та ін. забезпечує логічну цілісність і повноту опису, необхідну для досягнення точних і несуперечливих результатів на етапі системного аналізу [34].

Сучасні методології та технології, які реалізують їх, поставляються в електронному вигляді разом з CASE-засобами і включають бібліотеки процесів, шаблонів, методів, моделей та інших компонентів, призначених для побудови ІУС того класу систем, на який орієнтована методологія. Електронні методології містять також засоби, які мають забезпечувати їх адаптацію для конкретних користувачів і розвиток методології за результатами виконання конкретних проектів.

Електронні методології та технології (і підтримують їх CASE-засоби) складають ядро комплексу узгоджених інструментальних засобів середовища розроблення ІУС [37].

Однією з найбільш поширених у світі електронних методологій є методологія DATARUN [37, 17]. Відповідно до методології DATARUN життєвий цикл (ЖЦ) ПЗ розбивається на стадії (формування вимог і планування, концептуальне проектування, специфікація програм, розроблення, інтеграція і тестування, впровадження, супровід і розвиток), які пов'язуються з результатами виконання основних процесів, визначених стандартом ISO 12207. Кожна стадія, крім її результатів, має завершувати план робіт на наступну стадію.

Стадія концептуального (системного) проектування починається з детального аналізу первинних даних та уточнення концептуальної моделі даних, після чого проектується архітектура системи [17]. Архітектура включає поділ концептуальної моделі на доступні для огляду підмоделі. Оцінюється можливість використання існуючих ІУС і вибирається відповідний метод їх перетворення. Після побудови проекту уточнюється початковий бізнес-план. Вихідними компонентами цієї стадії є концептуальна модель даних, модель архітектури системи і уточнений бізнес-план.

Методологія DATARUN спирається на дві моделі – організація й ІУС. Методологія DATARUN базується на системному підході до опису діяльності організації. Побудова моделей починається з опису процесів, з яких потім вибираються первинні дані, які описують продукти або послуги організації, операції (транзакції), що виконуються, і ресурси, які споживаються. Основний принцип DATARUN полягає в тому, що первинні дані, якщо вони належним чином організовані в модель даних, стають основою для проектування архітектури ІУС. Архітектура ІУС буде більш стабільною, якщо вона основана на первинних даних, тісно пов'язаних з основними діловими операціями, які визначають природу бізнесу, а не традиційну функціональну модель.

Підхід DATARUN має на меті:

- визначити стабільну структуру, на основі якої будуватиметься ІУС. Такою структурою є модель даних, отримана з первинних даних, що являють собою фундаментальні процеси організації;

- спроектувати ІУС на основі моделі даних.

Моделі, що створюються за допомогою підходу DATARUN, дозволяють будувати бізнес-процеси, архітектуру системи і організаційну структуру:

BPM (Business Process Model) – модель бізнес-процесів,

PDS (Primary Data Structure) – структура первинних даних,

CDM (Conceptual Data Model) – концептуальна модель даних,

SPM (System Process Model) – модель процесів системи,

ISA (Information System Architecture) – архітектура інформаційної системи,

ADM (Application Data Model) – модель даних програми,

IPM (Interface Presentation Model) – модель представлення інтерфейсу,

ISM (Interface Specification Model) – модель специфікації інтерфейсу.

При проектуванні автоматизованих систем, особливо на етапі системного проектування, застосовують системний підхід. Один із можливих варіантів системного підходу при проектуванні наведений в [38]. Процес проектування видається як ітеративний процес, що складається з ряду послідовних циклів: оцінка доцільності розроблення та попередній вибір структури системи, попередній вибір технічних рішень, остаточний

вибір структури, остаточний вибір технічних рішень з побудови підсистем і системи в цілому та ін. (використання всіх циклів є необов'язковим). Кожен цикл також складається з ряду послідовних і функціонально-взаємозалежних елементів системного аналізу [38].

Принципова різниця між структурним та об'єктно-орієнтованим підходом полягає в способі декомпозиції системи. Об'єктно-орієнтований підхід використовує об'єктну декомпозицію, при цьому статична структура системи описується в термінах об'єктів і зв'язків між ними, а поведінка системи – в термінах обміну повідомленнями між об'єктами. Кожен об'єкт системи має свою власну поведінку, яка моделює поведінку об'єкта реального світу. Слід зауважити, що визначень поняття "об'єкт" існує декілька. Дотримуючись думки Граді Буча: "Об'єкт – відчутна сутність, яка чітко виявляє свою поведінку". За визначенням визнаного авторитету в області об'єктно-орієнтованих методів розроблення програм Граді Буча, "об'єктно-орієнтоване програмування (ООП) – це методологія програмування, яка оснований на уявленні програми у вигляді сукупності об'єктів, кожний з яких є реалізацією певного класу (типу особливого виду), а класи утворюють ієрархію на принципах наслідування".

Об'єктно-орієнтована методологія (ООМ) так само, як і структурна методологія, була створена з метою дисциплінувати процес розроблення великих програмних комплексів і тим самим знизити їх складність і вартість. ООМ має ті ж цілі, що і структурна, але вирішує їх з іншої відправної точки і в більшості випадків дозволяє керувати більш складними проектами, ніж структурна методологія.

UML (Unified Modeling Language) – стандартна нотація візуального моделювання програмних систем [34, 31, 39]. UML надає засоби для створення візуальних моделей.

Основною діаграмою UML є Class diagram, яка є основою для генерації коду і основною метою проектування. Вона є візуальним поданням ідеї об'єктно-орієнтованого проектування та програмування. Вони однаково розуміються всіма розробниками, залученими в проект, і є засобом комунікації в рамках проекту. Діаграма в UML – це графічне уявлення набору елементів. Діаграми малюють для візуалізації системи з різних точок зору. В UML для етапів аналізу призначені такі види діаграм:

- Use case diagram (діаграми прецедентів);
- Activity diagram (діаграми описів технологій, процесів, функцій);
- Sequence diagram (діаграми послідовностей дій);
- Collaboration diagram (діаграми взаємодій).

Для етапу проектування однозначно визначено:

- State diagram (діаграми станів);
- Class diagram (діаграми класів);
- Component diagram (діаграми компонентів);
- Deployment diagram (діаграми розгортання).

У даний час об'єктний підхід став особливо популярним і характеризується розробниками як універсальний засіб проектування. Проте методологія застосування UML на етапах аналізу та проектування описана досить слабо (тобто можна знайти опис діаграм, але логіка їх використання регламентується слабо).

Автори Ю. Р. Валькман, А. В. Ланбіна, Є. В. Потапчук [34] виділяють три різновиди проектування: типове проектування (припускають створення системи з готових типових елементів, що являють собою проектні рішення), оригінальне проектування (всі проектні рішення розробляють «з нуля» відповідно до вимог до ІУС), змішане проектування (нові модулі розробляють за схемою оригінального проектування).

Головною метою формування моделей ІУС є забезпечення переходу від моделей опису організації до системи моделей, що описують конкретні компоненти проекту зі створення ІУС, такі, як програми, бази даних, при яких забезпечується відображення завдань організації у функції та компоненти ІС (етап проектування ІУС). Доцільним на етапі проектування є використання мови UML і методики Лармана.

Для кожного з етапів проектування прийнятно використання різних підходів у проектуванні, де більш значущим є використання об'єктно-орієнтованого підходу.

Як основну технологію автоматизації проектування ІУС часто використовують CASE.

Розробники виділили процес розроблення як циклічний, що отримав назву модель "виру", або "поворотна" модель. Так само цю модель можна уявити у вигляді спіралі. Одна із значних переваг «поворотної» моделі (ітеративного процесу розроблення) полягає у можливості постійного контролю і удосконалення процесу розроблення на всіх етапах [34, 31, 17].

Такий підхід вимагає максимальної гнучкості на всіх стадіях і етапах проектування, розроблення і аналізу. Існує також «каскадна» модель розроблення інформаційних систем [17, 40].

Найбільш гнучким і динамічним методом розроблення є метод екстремального програмування SCRUM.

XP – це справжня методологія, і вона має певний набір дій, які мають виконуватися відповідним чином. На відміну від інших методологій XP вимагає дисципліни і самовіддачі, порівнянної із спартанською, тому що немає ніяких формальних процедур, що регламентують процес. Суть методу полягає в розбиванні процесу розроблення програмного продукту на ітерації з чітко поставленою задачею – спринти. У XP кінцевий результат розроблення не відомий, крапку поставити неможливо, тому ітераційний метод розроблення дає можливість відстежувати етапи розвитку продукту, атестувати роботу команди розробників, проводити аналіз продукту і його тестування.

В основі постановки задачі лежить ідея, подання якої в графічному вигляді використовують карти пам'яті. Карти пам'яті (Mind Map) – це

графічний спосіб подання головної ідеї та її складових. Кожному процесу розроблення передуює ідея, яка може бути наведена в графічному вигляді карт пам'яті. Використовуючи такий метод графічного подання, можна уявити майбутню структуру програмного продукту і приступати до його формалізованого подання.

При розробленні програмного продукту найефективнішим графічним методом є метод «діаграми Ісікави».

Використовуючи різні методи графічного подання знань на різних етапах розроблення програмного забезпечення, можна скласти порівняльну таблицю методів для всіх етапів розроблення (табл. 1.1).

Методика (технологія) Mind Map не має чіткої документації та жорсткого синтаксису, хоча вирішує багато задач проектування не гірше CASE-технологій [34].

Сучасні CASE-засоби охоплюють велику сферу підтримки численних технологій проектування ІУС [37, 26]: від простих засобів аналізу та документування до повномасштабних засобів автоматизації, що охоплюють весь життєвий цикл ПЗ.

Таблиця 1.1

Порівняння методів, які використовують на всіх етапах розроблення ІУС

Етапи розроблення ІУС	MindMap	Когнітивні карти	UML	Схеми Ісікави	IDEF0 (SADT)	Scrum
Ідея	+	+	-	-	-	-
Декомпозиція мети (ідеї)	+	+	-	-	-	-
Відносини між об'єктами системи	-	+	+	+	+	-
Модель розроблення (бізнес-модель)	+	+	+	-	-	-
Модель розроблення ПЗ	-	-	+	-	+	-
Розроблення ПЗ	-	-	+	-	+	+
Атестація	-	-	+	-	+	+
Аналіз	+	+	+	-	-	-
Модернізація ПЗ	+	+	+	-	+	+

Найбільш трудомісткими етапами розроблення ІУС є етапи аналізу та проектування, у процесі яких CASE-засоби забезпечують якість прийнятих технічних рішень і підготовку проектної документації. Сучасний ринок засобів автоматизованого проектування ІУС налічує близько 300 різних CASE-засобів, найбільш потужні з яких так чи інакше використовуються практично всіма провідними західними фірмами. Широко застосовують також інтегровані середовища розроблення, що включають як CASE-засоби, так і засоби створення програмного коду.

Звичайно до CASE-засобів відносять будь-який програмний засіб, що автоматизує ту чи іншу сукупність процесів життєвого циклу ПЗ і має такі основні характерні особливості:

- потужні графічні засоби для опису та документування ІС, що забезпечують зручний інтерфейс з розробником і творчі можливості, які його розвивають;

- інтеграція окремих компонентів CASE-засобів, яка забезпечує керованість процесом розроблення ІС;

- використання спеціальним чином організованого сховища проектних метаданих (репозиторія).

Автоматизований інтегрований CASE-засіб має такі компоненти:

- репозиторій, що є основою CASE-засобу. Він має забезпечувати зберігання версій проекту і його окремих компонентів;

- синхронізацію надходження інформації від різних розробників при груповому розробленні, контроль метаданих на повноту і несуперечність;

- графічні засоби аналізу та проектування, що забезпечують створення та редагування ієрархічно пов'язаних діаграм (DFD, ERD та ін.), які утворюють моделі ІУС;

- засоби розроблення додатків і генератори кодів;

- засоби конфігураційного управління;

- засоби документування;

- засоби тестування;

- засоби управління проектом;

- засоби реінжинірингу.

Всі сучасні CASE-засоби можуть бути класифіковані в основному за типами та категоріями. Класифікація за типами відображає функціональну орієнтацію CASE-засобів на ті чи інші процеси ЖЦ. Класифікація за категоріями визначає ступінь інтегрованості за виконуваними функціями і включає окремі локальні засоби, які вирішують невеликі автономні задачі (tools), набір частково інтегрованих засобів, що охоплюють більшість етапів життєвого циклу ІУС (toolkit), і повністю інтегровані засоби, які підтримують весь ЖЦ ІУС і пов'язані спільним репозиторієм. Крім цього, CASE-засоби можна класифікувати за такими ознаками:

- застосовуваними методологіями та моделями систем і БД;

- рівнем інтегрованості зі СУБД;

- доступними платформами.

Класифікація за типами переважно збігається з компонентним складом CASE-засобів і включає такі основні типи:

- засоби аналізу (Upper CASE), призначені для побудови і аналізу моделей предметної області (Design / IDEF (Meta Software), BPwin (Logic Works) [41]);

- засоби проектування (Middle CASE), які підтримують найбільш поширені методології проектування і використовуються для створення проектних специфікацій (Vantage Team Builder (Cayenne), Designer/2000 (ORACLE), Silverrun (CSA), PRO-IV (McDonnell Douglas), CASE.Аналітик (МакроПроджект));

- засоби проектування баз даних, які забезпечують моделювання даних і генерацію схем баз даних (як правило, мовою SQL) для найбільш поширених СУБД. До них відносяться ERwin (Logic Works), S-Designor (SDP) і DataBase Designer (ORACLE). Засоби проектування баз даних є також у складі CASE-засобів Vantage Team Builder, Designer/2000, Silverrun і PRO-IV;

- засоби розроблення програм. До них відносяться засоби 4GL (Uniface (Compuware), JAM (JYACC), PowerBuilder (Sybase), Developer/2000 (ORACLE), New Era (Informix), SQL Windows (Gupta), Delphi (Borland), Visual Studio (VS) тощо) і генератори кодів, що входять до складу Vantage Team Builder, PRO-IV і частково – в Silverrun;

- засоби реінжинірингу, які забезпечують аналіз програмних кодів і схем баз даних і формування на їх основі різних моделей і проектних специфікацій. Засоби аналізу схем БД і формування ERD входять до складу Vantage Team Builder, PRO-IV, Silverrun, Designer/2000, ERwin і S-Designor.

У сфері аналізу програмних кодів найбільше поширення одержують об'єктно-орієнтовані CASE-засоби, що забезпечують реінжиніринг програм мовою C++ (Rational Rose (Rational Software), Object Team (Cayenne)).

Допоміжні типи включають такі засоби:

- планування і управління проектом (SE Companion, Microsoft Project та ін.);

- конфігураційного управління (PVCS (Intersolv));

- тестування (Quality Works (Segue Software));

- документування (SoDA (Rational Software)).

У цей час російський ринок програмного забезпечення має такі найрозвинутіші CASE-засоби:

- Vantage Team Builder (Westmount I-CASE);

- Designer/2000;

- Silverrun;

- ERwin+BPwin;

- S-Designor;

- CASE.Аналітик.

На ринку постійно з'являються як нові для вітчизняних користувачів системи (наприклад, CASE / 4 / 0, PRO-IV, System Architect, Visible Analyst Workbench, EasyCASE), так і нові версії та модифікації перерахованих систем.

Останнім часом зростає значущість модульного (компонентного) підходу до проектування ІУС, оскільки в багатьох областях створені й створюються бібліотеки та каталоги компонентів (готових рішень). Рішення, які зарекомендували себе, оформляються у вигляді КПВ і застосовуються у нових розробленнях, зменшуючи тим самим ризик проектування, скорочуючи терміни розроблення та фінансові витрати [42]. Компонентний підхід може застосовуватися при проектуванні не тільки інформаційних систем, але і складних технічних систем [43, 44]. Широке застосування компонентного підходу до проектування складних систем вимагає нових моделей для опису складної системи, використання множинного (комбінаторного) синтезу. При використанні комбінаторного проектування для ієрархічних систем задача композиції компонентів для створення архітектури системи є важливою частиною процесу проектування в різних проектних програмах. Серед методологій, які включають етап композиції в рамках загальної схеми компонентного проектування, існують такі: проектна методологія в Carnegie Mellon University [45, 46], JESSI COMMON FRAMEWORK для процесу проектування [47], ієрархічне прийняття рішень [48], паралельне проектування [49], модульне та багатозадачне проектування [50, 51, 52].

Компонентний підхід включає такі стадії: завдання вимог до системи та її компонентів, формування компонентної структури системи, генерація проектних альтернатив компонентів, оцінювання та ранжування проектних альтернатив компонентів, композицію компонентів, аналіз компонентів та їх поліпшення [43].

Серед методів нового системного проектування інформаційних систем компонентний підхід знаходить все більше застосування [26, 53]. При створенні компонентної архітектури ІУС може використовуватися імітаційне моделювання, аналітичне моделювання [53, 1]. При цьому велику увагу приділяють вибору структури інформаційних зв'язків між окремими компонентами [42]. Оскільки при побудові архітектури ІУС має враховуватися множинність можливих проектних рішень, для цього застосовують методи комбінаторного аналізу й теорії перелічування [42]. Модель нового системного проектування у вигляді «ромашки» наведена в роботі [26].

Технологія збирання складної системи з компонентів відноситься до одного з об'єктно-орієнтованих підходів. Центральним поняттям даної технології є компонент – відносно незалежний модуль, який може бути реалізований апаратно, програмно або програмно-апаратно. Для технічних систем часто компонент подається у вигляді елемента проекту [54]. Використання компонентного підходу передбачає створення бібліотеки

компонентів [55, 54]. При розробленні ІУС створені спеціальні засоби і технології, які дозволяють інтегрувати різні компоненти в єдину архітектуру системи [56].

1.3. Методології й інструментальні засоби проектування складних систем

Системне проектування базується на широкому використанні математичних методів дослідження та комп'ютеризованих інструментальних засобів. Тому важливим є розроблення прийнятних математичних моделей досліджуваних систем і процесів. Такі моделі мають дозволяти застосування формальної логіки сучасної прикладної математики для вирішення складних задач проектування. Наступні завдання системного проектування спрямовані на розроблення комплексу алгоритмів, інформаційної технології і комп'ютеризованого інструментального засобу для автоматизованого розв'язання задачі синтезу архітектури складних систем [18, 57].

Нині існує ряд програмних засобів, призначених для автоматизації інженерного проектування. Серед них: PDS, PDMS (AVEVA), CADPIPE, CADWORX (COADE), AutoPLANT (Bentley), PLANT-4D (CEA Technology) та ін. У цілому сучасні системи автоматизованого проектування мають потужний графічний інтерфейс і безліч інструментів для проектування. Але для сучасних систем характерним є принциповий дефект – відсутність можливості повного автоматизованого синтезу і оптимізації проектних рішень, що пов'язано з відсутністю формалізованих моделей для всіх етапів проектування. Розроблення таких моделей – необхідна умова забезпечення багатоетапного проектування складних систем [57, 58].

Створення САПР-продуктів відбувається за такими напрямками:

- універсальний графічний пакет для об'ємного моделювання та візуалізації;
- відкрите графічне середовище для створення програм;
- відкрите середовище конструкторського проектування.

Відомим представником САПР-продуктів є AutoCAD.

Найбільш перспективним у галузі автоматизованого проектування є використання відкритих середовищ. Прикладом реалізації такого підходу є СПРУТ-технологія, реалізована у вигляді графічної оболонки зі змінною проблемною орієнтацією DiaCAD.

Можливості DiaCAD визначаються переліком розв'язуваних задач [59]:

- оперативне розроблення креслень;
- створення та використання ієрархічних графічних баз даних;
- інтерактивна параметризація креслення та його типових фрагментів;

- інтелектуальне редагування (редагування креслення шляхом зміни значень розмірів);

- отримання параметризованих програм без програмування.

Пакет Design / IDEF (Meta Software Corp.) – графічне середовище для проектування та моделювання складних систем широкого призначення, що підтримує методології опису та моделювання системних функцій (IDEFO / SADT), структур і потоків даних у системі (IDEF1, IDEF1X, ER) і поведінки системи (IDEF / CPN). Пакет Design / IDEF був використаний для створення проектів найскладніших систем, пов'язаних з автоматизацією та комп'ютеризацією виробництва, управлінням і контролем, телекомунікаціями і аерокосмонавтикою. Design / IDEF, що використовують як складову частину в деяких відомих пакетах типу CIM (Computer Integrated Manufacturing) і CAE (Computer Aided Engineering), прийнятий як стандарт для проектів, що фінансуються американськими і європейськими спонсорами.

Сучасні IDEF-технології базуються на структурному аналізі, об'єднують сукупність методик дослідження систем і моделей об'єкта будь-якої предметної області [60].

Методологія SADT являє собою сукупність методів, правил і процедур, призначених для побудови функціональної та структурної моделі об'єкта будь-якої предметної області. Функціональна модель SADT відображає функціональну структуру об'єкта, тобто вироблені ним дії і зв'язки між цими діями. Основні елементи методології ґрунтуються на таких концепціях:

- графічне подання блочного моделювання;

- суворість і точність. Виконання правил SADT потребує достатньої суворості й точності, не накладаючи в той же час надмірних обмежень на дії аналітика.

Методологія SADT може використовуватися для моделювання широкого кола систем (як технічних, так і інформаційних) та визначення вимог і функцій, а потім для розроблення системи, яка задовольняє цим вимогам і реалізує ці функції [37].

Методологію SADT, як правило, застосовують на ранніх етапах процесу створення системи. Після цього слідує застосування методів структурного проектування, структурного аналізу, методів структуризації даних [1]. Сучасний погляд на структуру створення та життєвого циклу інформаційної системи поданий в стандарті ISO / IEC 12207 [40].

ARIS (ARIS Toolset-) – багатокористувацьке інтегроване середовище аналізу та розроблення складних гетерогенних інформаційних систем, що підтримує цикл створення, прийнятий в інформаційних технологіях, – "аналіз-проектування-реалізація", і дозволяє багаторазово скоротити його тривалість при гарантованому рівні проектних рішень [61]. У цьому середовищі не накладається жорстких обмежень на послідовність опрацювання різних аспектів діяльності підприємства й надається ряд

інших можливостей за описом підприємства, який аналізується, забезпечуючи вирішення таких задач:

- які цілі стоять перед підприємством і які функції необхідні для досягнення цих цілей;
- якою є інформаційна підтримка;
- якою є організаційна структура і які існують всередині неї взаємозв'язки;
- за яких умов виконуються ті чи інші функції, хто і якою мірою відповідає за їх виконання і яку інформацію при цьому використовують;
- скільки реально коштує виконання цих функцій або скільки це може коштувати в майбутньому.

В ARIS-і передбачені різні функції з адміністрування бази даних: управління доступом, консолідація і т.п.

В основу методології ARIS eEPC (extended Event Driven Process Chain) покладено архітектуру інтегрованих інформаційних систем і ABI архітектуру бізнес-інжинірингу.

Сучасні системи автоматизованого проектування включають різні засоби накопичення і використання знань, проектування в контексті, паралельного проектування, поділу за стадіями, підсистемами та ролями і т.д. [63].

Задачу компоновання об'єктів при проектуванні можна вирішити за допомогою автоматизованої інформаційної системи підтримки прийняття проектних рішень, а також з використанням аналітичних і процедурних моделей компоновання, що дозволяють автоматизувати пошук оптимальних проектних рішень [13, 64].

У сфері проектування складних технічних систем розроблено автоматизовані експертні системи, які дозволяють здійснювати пошук аналогів проєктованого виробу за функціональними, технічними, економічними та іншими характеристиками і обчислювати міру подібності між аналогами [1]. У машинобудуванні розроблено систему SUPPORT підтримки концептуального проектування. Вона базується на експертних знаннях і даних про попередні проекти. Система складається з п'яти основних модулів: аналізатор специфікацій, функціональний редактор, селектор елементів, апарат пошуку аналогій і контролер обмежень. У сфері проектування складних систем існує система планування рішень АПРОС, призначена для проектування складних об'єктів. Система займається вирішенням питань постановки та формалізації задач параметричного синтезу [1].

У процесі проектування використовують спеціалізовані інформаційні технології, які охоплюють певний ряд завдань, наприклад, для проектування силових конструкцій – ANSYS, NASTRAN та ін. [65].

Автоматизована система PLM призначена для безперервної інформаційної підтримки процесів розроблення, виготовлення та супроводження складних технічних виробів. PDM / cPDM (common Product

Definition Management) і являє собою систему управління цифровим визначенням виробу в рамках етапів «Проектування», «Інженерний аналіз», «Технологічна підготовка виробництва». Систему cPDM активно використовують для проектування систем, що складаються з великої кількості різних компонентів [66, 63]. На етапі проектування можуть бути використані також системи управління проектуванням виробу PM (Project Management) [66].

У роботі [63] розглянуто систему SMARTeam, яка являє собою реалізацію однієї з методологій проектування, що виконано шляхом спільного використання стандартної функціональності системи проектування CATIA і cPDM-системи. Система SMARTeam застосовує PLM-рішення, що дозволяють управляти зберіганням і доступом до інформації; складом і структурами виробу, а також забезпечувати багатофункціональне середовище проектування. Методологія RGD (Relational Generative Design) складає основу сучасного автоматизованого проектування, яка реалізована в системі CATIA V5. Система SMARTeam може бути налаштована для реалізації методології RGD.

У роботі [67] розглянуто інтегральну інформаційну систему управління підприємством, що включає кілька програмних модулів, які дозволяють здійснити складання групи виробів машинобудування, що виконують на основі моделі орієнтованого графа.

Методи проектного аналізу при створенні складних систем

У цей час у сфері управління проектами, яка охоплює створення складних систем, намагаються накопичувати базу знань, що містить множину альтернативних рішень і досвід для подальшого застосування [68].

При управлінні проектами можна використовувати відомий в проектному менеджменті метод аналогій [69].

Метод аналогій передбачає використання бази даних здійснених аналогічних проектів для перенесення їх результативності на розроблюваний проект. Такий метод використовують, якщо внутрішнє і зовнішнє середовище проекту та його аналогів має достатню відповідність за основними параметрами.

Метод аналогій може застосовуватися для аналізу ризиків проекту [70] і поширений в різних сферах людської діяльності [71], зокрема у плануванні навчального процесу у вищих навчальних закладах [72], у комерційній та банківській діяльності, при укладанні угод і контрактів [73], в управлінні якістю продукції. Дуже часто витрати часу на новий проект визначають виходячи з нормативів, вироблених у попередніх проектах.

При проектуванні нового складного виробу, у тому числі ІУС, виникає безліч ризиків. Однією з найбільш важливих задач є оцінювання ризику. Для підрахунку і аналізу ризику, особливо на ранніх стадіях проектування,

необхідна наявність спеціальних моделей і методів з можливістю їх автоматизації [68]. Аналіз проектних ризиків поділяють на якісний і кількісний [74]. Серед методів оцінювання проектних ризиків можна виділити такі: статистичні методи, методи експертних оцінок ризиків, методи імітаційного моделювання ризиків (метод Монте-Карло) [74], метод аналогій, який описаний вище, комбінаторні методи, метод побудови «дерева рішень», аналітичні методи (аналіз чутливості та ін.), імовірнісний аналіз [70], теорія нечітких множин [74, 76] та ін. Для автоматизованого використання багатьох із перерахованих методів при оцінюванні ризиків розроблені спеціальні інформаційні технології [9].

В [77] розроблено модель SWOT-аналізу для оцінювання ризиків проекту впровадження корпоративної інформаційної системи. У моделі використовують нечіткі множини і якісні оцінки, що дозволяє отримати більш обгрунтовані результати. Для інтегрального оцінювання рівня негативного впливу ризиків проекту запропоновано в [78] використання узагальненого показника адитивного виду, який враховує відносну важливість основних характеристик проектних ризиків. Це дозволяє оцінити рівень можливих ризиків проекту для всіх фаз та етапів його життєвого циклу, а також розташувати проектні ризики за ступенем значущості їх негативного впливу на досягнення основних цілей і результатів проекту. Метод застосовували відносно проекту зі створення безпілотного літального апарата. У статті [79] розглянуто метод оцінювання ризику на основі моделі ризику аудиту, запропонованого Роєм Доджем. У даній роботі показник ризику інтерпретується як інтегрований кількісний показник ефективності.

У процесі планування та виконання проекту оцінюють можливість реалізації проекту. Як основні методи оцінювання можливості реалізувати проект прийнято: балансовий метод, метод послідовного наближення до шуканого балансу. Одними з найпоширеніших методів багаточинникового оцінювання є методи математичної статистики, зокрема метод множинної кореляції. Одним із відомих методів вирішення задачі вимірювання якісно різнорідних критеріїв і зведення їх до одного узагальненого показника є метод кластерного аналізу математичної теорії розпізнавання образів. Аналіз можливості застосування обох цих методів для вирішення задачі визначення інтегрального показника оцінювання можливості реалізувати інноваційний проект показав, що отримана зазначеними методами оцінка не може бути об'єктивною. Існує метод, який враховує недетерміновану постановку завдання планування і оцінку реалізованості проекту, – це метод імітаційного моделювання, що дозволяє ставити машинні експерименти з досліджуванним об'єктом, імітуючи випадковість процесу планування та виконання проекту [80].

Для оцінювання вартості проекту застосовують ряд методів, серед яких – метод оцінювання проекту «зверху вниз». Метод передбачає оцінювання витрат на детальних рівнях проекту, а потім підсумовування

витрат на більш високих рівнях для отримання оцінювання вартості (кошторису) всього проекту. Для здійснення такої «згортки» витрат можна використовувати структуру декомпозиції робіт (СДР) проекту. Перевага цього методу полягає в точності отриманих результатів, яка, в свою чергу, залежить від рівня деталізації при оцінюванні витрат на нижніх рівнях розгляду. Метод оцінювання «за аналогом» є одним із різновидів методу оцінювання «зверху вниз».

Методи параметричного оцінювання схожі на метод оцінювання «за аналогом» і також є різновидом методу «зверху вниз». Властива їм точність не краще і не гірше точності методу оцінок «за аналогом». Процес оцінювання за параметром полягає в знаходженні такого параметра проекту, зміна якого тягне за собою пропорційну зміну вартості проекту. Математично параметрична модель будується на основі одного або декількох параметрів. Після введення в модель значень параметрів у результаті розрахунків одержують оцінку вартості проекту. Оцінювання можна проводити з використанням множини параметрів. У цьому випадку кожному параметру залежно від його значущості приписують ваговий коефіцієнт, і оцінювання вартості здійснюють згідно з багатопараметричною моделлю [81].

Після етапу системного проектування необхідно оцінити доцільність рішень, прийнятих на даному етапі [14].

Однією з основних характеристик кожного процесу при проектуванні складних виробів машинобудування є трудомісткість. Проектування складного виробу – складний інноваційний процес. Тому трудомісткість проектних робіт на ранніх етапах проектування можна оцінити тільки приблизно. Значення трудомісткості можна уточнювати в процесі декомпозиції [82, 83]. Для оцінювання трудомісткості й вартості розроблення ПЗ існують спеціальні підходи. До них відносяться: лінійний підхід, метод функціональних точок, точки властивостей, тривимірні функціональні точки, об'єктні точки, метод Mark II, SLIM. Метод оцінювання Wideband Delphi знайшов своє застосування і в програмних проектах. Відносно простим, але ефективним підхід до оцінювання вартості ПЗ на основі накопиченого досвіду є метод Демарко. Він оснований на використанні так званої «бенг-метрики» (Bang Metric), близької за своїм змістом до функціональних точок. Головна його особливість полягає в тому, що оцінювання корегуються з урахуванням хронологічних даних за виконаними раніше проектами, що дозволяє отримати не абстрактні значення показників, а наближені значення реальних витрат ресурсів і часу. Послідовне та систематичне застосування даного методу дозволяє поступово підвищувати точність оцінок і одержати дуже хороші результати.

COCOMO (COnstructive COst MOdel) є зараз популярною моделлю для оцінювання вартості розроблення ПЗ, яка де-факто стала стандартом. Фактично під загальною назвою приховуються три рівні деталізації: базовий, проміжний і детальний. Передбачено також три режими

використання моделі залежно від розмірів команди й проекту. Трудовитрати нелінійно залежать від розміру проекту і стрибкоподібно змінюються при зміні режиму. Дозволяє точніше оцінити трудомісткість і вартість ПЗ. Модель допускає також калібрування на основі хронологічних даних за виконаними проектами.

При побудові моделі СОСОМО II для оброблення статистичних даних використовують байєсівський аналіз [84].

Узгодження результатів оцінювання проекту можна проводити методом аналізу ієрархії (MAI) [73]. Метод аналізу ієрархій оснований на парних порівняннях альтернативних варіантів за різними критеріями і подальшому ранжуванні набору альтернатив за всіма критеріями та цілями. У результаті визначають відносну значущість досліджуваних альтернатив за всіма критеріями, що знаходяться в ієрархії [85].

При оцінюванні різних результатів проектування використання методів оцінювання можливе на базі спеціально розроблених інформаційних технологій. У рамках розрахунково-логічної системи розроблені підсистеми формування архітектурного вигляду виробу в суднобудуванні. Крім того, оцінювання дослідження технічної реалізованості виробу передбачена проектна підсистема, яка включає три основних блоки: проектний, економічний, блок оцінювання ефективності [86].

Аналіз структури проектних робіт

Загальну задачу проектування складної системи часто подають у вигляді ієрархій задач таким чином, щоб на кожному рівні ієрархії складність проектування була відносно невеликою. Ієрархічна схема – одна з найважливіших структурних схем, які використовують при проектуванні складних систем. В основі структурування проектованої системи лежить процес декомпозиції [87].

Декомпозиція дозволяє створювати деревоподібну ієрархічну структуру проекту складної системи [19, 88].

Підсистеми, отримані виділенням з однієї початкової системи, відносять до підсистем одного рівня або рангу. При подальшому розподілі отримуємо підсистеми нижчого рівня. При розподілі системи на підсистеми слід пам'ятати про правила такого розбиття:

- кожна підсистема має реалізовувати єдину функцію системи;
- необхідно, щоб виділена в підсистему функція була легко зрозумілою незалежно від складності її реалізації;
- зв'язок між підсистемами слід вводити лише за наявності зв'язку між відповідними функціями системи;
- зв'язки між підсистемами мають бути простими (наскільки це можливо).

Число рівнів і підсистем кожного рівня може бути різним. При цьому

необхідно дотримуватися такого важливого правила: підсистеми, що безпосередньо входять в одну систему більш високого рівня, діючи спільно, мають виконувати всі функції тієї системи, в яку вони входять [12].

Як правило, результатами проекту є елементи декомпозиції продукту проекту. Саме тому при формуванні плану (а отже, і при формуванні шаблону плану) часто використовують декомповану структуру проектних робіт, яка може базуватися на ряді стандартів [89, 90, 36]. І багато провідних компаній включають у свої методології і стандарти типові декомповані структури проектних робіт як в явному вигляді (Andersen Consulting), так і неявно (IBM). Великі компанії розробляють типові пакети рішень з урахуванням галузевих стандартів, процесів і задач (SAP) [89, 91]. Процес створення декомпованої структури проектних робіт існує у всіх проектах будь-якої сфери людської діяльності: при проектуванні складної програмної системи [92], при проектуванні комп'ютерної мережі [93], в машинобудуванні, при розробленні виробничого устаткування, авіаційної техніки і т.д.

Декомпозиція складних задач проектування на прості компоненти є основною методикою управління комплексними проектами. Розроблення декомпованої структури проектних робіт – це метод виконання такої декомпозиції. При розробленні декомпованої структури проектних робіт необхідно постійно продумувати на майбутнє, як даний обсяг робіт буде виконуватися і управлятися [94].

Декомповану структуру проектних робіт розробляють шляхом ітераційного [95] розгляду цілей і результатів проекту (продукту проекту), критеріїв планування / досягнення функціональності, обсягу робіт, реалізації технічних вимог та інших технічних атрибутів [94].

Для кожної мети необхідно:

- визначити критерії досягнення мети (показники, якими оцінюється результативність досягнення відповідної мети);
- встановити вимоги до критеріїв – потрібний рівень показників, досягнення якого буде свідчити про досягнення мети (про успішність виконання функції або процесу).

У процесі проектування здійснюється послідовна декомпозиція мети верхнього рівня та побудови дерева цілей. При побудові дерева цілей граф-дерево цілей виражає відношення між вершинами, які є підцілями, що підлягають досягненню при проектуванні до мети вищого рівня (початкової вершини графа). Дерево цілей, вершини якого ранжовані, тобто виражені кількісними оцінками їх важливості, широко використовують для кількісного оцінювання пріоритету різних напрямів розвитку. Для кожної мети вибирають показник, яким буде визначатися її досягнення. Для кожного показника встановлюють його критеріальне значення, яке визначатиме успішність досягнення мети. Показник, яким оцінюється результативність та ефективність проектних дій, процесів і функцій управління, ефективність конкретної виробничої, технологічної і

т.п. системи, іноді називають KPI (key performance indicator) – ключовим показником ефективності (КПЕ).

При формуванні переліку KPI та їх критеріальних значень необхідно враховувати взаємозв'язок показників і взаємозалежність їх критеріальних значень. Система показників та їх критеріальні значення мають бути збалансовані. Таким чином, формується система збалансованих показників (СЗП / BSC).

Процес формування мети, визначення критеріїв її досягнення, встановлення рівня показників досягнення мети й формування системи збалансованих показників вимагають наявності кваліфікованих фахівців [96, 97].

Часто при плануванні проектів зі створення складних систем використовують термін «задача», під яким позначають роботи верхнього рівня. Реально поняття задачі та роботи відносні, і кожну роботу при її деталізації можна назвати задачею.

При розробленні декомпозованої структури проектних робіт проекту як критерії декомпозиції можна використовувати [98]:

- компоненти результатів і продуктів проекту;
- етапи життєвого циклу проекту;
- функціональні види проектної діяльності й ресурси, що використовуються;
- елементи організаційної структури проекту [98].

Процес побудови декомпозованої структури проектних робіт є неоднозначним. При плануванні проекту можна побудувати кілька варіантів декомпозованих структур проектних робіт. Для різних задач управління проектом і різних суб'єктів управління існує свій варіант [99, 98], і сучасні програмні продукти дозволяють будувати кілька варіантів декомпозованих структур проектних робіт і автоматично трансформувати їх один в одного. На практиці рекомендується використовувати змішаний варіант, при якому на верхньому рівні застосовують продуктовий підхід, а на другому рівні – підхід за життєвим циклом [98].

Дерево робіт може розроблятися «з нуля» або з використанням компонентів вже створених дерев робіт. При застосуванні існуючих компонентів, елементи дерева робіт складаються з елементів дерев робіт з попередніх проектів-аналогів, зі стандартних шаблонів проектів або типових рішень з аналогічних проектів [94].

1.4. Використання прецедентного підходу в задачах проектування складних систем

У проектуванні складних систем використовують методи підтримки прийняття рішень. Розрізняють два напрямки в розвитку систем підтримки прийняття рішень:

- виведення, основане на правилах;

- виведення, основане на прецедентах.

Практично всі ранні експертні системи моделювали процес прийняття проектного рішення як чисто дедуктивний процес із використанням виведення, основаного на правилах. Така модель була основою для створення експертних систем перших поколінь, які були досить зручними як для розробників, так і для користувачів-експертів. Ідея виведення за правилами є привабливою, тому що вона має на увазі наявність добре формалізованої задачі, для якої існують методи, що довели свою придатність і дозволяють отримати рішення, яке не потребує додаткових доказів.

На ранніх етапах проектування складних систем існує багато слабо формалізованих задач, для яких необхідно знайти рішення. Крім того, існує ряд проектних завдань, для яких ніколи не буде знайдено суворе формальне рішення. Актуальність проблеми зумовлена і кількістю таких задач проектування, і практичною потребою знайти хоча б одне скільки-небудь відповідне рішення там, де через відсутність формалізованого методу не можна знайти всі рішення або оптимальне рішення [102, 101].

Серед безлічі методів, які можуть бути алгоритмізовані та програмно реалізовані у вигляді компонентів, розглянемо підхід, оснований на досвіді минулих ситуацій – це технологія виведення, основаного на прецедентах (Case-Based Reasoning, або CBR) [102].

Прецедент – це структуроване уявлення накопиченого досвіду у вигляді даних і знань, що забезпечує його подальше автоматизоване оброблення за допомогою спеціалізованих програмних систем [103, 102].

Міркування на основі прецедентів – це метод отримання рішення шляхом пошуку подібних проблемних ситуацій у пам'яті, що зберігає минулий досвід вирішення задач, та адаптації знайдених рішень до нових умов. Застосування CBR для вирішення задач виправдано у разі виконання таких умов, пов'язаних з конкретною прикладною областю. По-перше, необхідно, щоб задачі мали подібні рішення (принцип регулярності). У цьому випадку накопичений досвід вирішення задач може служити відправною точкою процесу пошуку рішення для нових подібних задач. По-друге, види завдань, з якими стикається проектувальник, повинні мати тенденцію до повторення. Ця умова гарантує, що для багатьох проблем у майбутньому існуватиме аналог у минулому досвіді.

Метод міркувань на основі прецедентів має як свої переваги, так і недоліки порівняно з іншими методами отримання рішень. Серед переваг можна виділити такі:

1. Легкість набуття знань (на противагу системам, оснований на правилах). Створення системи, основаної на правилах, вимагає таких трудомістких етапів, як отримання, формалізація і узагальнення експертних знань, верифікація системи на коректність і повноту. У CBR-системах здобуття знань відбувається шляхом формального опису випадків у практиці, які відбулися (немає

необхідності узагальнення, і виникає звідси загроза переузагальнення).

2. Можливість пояснення отриманого рішення (на противагу системам, оснований на нейронних мережах). CBR-система може пояснити отримане рішення шляхом демонстрації вибраного прецеденту (-ів) з відображенням показників подібності й міркувань, що використовували при адаптації прецеденту до нової проблемної ситуації. Таке пояснення може бути кращим, ніж пояснення, що видаються системами, оснований на правилах. Останні іноді видають дуже складні послідовності міркувань, а самі правила кінцевому користувачеві (на відміну від експерта) можуть здаватися неочевидними.
3. Можливість роботи в предметних областях, які неможливо повністю зрозуміти, пояснити або змоделювати.
4. Можливість навчання в процесі роботи. Причому навчання відбуватиметься тільки в певних напрямках, які реально зустрічаються на практиці та затребувані (немає надмірності).
5. Можливість уникнути повторення помилки (навчання збоєм та їх причинам для уникнення їх появи в подальшому).
6. Можливість отримання рішень шляхом модифікації прецедентів, що дозволяє зменшити обсяг обчислень у предметних областях, де генерація рішення «з нуля» вимагає великих зусиль.

До недоліків слід віднести:

1. Застосування методу тільки в областях, де виконується принцип регулярності і має місце повторюваність видів задач (що характерно для задач проектування). Якщо весь час вирішують принципово нові задачі, які не мають аналогів, або якщо рішення подібних задач різні, то CBR-метод неприйнятний.
2. Некомпактне (без узагальнення) зберігання знань (досвіду).
3. Складність і специфічність процесів пошуку подібних ситуацій та адаптації рішення.

Прецедент, як правило, складається з опису проблеми або ситуації в сукупності з докладним зазначенням дій, що вживають у даній ситуації або для вирішення даної проблеми [101, 103].

Прецедент включає:

- постановку задачі (початковий стан і мету);
- опис способу розв'язання задачі (трасу виведення) або опис самого рішення (план);
- можливий опис проблем, з якими проектувальник може зіткнутися при використанні цього прецеденту.

Цикл вирішення проблемної ситуації містить такі етапи: вилучення, повторне використання, перевірка, збереження [101, 102].

Постановка задачі може бути виражена різними способами: від множини фактів і множини атомарних підцілей (pure featural representation)

до складної структури (relational representation), що спирається на модель предметної області. Рішення задачі може зберігатися у вигляді декомповованої структури проектних робіт або способу побудови цієї структури [102].

Існує багато способів подання прецеденту: від записів бази даних, деревоподібних структур до предикатів і фреймів [101].

Одним із способів опису прецедентів є ознаковий опис. Можливі випадки, коли прецеденти описуються рядами часу, сигналами, зображеннями.

Конкретне вибране подання прецедентів має відповідати загальним цілям системи. Проблема подання прецеденту – перш за все проблема вибору інформації, яку треба включати в опис прецедентів [101].

У загальному випадку CBR являє собою циклічний процес: вирішення проблеми, запам'ятовування цього рішення як прецеденту, вирішення нової проблеми і т. д. CBR-цикл може бути описаний такими трьома процесами:

1. Пошук схожого прецеденту (-ів) (retrieve) – пошук прецеденту (-ів), у якому постановка задачі найбільш схожа на опис нового завдання.

2. Адаптація (reuse revise) – одержання на базі знайденого прецеденту рішення для нової задачі. Цей етап може також включати перевірку отриманого нового рішення на коректність і толерантність до помилок і, можливо, додаткову корекцію рішення.

3. Збереження прецеденту (retain) – збереження тієї частини отриманого досвіду, яка може виявитися корисною для вирішення нових задач (поповнення або корегування бібліотеки прецедентів) [100].

Ефективність пошуку прецедентів для поточного випадку багато в чому залежить від хороших знань про предметну область і кінцевої мети вирішення проблеми [102]. Міра подібності (similarity measure) – це функція, яка обчислює ступінь подібності заданого прецеденту і нової проблеми. Найпростішу міру подібності можна визначити як кількість загальних підцілей. Більш гнучкі заходи подібності обчислюють зважену суму загальних підцілей і ступінь подібності початкових. Вагові коефіцієнти служать для балансування важливості й корисності підцілей. Ці коефіцієнти можуть визначатися константами для всіх прецедентів відразу, але в більш складних предметних областях кожен прецедент має свій власний вектор ваг [102].

Найчастіше для знаходження міри подібності між прецедентами застосовують модифікацію методу «найближчого сусіда» (метод «K - найближчих сусідів») [102, 105, 106, 107, 108].

Кожній ознаці призначають свій ваговий коефіцієнт, що враховує її відносну цінність. Повністю ступінь подібності прецеденту за всіма ознаками можна обчислити, використовуючи узагальнену формулу

$$SIM = \frac{\sum_j w_j \cdot \text{sim}(x_{ij}, x_{kj})}{\sum_j w_j}, \quad (1.1)$$

де w_j – вага j -ї ознаки, **sim** – функція подібності (метрика), x_{ij} і x_{kj} – значення ознаки x_j для поточного випадку і прецеденту, відповідно. Після обчислення ступенів подібності всі прецеденти шикуються в єдиний ранжований список.

Вибір міри подібності (або метрики) вважають вузловим моментом, від якого вирішальним чином залежить пошук відповідних прецедентів. У кожній конкретній задачі цей вибір роблять по-своєму, з урахуванням головних цілей дослідження, фізичної і статистичної природи інформації, яку використовують, і т. п. У деяких методах вибір метрики досягається за допомогою спеціальних алгоритмів перетворення початкового простору ознак.

Основні метрики, які традиційно використовують при виборі прецедентів, наводять у табл. 1.2 [100, 101]. Тут X_i і X_k є зразками в N -вимірному просторі ознак [100, 101].

Одним із способів введення міри подібності між об'єктами є розбиття їх на класи еквівалентності або кластери [109]. Задати класи еквівалентності означає розбити множину об'єктів на групи, усередині яких об'єкти вважають (у певному сенсі) однаковими. Вважають, що класи відповідають різним внутрішнім поняттям бази і, відповідно, припускають різні рішення проблем. Розбиття на кластери можна вважати окремим випадком розбиття на класи, за одним винятком: у цьому випадку не потрібен етап попереднього навчання.

Існує цілий ряд алгоритмів кластеризації, що дозволяють формувати кластери даних з будь-яким ступенем точності. Найбільш поширені алгоритми – це ієрархічна кластеризація і метод k -середніх. Як приклад інших методів, що використовують, можна навести навчання "без учителя" особливого виду нейронних мереж – мереж Кохонена, а також індукцію правил.

У підходах до використання методів одержання даних (Data Mining) у системах виведення на основі прецедентів кожен об'єкт слід розглядати як самостійний інформаційний факт (сукупність зафіксованих значень ознак), що має цінні унікальні особливості. Методи одержання даних можуть виявитися корисними при автоматичному відборі з великої бази прецедентів чи при адаптації рішення до поточної нагоди [109].

Ці особливості розкривають шляхом конструювання власного простору ознак для будь-якого об'єкта і знаходження індивідуального заходу його подібності з іншими об'єктами. Без такого розкриття описи об'єктів нівельовані, можуть містити багато непотрібних, відволікаючих і навіть шкідливих деталей. Це, в свою чергу, вимагає знань про предметну

область, тобто відомостей, які виражають закономірності, що визначають відносини між об'єктами з баз даних, в яких зберігаються прецеденти.

Таблиця 1.2

Типи метрик

Найменування міри подібності (метрики)	Тип ознак	Формула для оцінювання міри подібності (метрики)
Евклідова відстань	Кількісні	$d_{ik} = \left(\sum_{j=1}^N (x_{ij} - x_{kj})^2 \right)^{\frac{1}{2}}$
Манхеттенська метрика	Кількісні	$d_{ik}^{(1)} = \sum_{j=1}^N |x_{ij} - x_{kj}|$
Міра подібності Хеммінга	Номинальні (якісні)	$\mu_{ij}^H = \frac{n_{ik}}{N},$ де n_{ik} – число збіжних ознак у зразків X_i і X_k
Міра подібності Роджерса-Танімото	Номинальні шкали	$\mu_{ij}^{R-T} = \frac{n_{ik}''}{n_i' + n_k' - n_{ik}''},$ де n_{ik}'' – число збіжних одиничних ознак у зразків X_i і X_k ; n_i' , n_k' – загальне число одиничних ознак у зразків X_i і X_k відповідно
Відстань Махаланобіса	Кількісні	$d_{ik}^M = (x_{ij} - x_{kj})^T W^{-1} (x_{ij} - x_{kj})$ W – коваріаційна матриця вибірки $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$
Відстань Журавльова	Змішані	$d_{ik} = \sum_{j=1}^N I_{ik}^j, \text{ де}$ $I_{ik}^j = \begin{cases} \text{якщо } |x_{ij} - x_{kj}| < \delta, & -1 \\ \text{інакше} & 0 \end{cases}$

Задачею методів знаходження даних, які включають вирішення задач класифікації, є не тільки пошук закономірностей, але й інтерпретація цих закономірностей. Це дозволяє сконструювати для кожного об'єкта індивідуальну локальну метрику, що забезпечує йому максимально

можливу "сферу дії", якої не можна досягти при побудові спільного простору ознак і використанні однакової метрики для всіх об'єктів.

Опис кожного емпіричного факту в цьому випадку виявляється повністю позбавленим неінформативних елементів, що дозволяє надалі мати справу з чистими, "незашумленими" структурами даних. У цьому описі залишається тільки те, що дійсно важливо для відображення подібності й відмінності емпіричного факту з іншими фактами в контексті розв'язуваної задачі. Виходячи з поняття локальної метрики один і той же об'єкт може повертатися різними гранями свого багатовимірного опису за заданим контекстом. До будь-якого об'єкта, відображеного у пам'яті як цілісна багатовимірна структура, може бути прив'язаний набір різних локальних метрик, кожна з яких оптимізує його подібності й відмінності з іншими об'єктами відповідно до цілей певного завдання відображення відношень між об'єктами. У результаті побудови локальних метрик відношення між об'єктами виражаються матрицею віддаленості [101].

Методи на основі теорії прецедентів уже застосовують у безлічі прикладних задач – управлінні проектами, для аналізу та реорганізації середовища, розроблення товарів масового попиту з урахуванням уподобань різних груп споживачів і т. д. Слід очікувати програм методів виведення за прецедентами до завдань інтелектуального пошуку інформації, електронної комерції (пропозиція товарів, створення віртуальних торговельних агентств), планування поведінки в динамічних середовищах, компонування, конструювання, синтезу програм [101]. Виведення за прецедентами також застосовують для задач запобігання відмовам елементів механічних систем [106], діагностики станів складного об'єкта й виявлення управляючих впливів [107, 109], для задач автоматизації процесів формування та використання стандартних ефективних проектних рішень [111], при оцінюванні технологічних рішень у машинобудуванні [112], у системі підтримки прийняття рішень для вирішення задач управління якістю приладобудівного виробництва [113].

Особливою перевагою методу виведення за прецедентами є можливість накопичення знань про ситуації (прецеденти) у зовнішній відносно об'єктів баз даних і використання цих знань іншими об'єктами, підключеними до цієї бази [100].

У розділі проведено аналіз існуючих методів, моделей і підходів, які використовують у процесі проектування складних технічних систем, зокрема при формуванні архітектури системи на ранніх стадіях проектування.

Показано, що однією з головних задач на етапі системного проектування є формування багаторівневої архітектури нового виробу.

Проведений аналіз показав, що на даний момент актуальні комплексні, формалізовані методи та моделі системного проектування складних систем, які дозволяють автоматизовано формувати багаторівневу компонентну архітектуру системи з використанням

накопиченого досвіду і оцінювати ризик і можливість реалізації проекту. Існуючі методи проектування, які використовують компонентний підхід, дозволяють формалізувати побудову архітектури складних систем, у тому числі ІУС. Для формалізації досвіду минулих розробок доцільно використовувати прецедентний підхід. Більшість методів, які застосовують виведення за прецедентами, основані на відносно простому поданні минулого досвіду, тому цікаві для вивчення багаторівневого подання архітектури системи. Застосування компонентного підходу та виведення на основі прецедентів дозволяють формалізувати й автоматизувати процеси створення складних систем з урахуванням позитивного досвіду минулих розробок. Класичні методи, що використовують на етапі системного проектування, часто основані тільки на принципово нових рішеннях, що не завжди зручно для проектування, яке останнім часом все більше використовує перевірені рішення для мінімізації ризику, скорочення термінів і фінансових витрат.

Тому компонентний підхід, який спочатку застосовували при проектуванні інформаційних систем, дозволяє сформувати багаторівневу архітектуру ІУС з використанням компонентів, які вже зарекомендували себе, на різних рівнях декомпозиції, які можуть бути подані у вигляді прецедентів різних рівнів ієрархії багаторівневої бази даних прецедентів.

Контрольні запитання

1. Які існують етапи проектування?
2. На яких принципах побудовано системний підхід?
3. Які з методів проектування можуть застосовуватися для формування багаторівневої структури об'єкта проектування?
4. Які case-засоби застосовують на різних етапах розроблення інформаційних систем?
5. Які компоненти містять сучасні інтегровані case-засоби?
6. Для яких задач використовують метод аналогій?
7. Які методи застосовують для оцінювання вартості й трудомісткості розроблення ІУС?
8. Які правила використовують при декомпозиції системи на компоненти?
9. Для яких задач проектування можна застосовувати методи теорії прецедентів?
10. У чому полягають відмінності між виведенням, побудованим на правилах, і виведенням, побудованим на прецедентах?
11. З яких процесів складається цикл виведення за прецедентами?
12. При вирішенні яких задач проектування можна використовувати методи здобування даних?

Завдання

1. Перелічіть і коротко охарактеризуйте основні нотації, що застосовують при структурному аналізі та проектуванні ІУС.
2. Наведіть основні моделі розроблення інформаційних систем.
3. Наведіть основні типи case-засобів і приклади case-засобів кожного типу.
4. Опишіть основні методології та інструментальні засоби, що застосовують для проектування ІУС.
5. Сформулюйте роль системного проектування в процесі розроблення ІУС.
6. Побудуйте приклад декомпозиції ІУС на компоненти.
7. Перелічіть, за якими критеріями виконується декомпозиція структури проектних робіт.
8. Сформулюйте умови, за яких доцільне застосування технології прецедентного підходу.
9. Наведіть основні переваги та недоліки прецедентного підходу.
10. Опишіть структуру прецеденту.
11. Перелічіть основні метрики знаходження міри подібності, що застосовують при виборі прецедентів.
12. Наведіть приклад розрахунку міри подібності об'єктів, використовуючи як метрику евклідову відстань.

Розділ 2. КОМПОНЕНТНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМ

2.1. Основні принципи системного проектування інформаційних управляючих систем на основі компонентного підходу

При розробленні багаторівневих розподілених ІУС велику увагу в даний час приділяють використанню позитивного досвіду минулих розробок.

Відомо, що цей досвід дозволяє підвищити можливість реалізації проектів створення ІУС, що приводить до скорочення термінів і зниження вартості розробки.

Ключовим питанням при створенні складної ІУС є формування багаторівневої архітектури, яке здійснюється на етапі системного проектування.

Розглянемо процес формування багаторівневої архітектури ІУС на основі компонентного та прецедентного підходів з використанням позитивного досвіду, отриманого в результаті виконання проектів-аналогів.

Компонентний підхід дозволяє формувати компоненти ІУС у вигляді прецедентів-зразків і враховувати ступінь їхньої новизни [114].

Одним із методів для використання накопиченого досвіду є прецедентний підхід [115].

Для опису прецедентів часто застосовують ознаковий опис [101]. Кожному прецеденту ставлять у відповідність вектори (дескриптори) опису: бінарні (... 01001 ...) або такі, що складаються з кортежів ($\{..., \mathbf{C}_{vi}, \dots\}$ типу $\mathbf{C}_{vi} = \langle \mathbf{n}, \mathbf{z}, \mathbf{v}, \mathbf{o} \rangle$, де \mathbf{n} – найменування властивості; \mathbf{z} – його значення; \mathbf{v} – важливість або інформаційна вага властивості; \mathbf{o} – обмеження на інтервал допустимих значень). Обмеження визначає інтервал значень, у рамках якого властивість може визначати спосіб визначення подібності між прецедентами [103].

Метод системного проектування ІУС на основі використання компонентного підходу та позитивного досвіду минулих розробок можна уявити у вигляді циклічного процесу, що складається з декількох етапів. Схема методу показана на рис. 2.1.

Етап I. На цьому етапі здійснюють попередній відбір множини прецедентів, які являють собою виконані проекти щодо створення ІУС.

Для кожного прецеденту формується набір ТВ (технічних вимог), що знаходяться в ТЗ. ІУС, які є найбільш «близькими» за параметричними ознаками, формують попередню множину для пошуку прецедентів.

Етап II. Прецеденти зі сформованої попередньої множини підлягають подальшій декомпозиції за заданим критерієм з метою отримання багаторівневої структури ІУС. Для кожного прецеденту в БД міститься дерево проектних робіт раніше спроектованої ІУС. Оскільки кожна ІУС є унікальною і тому не передбачає наявності повного аналога, то можна розглядати вимоги не тільки до ІУС у цілому, але й до її складових. Декомпозиція ІУС на складові функціональні компоненти (підсистеми, вузли, блоки і т.д.) дозволяє шукати аналоги на більш низьких рівнях і, таким чином, на основі компонентів нижніх рівнів формувати архітектуру нової ІУС.

Етап III. Після отримання декомпонованої структури ІУС здійснюється вибір найбільш придатних прецедентів-компонентів на нижніх рівнях деталізації ІУС, що дозволяє сформувати багаторівневу компонентну архітектуру ІУС.

Етап IV. Вибрані компоненти-прецеденти на різних рівнях деталізації ІУС аналізуються на відповідність до ТВ необхідних компонентів у ТЗ. Вибрані компоненти можуть адаптуватися виходячи з індивідуальних особливостей спроектованої ІУС. У результаті будуть отримані піддерева проектних робіт з адаптації існуючих компонентів для повторного використання. Якщо ж компонентів-аналогів немає або адаптацію проводити недоцільно, то формують проектні роботи із проектування нових компонентів.

Етап V. На даному етапі формується багаторівнева компонентна архітектура ІУС у вигляді композиції компонентів на різних рівнях деталізації ІУС. Із піддерев робіт, пов'язаних з окремими компонентами,

формується склад проектних робіт щодо створення ІУС згідно з його багаторівневою архітектурою.

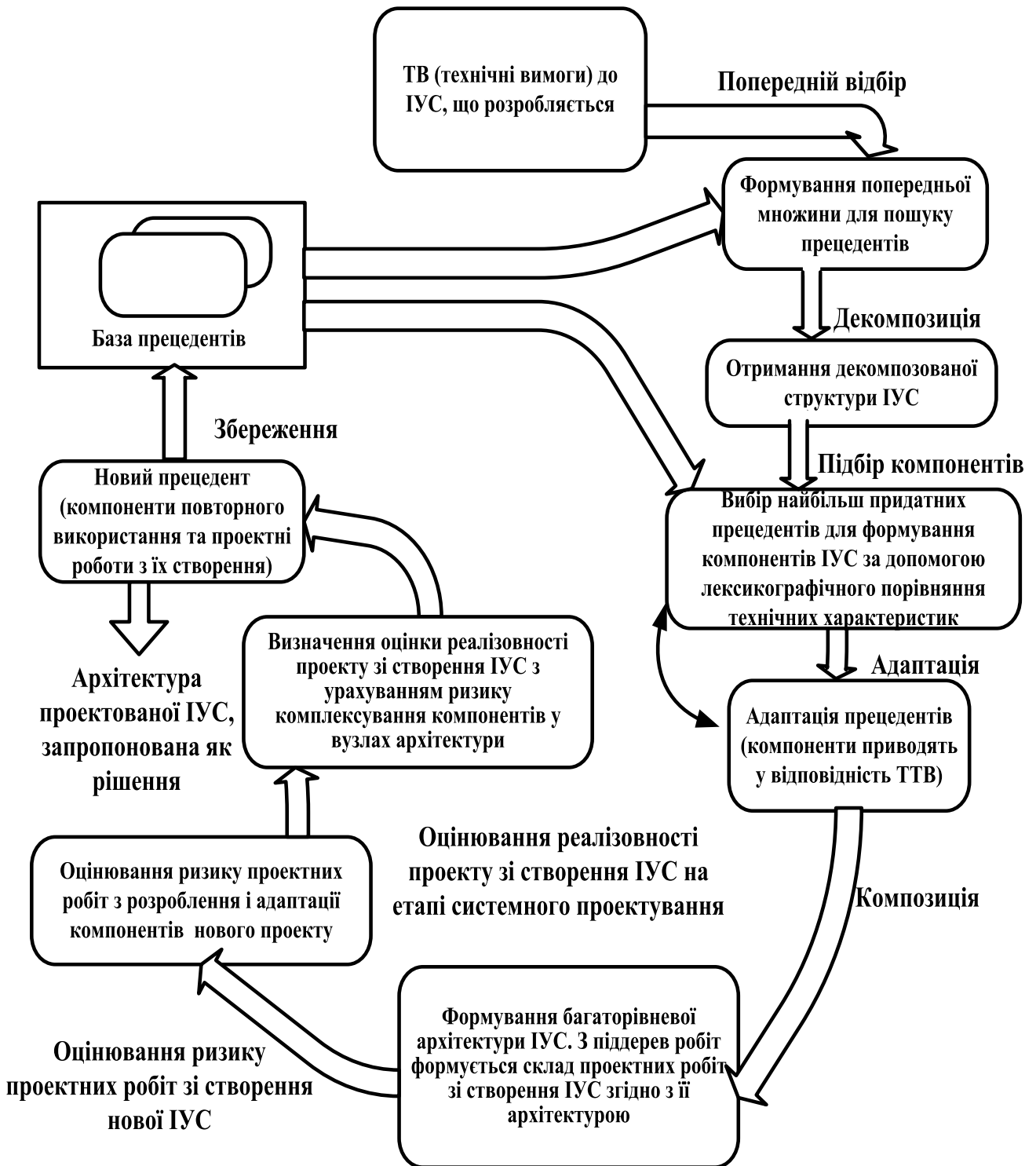


Рис. 2.1. Збільшене подання системного проектування ІУС на основі використання компонентного підходу і позитивного досвіду минулих розробок

Етап VI. Оцінюється ризик проектних робіт з проектування нових та адаптації існуючих компонентів ІУС.

Етап VII. Після оцінки ризику окремих проектних робіт оцінюється реалізованість проекту зі створення ІУС на етапі системного проектування.

Етап VIII. Новий проект зі створення багаторівневої архітектури ІУС, реалізований у вигляді компонентів повторного використання і нових компонентів, а також адаптованих компонентів повторного використання з урахуванням отриманого складу проектних робіт, записується в базу даних прецедентів для виконання подальших проектів.

2.2. Формування множини компонентів інформаційних управляючих систем із використанням позитивного досвіду минулих розробок

Як відомо, ефективність пошуку прецедентів, які являють собою проекти зі створення ІУС, багато в чому залежить від знань про предметну область і кінцевої мети вирішення проблеми [100].

Проаналізуємо методи, які застосовують для знаходження міри подібності прецедентів на початковому етапі створення системи. Найбільш популярним є метод "найближчого сусіда" (nearest neighbour), який часто застосовують у вигляді модифікації (K-nearest neighbours). Цей метод більш стійкий, оскільки дозволяє згладити окремі викиди, випадковий шум, завжди присутній в даних [100, 105, 106, 107, 108]. Існує також безліч підходів до використання методів знаходження даних у системах ведення на основі прецедентів, які зосереджені на виборі релевантних прецедентів. У таких системах застосовують різні методи визначення даних, серед них – дерева рішень, байєсівські мережі, нейронні мережі і т. д. [116]. Всі вони ґрунтуються на тому чи іншому способі вимірювання ступеня подібності прецеденту й розглянутого варіанта проектного рішення. Для процесів планування і управління змістом проекту прийнятно використовувати прецедентний підхід, застосовуючи евристичну міру подібності [117, 118].

Для складних систем, до яких відноситься багаторівнева розподілена ІУС, пошук найбільш підходящого прецеденту тільки за допомогою перерахованих вище методів може не дати коректного рішення. Це пов'язано з підвищеною розмірністю проєктованих розподілених ІУС. Такі задачі проєктування вимагають формування множини релевантних прецедентів. Перш ніж здійснювати пошук прецедентів-компонентів на різних рівнях ієрархії ІУС-аналогів, доцільно спочатку формувати попередню множину для пошуку на рівні виконаних проектів зі створення ІУС. Формування попередньої множини здійснюється за параметричними ознаками (експлуатаційними характеристиками і т. д.) і цільовим призначенням ІУС. Для здійснення попереднього відбору прецедентів можна використовувати класифікаційний метод.

Тому доцільно формувати попередню множину прецедентів на рівні виконаних проектів ІУС для подальшого пошуку релевантних прецедентів

на рівні окремих компонентів (підсистем) ІУС. Розглянемо формування попередньої множини прецедентів із використанням параметричних ознак.

Формування попередньої множини для пошуку прецедентів у вигляді виконаних проектів зі створення ІУС

З метою формування попередньої множини прецедентів можна використовувати кластер-аналіз [119]. Розглянемо метод ієрархічної висхідної класифікації (агломеративної кластеризації). Агломеративна кластеризація являє собою метод, який використовує розбиття. Переваги методу полягають в тому, що агломеративний метод кластеризації дозволяє заздалегідь не визначати кількість класів, який добре застосовують для класифікації множин не дуже великого обсягу, і на практиці зазвичай приводить до кращих результатів, ніж методи кластеризації, основані на низхідній класифікації. Істотною перевагою методів ієрархічної класифікації є можливість наочної інтерпретації проведеного аналізу [119, 120, 121].

Виходячи з інформації про значення технічних характеристик (ТХ) виконаних проектів і нового проекту зі створення ІУС формують таблицю R_{IJ} , в якій множина рядків I являє собою виконані проекти зі створення ІУС (об'єкти), а множина стовпців J – значення їх характеристик. Елементи таблиці R_{IJ} утворюють вхідні дані.

Слід зазначити, що кожна характеристика ІУС має свій коефіцієнт важливості W_j . При формуванні таблиці R_{IJ} характеристики ранжирують за своїми коефіцієнтами важливості і в розрахунках враховуються тільки ті характеристики, коефіцієнти важливості яких перевищують порогові значення Ω_j ($0 \leq \Omega_j < 1$), визначені експертним шляхом, причому

$$R_{ij} = W_j * r_{ij}, \quad (2.1)$$

де r_{ij} – значення j -ї характеристики i -го об'єкта.

На першому етапі всі об'єкти розглядають як окремі самостійні кластери, що складаються лише з одного елемента. Обчислюють відстані між усіма можливими парами об'єктів, застосовуючи ту чи іншу метрику. Для отримання матриці відстаней між об'єктами D_{IJ} можна використовувати окремий випадок у вигляді сім'ї метрик Мінковського, а саме евклідову відстань [55]. При цьому ознаки є кількісними, компоненти вектора спостережень – однорідні за своїм фізичним змістом, і всі вони однаково важливі з точки зору вирішення питань про віднесення об'єкта до того чи іншого класу [119, 121, 122]:

$$d(i, i') = \sqrt{\left(i^{(1)} - i'^{(1)}\right)^2 + \dots + \left(i^{(j)} - i'^{(j)}\right)^2}, \quad (2.2)$$

де $d(i, i')$ – попарно взаємна відстань між об'єктами.

У процесі побудови методу агломеративної ієрархічної кластеризації з використанням середнього зв'язку використовують такі позначення:

$X(I)$ – ієрархічна класифікація (це множина непустих підмножин множини I , частково впорядкованих відношенням включення множин);

$T(X(I))$ – множина термінальних класів ієрархії $X(I)$;

$M(X_0), M(X_1), \dots, M(X_{||-1})$ – послідовність вкладених розбиттів;

$v(a)$ – індекс рівня класу a (показник стратифікації або діаметр класу);

$\delta^0(\{i\}, \{i'\}), \delta^1(\dots, \dots), \dots, \delta^{h-1}(\dots, \dots)$ – відстані між класами;

h – крок;

N – нетермінальний клас;

$Si(a)$ – множина класів, що знаходяться безпосередньо під класом a , множина являє собою розбиття множини a ;

$|I|$ – кількість елементів множини I ;

$A(N)=i$ – наступник вузла N ;

$B(N)=i'$ – другий наступник вузла N ;

$P(N)=2$ – число елементів вузла N ;

s_h і s'_h – два класи з $M(X_{h-1})$, на яких реалізується мінімальне значення відстаней δ^{h-1} на $M(X_{h-1})$.

Необхідно побудувати послідовність часткових ієрархій $X_0, X_1, \dots, X_{||-1}$.

Початок. Розглядають таблицю відстаней $d(i, i')$, обчислених із вихідної таблиці R_{ij} , при цьому вважають, що

$$\begin{aligned} X_0 &= X_0(I) = T(X(I)) = \{\{i\}; i \in I\}, \\ M(X_0) &= X_0(I) = T(X(I)) = \{\{i\}; i \in I\}, \\ v(\{i\}) &= 0, (i \in I). \end{aligned}$$

Прийнято, що відстані між одноелементними класами мають дорівнювати відстаням між елементами

$$\delta^0(\{i\}, \{i'\}) = d(i, i'), (i, i' \in I). \quad (2.3)$$

Крок $h = 1$. Відшуковують мінімальне значення δ на X_0 . Нехай це мінімальне значення досягається на парі одноелементних класів $\{i\}, \{i'\}$. Потім формують перший вузол із послідовним номером $||+1$, так що $N=||+1$ і $h=1$, вважають:

$$\begin{aligned} a_1 &= \{i, i'\}, Si(a_1) = \{i, i'\}, |a_1| = 2, \\ M(X_1(I)) &= M(X_0(I)) \cup \{a_1\} \setminus \{i\} \setminus \{i'\}, \\ X_1 &= X_1(I) = X_0 \cup a_1, \end{aligned} \quad (2.4)$$

$$v(a_1) = \min\{\delta_0(i, i') : i \neq i', i, i' \in M(X_0)\} = v(N).$$

Наприкінці обчислюють відстані між усіма класами нового розбиття, позначеного через $M(X_1)$. Оскільки воно утворюється з $M(X_0)$ об'єднання двох класів, то для перерахунку відстаней необхідне використання характеристики відстані між двома підмножинами елементів. Тоді можна обчислити відстань між новим об'єднаним класом та іншими класами:

$$\delta^1(a_1, t), (t \in M(X_1)).$$

У нашому випадку характеристикою (критерієм) відстані між двома підмножинами елементів є середня відстань між підмножинами (кластерами). А відстань між новим класом та іншими класами $\delta_{\text{moy}}(a, b)$ (де a та b – дві підмножини (класу) I) обчислюють за методом середнього зв'язку [120]:

$$\delta_{\text{moy}}(a, b) = \sum \{d(i, i') : i \in a, i' \in b\} / |a||b|. \quad (2.5)$$

У методі середнього зв'язку використано інформацію про всі відстані між парами кластерів [120, 121, 122].

Відстань між двома класами визначають як середнє значення вихідних відстаней між елементами, що належать цим двом класам. Рекурентна формула має такий вигляд:

$$\delta_{\text{moy}}^h(t, s_h \cup s'_h) = (|s_h| \delta_{\text{moy}}^{h-1}(t, s_h) + |s'_h| \delta_{\text{moy}}^{h-1}(t, s'_h)) / (|s_h| + |s'_h|) \quad (2.6),$$

при $t \neq s_h \neq s'_h; t, s_h, s' \in M(X_{h-1})$,

$$\delta_{\text{moy}}^h(t, t') = \delta_{\text{moy}}^{h-1}(t, t') \quad (2.7)$$

при $t \neq t' \neq s_h \neq s'_h; t, t', s_h, s' \in M(X_{h-1})$.

Крок $h=Z$ (рекурентна формула). Відомими є послідовність вкладених ієрархій, X_{h-1} , а також вершина $M(X_{h-1})$. Рекурентні формули, щоб бути ефективними, мають ґрунтуватися тільки на інформації, що відноситься до $M(X_{h-1})$. Отримуємо

$$\begin{aligned} N &= |I| + h, \\ a_h &= s_h \cup s'_h, Si(a_h) = \{s_h, s'_h\}, \\ X_h(I) &= X_{h-1}(I) \cup a_h, \\ M(X_h(I)) &= M(X_{h-1}(I)) \cup \{a_h\} \setminus \{s_h\} \setminus \{s'_h\}, \\ v(a_h) &= \min\{\delta^{h-1}(s, s'); s \neq s', s, s' \in M(X_{h-1})\}, \\ |a_h| &= |s_h| + |s'_h|, \end{aligned} \quad (2.8)$$

так що $v(N) = v(a_h)$, $A(N)$ і $B(N)$ – номери класів s_h і s'_h в ієрархії X_{h-1} , відповідно $P(N) = P(A(N)) + P(B(N))$.

При перерахуванні відстаней для $\delta^h(t, a_h), t \in M(X_h)$ використовують такі величини: $\delta^{h-1}(t, s_h), \delta^{h-1}(t, s'_h), \delta^{h-1}(s_h, s'_h), v(s_h), v(s'_h), |s_h|, |s'_h|, v(t), |t|$.

Останній крок $h=|I|-1$. Залишається об'єднати тільки два класи, щоб отримати всю множину I . У цьому випадку:

$$\begin{aligned} N &= 2|I| - 1, \\ a_h &= I = s_h \cup s'_h, |a_h| = |s_h| + |s'_h| = |I|, \\ X_h &= X_{|I|-1} = X(I), \\ M(X_h) &= \{I\}, \\ v(a_h) &= v(I) = \delta^{h-1}(s_h, s'_h). \end{aligned} \tag{2.9}$$

Таким чином, всі об'єкти стають членами одного кластера.

Провівши процес кластеризації за вказаною експертами максимально припустимою відстанню між кластерами, отримуємо попередню множину об'єктів-прецедентів на рівні виконаних проектів зі створення ІУС, яка сформована за параметричними ознаками. Об'єкти, що належать кластерам, відстані між якими перевищують задану експертами максимально допустиму відстань, виключаються з подальшого розгляду.

2.3. Декомпозиція структури інформаційної управляючої системи

Отримання декомповованої структури ІУС, а в подальшому комплексу проектних робіт зі створення окремих компонентів ІУС є важливим процесом на етапі системного проектування.

Як відомо із системного аналізу, декомпозиція пов'язана зі структурним аналізом. Декомпозиція є також елементом системного синтезу. Шляхом декомпозиції здійснюється поділ складного об'єкта на більш дрібні частини з метою подальшого з'єднання їх для більш детального подання об'єкта [1].

Декомпозиція складних задач проектування на прості складові (компоненти) є однією з основних методик у системному проектуванні ІУС [94].

Як відомо, кожна мета проектування ІУС може бути декомповована на складові її задачі або підцілі [94, 123].

Перелік робіт, які мають бути зроблені в проекті щодо створення ІУС, можна визначити шляхом розбиття проекту на більш дрібні проекти або відповідні їм продукти. Такий підхід забезпечує можливість ефективного застосування проектного управління як методології і в дуже великих програмах, і в локальних проектах [89, 124].

Процес декомпозиції проектних робіт зі створення ІУС складається з таких кроків [95]:

1. Одержання кінцевих результатів проекту після розгляду документів, що описують загальний обсяг робіт за проектом.

2. Визначення основних пакетів робіт, необхідних для отримання кінцевих результатів (продуктів) проекту.

3. Об'єднання додаткових рівнів деталізації відповідно до внутрішньої системи управління і єдиної системи контролю.

4. Перегляд (аналіз) і удосконалення структури декомпозиції робіт до того часу, доки всі учасники проекту не будуть згодні, що планування проекту може бути успішно завершено.

При побудові декомповованої структури проектних робіт і проекту щодо створення ІУС необхідно дотримуватися таких принципів [98]:

1. Роботи зі створення компонентів нижнього рівня входять до складу робіт верхнього рівня.

2. У кожного батьківського компонента може бути декілька дочірніх компонентів, реалізація яких автоматично забезпечує створення батьківського компонента.

3. У кожної дочірньої роботи може бути тільки одна батьківська робота, пов'язана зі створенням компонента.

4. Декомпозиція батьківської роботи на дочірні проводиться за одним критерієм.

5. На одному рівні дочірні роботи, які декомпозують батьківську, мають бути рівнозначними. Як критерій рівнозначності може виступати функціональна цілісність.

6. При побудові структури комплексу робіт на різних рівнях можна застосовувати різні критерії декомпозиції.

7. Послідовність використання критеріїв для декомпозиції проектних робіт слід вибирати таким чином, щоб якомога більша частина залежностей та взаємодій робіт опинилася на самих нижніх рівнях декомпозиції. На верхніх рівнях роботи мають бути автономними.

8. Декомпозиція робіт припиняється тоді, коли роботи нижнього рівня задовольняють такі умови [98]:

- роботи є ясними та зрозумілими учасникам проекту (є елементарними);

- зрозумілий кінцевий результат роботи й способи його досягнення – одержання (створення або придбання) компонентів;

- часові характеристики та відповідальність за створення або придбання компонентів можуть бути однозначно визначені;

- необхідно змінити рівень абстракції, щоб досягти більшої деталізації компонентів;

- рівень деталізації задовольняє меті [1, 98].

Формування попередньої множини проектів зі створення ІУС дає можливість звузити область пошуку прецедентів для нового проекту на рівні компонентів. Після отримання попередньої множини прецедентів проводять процес декомпозиції виконаних проектів на складові частини. Це дає можливість шукати релевантні прецеденти на більш низьких

рівнях, тобто знаходити відповідні прецеденти для компонентів, виділених у результаті процесу декомпозиції.

За допомогою декомпозиції можна розбити будь-який проект зі створення ІУС на окремі складові. Залежно від рівня декомпозиції архітектуру ІУС можна уявити у вигляді набору основних компонентів, притаманних цьому рівню.

Деревом декомпозиції **U** архітектури ІУС є багаторівневий ієрархічний компонентний склад (БІКС).

Після завершення процесу декомпозиції з урахуванням сформованої попередньої множини для пошуку прецедентів за параметричними ознаками отримаємо декомповану структуру нової ІУС, яка подана у вигляді БІКС. У свою чергу, в результаті декомпозиції виконаних проектів зі створення ІУС отримаємо структуру проектних робіт, яка дозволяє виділяти піддерева проектних робіт з розроблення (адаптації) тих чи інших компонентів, які можуть брати участь у формуванні багаторівневої архітектури нової ІУС.

Для формалізованого подання декомпованої структури ІУС можна використовувати векторне описання, що складається з кортежів [55]:

$$C_{B_1}^u = \{C_{B_1}^{u+1}, \dots, C_{B_i}^{u+1}, \dots, C_{B_n}^{u+1}\}, \quad (2.10)$$

де $C_{B_1}^u$ – вектор описання компонента з індексом 1 u-го рівня ієрархії ІУС;

$C_{B_i}^{u+1}$ – кортеж, який являє собою вкладений компонент більш низького рівня;

u – номер рівня ієрархії ІУС;

n – кількість компонентів u-го рівня декомпозиції.

Компоненти декомпованих проектів ІУС із попередньої множини для пошуку прецедентів мають бути описані у вигляді набору технічних характеристик.

Наведемо характеристики компонентів ІУС у вигляді векторів описання, що складають кортеж. Таким же чином можна уявити вимоги до компонентів нового проекту

$$C_{B_i}^u = \langle h_1, h_2, \dots, h_s \rangle, \quad (2.11)$$

де $C_{B_i}^u$ – кортеж, який є компонентом u-го рівня декомпозиції і має множину характеристик;

h_1, h_2, \dots, h_s – множина значень характеристик чи вимог;

s – кількість характеристик (вимог) i-го компонента u-го рівня декомпозиції.

Таким чином, у даному розділі докладно поданий для вивчення етап системного проектування ІУС. Вивчаються компонентний підхід і позитивний досвід минулих розробок для формування попередньої множини проектів-аналогів, для створення нової ІУС. Для пошуку готових проектних рішень використовують прецеденти на різних рівнях ієрархії

проектованої ІУС з метою формування багаторівневої компонентної архітектури ІУС. Формування попередньої множини прецедентів здійснюється з урахуванням цільового призначення і заданими параметричними ознаками. Для формування попередньої множини прецедентів розглядають ієрархічний агломеративний метод кластеризації, який дає можливість знаходити найбільш «близькі» аналоги-зразки ІУС виходячи із заданої міри подібності. Це дозволяє раціонально використати позитивний досвід минулих розробок і покомпонентно формувати багаторівневу архітектуру проектованої ІУС.

У розділі детально розглянуто етап декомпозиції, на якому здійснюється отримання декомпозованої структури проектованої ІУС. Дано формалізоване подання декомпозованої структури ІУС.

Системне проектування ІУС на основі використання компонентного підходу та позитивного досвіду минулих розробок дозволяє знаходити серед безлічі існуючих технічних рішень найбільш відповідне рішення для успішного формування багаторівневої компонентної архітектури ІУС. При цьому підвищується реалізація складної ІУС, скорочуються строки, знижується вартість проектування за рахунок використання компонентного підходу та позитивного досвіду минулих розробок при формуванні багаторівневої архітектури ІУС.

Контрольні запитання

1. Як здійснюється формування кожної множини для пошуку прецедентів?
2. Що таке агломеративна кластеризація?
3. Яких принципів необхідно дотримуватися при декомпозиції структури проектних робіт?
4. Чим цикл системного проектування відрізняється від типового циклу виведення за прецедентами?
5. Які вхідні дані використовує комплексний метод системного проектування?
6. Чому є необхідним формування попередньої множини для пошуку прецедентів?
7. За якими ознаками здійснюється формування попередньої множини?
8. Яким чином використовують коефіцієнти важливості характеристик?
9. У чому полягає сутність методу середнього зв'язку?

Завдання

1. Перелічіть етапи системного проектування, ґрунтованого на компонентному підході та досвіді минулих розробок.

2. Напишіть рекурентну формулу агломеративної ієрархічної кластеризації з використання методу середнього зв'язку.
3. Сформууйте основні кроки висхідної, агломеративної кластеризації.
4. Наведіть формулу для обчислення відстані між об'єктами за метрикою евклідової відстані.
5. Наведіть основні кроки декомпозиції.
6. Сформууйте вектор формалізованого подання декомповованої структури ІУС.
7. Сформууйте вектор опису характеристик компонентів.
8. Сформулюйте критерії завершення декомпозиції.

Розділ 3. ФОРМУВАННЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ КОМПОНЕНТНОЇ АРХІТЕКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ УПРАВЛЯЮЧОЇ СИСТЕМИ

3.1. Формування бази даних компонентів багаторівневої архітектури інформаційної управляючої системи

Одним із центральних завдань на етапі системного проектування ІУС є формування багаторівневої архітектури.

Детальніше розглянемо сучасний підхід до системного проектування ІУС, який дозволяє формувати багаторівневу архітектуру ІУС з урахуванням компонентного підходу та позитивного досвіду минулих розробок.

Сучасна архітектура ІУС містить велику кількість компонентів, узятих або адаптованих із минулих розробок [125]. Підхід, оснований на позитивному досвіді минулого, дозволить мінімізувати ризик, пов'язаний зі створенням нових компонентів, підвищити реалізованість проекту й забезпечить значно менші витрати на розроблення і скорочення термінів створення ІУС. Поява нових виробничих задач і функцій управління приводить до необхідності створення нових компонентів, що впливає на реалізованість проекту зі створення ІУС. Тому при проектуванні ІУС необхідно знайти компроміс при виборі складу ІУС, в який будуть входити як компоненти повторного використання, так і нові компоненти.

Багаторічний досвід розробників зі створення ІУС дозволяє виділити основні типи компонентів, притаманні кожному рівню деталізації ІУС, що отримані в результаті декомпозиції архітектури ІУС. При створенні складної розподіленої ІУС проектувальник постійно звертається до існуючих компонентів на кожному рівні ієрархії ІУС за пошуком рішень, що зарекомендували себе.

Розглянемо формування багаторівневої архітектури ІУС на основі прецедентного та компонентного підходів [55, 102].

Для формалізації досвіду минулих розробок, як було показано в розд. 2, доцільно застосовувати прецедентний підхід. Зазначимо, що більшість методів, що використовують висновок щодо прецедентів, оснований на відносно простому однорівневому поданні минулого досвіду і не припускають аналізу багаторівневої архітектури ІУС. Спільне застосування компонентного підходу і виведення з прецедентів дозволяють формалізувати процес системного проектування складних ІУС з урахуванням досвіду минулих розробок. Компонентний підхід доцільно використовувати для формування багаторівневої архітектури ІУС за допомогою компонентів декомпованих ІУС, що вже себе зарекомендували. Ці компоненти мають позитивну практику використання й подані у вигляді прецедентів на різних рівнях ієрархії створеної багаторівневої бази прецедентів.

Створювана багаторівнева архітектура ІУС складається з трьох типів компонентів. До них відносяться КПВ, адаптовані компоненти (АК) з минулих розробок ІУС, а також нові компоненти (НК).

Кожен прецедент можна уявити у вигляді модуля, який описує технічні характеристики (ТХ) g -го компонента і основні конструкторсько-технологічні рішення, пов'язані з його створенням. Наведемо технічні характеристики g -го компонента у вигляді вектора Q^g , кожна проекція якого відповідає конкретній технічній характеристиці. Вимоги щодо створення окремого компонента ІУС, які містяться в ТЗ, можна оформити у вигляді вектора технічних характеристик Q^s , що описує проблемну проектну ситуацію, вирішення якої можна здійснити за допомогою створеної бази даних прецедентів (БДП). Шляхом спрямованого пошуку та зіставлення вимог Q^s і кожного Q^g із БДП можна знайти прецеденти (КПВ) на даному i -му рівні подання архітектури ІУС. Якщо знайдені «близькі» компоненти на i -му рівні, що розглядається, не задовольняють проектувальника, то проектувальник переходить на наступний (нижній) $(i+1)$ -й рівень декомпозиції і продовжує пошук «близьких» прецедентів.

Таким чином, формування архітектури ІУС являє собою ітераційну процедуру пошуку прецедентів у багаторівневій БДП компонентів.

Зауважимо, що на нульовому самому верхньому рівні ієрархії у багаторівневій БДП кожен елемент – це проект зі створення ІУС, який був виконаний у минулому. На першому рівні ієрархії БДП прецеденти подані основними функціональними підсистемами ІУС або комплексами, що описуються своїми ТХ. У БДП міститься також описання проектних робіт зі створення даних підсистем або комплексів. У наступних рівнях БДП містяться КПВ із різним ступенем деталізації архітектури ІУС.

Для кожного компонента розроблюваної ІУС з урахуванням i -го рівня декомпозиції архітектури e -го найменування та j -го типу компонентів існує множина прецедентів M_{iej} у БДП у вигляді компонентів минулих розробок.

Нехай ця множина була попередньо сформована розробниками ІУС. Необхідно знайти підмножину M_{iej}^* , яка «ближче» всього за технічними характеристиками до необхідного за ТЗ s_{iej} -го компонента ІУС (нова проблемна ситуація). Для виконання пошукових операцій у БДП необхідно провести попереднє упорядкування прецедентів, що здійснюється на кожному i -му рівні декомпозиції архітектури ІУС, для e -го найменування та j -го типу компонента. Для попереднього упорядкування прецедентів можна скористатися лексикографічним упорядкуванням [30].

Кожен компонент (прецедент) можна подати у БДП у вигляді набору («слова») технічних характеристик. Технічні характеристики в «слові» ранжируються за важливістю. На першому місці слова знаходяться найбільш значущі технічні характеристики компонента, а на останньому – найменш значущі. Для забезпечення зручності пошуку переведемо значення всіх технічних характеристик компонентів ІУС у якісні значення лінгвістичних змінних $I_{iej\mathbf{b}}$, де i відповідає рівню декомпозиції БІС, e – найменування компонента, j – тип компонента, \mathbf{b} – технічна характеристика. Нехай якісне значення будь-якої лінгвістичної змінної $I_{iej\mathbf{b}}$ відповідає буквам латинського алфавіту. Наприклад:

- A – найкраще значення характеристики;
- B – відмінне значення;
- C – добре значення;
- D – задовільне значення.

Причому діапазони значень або конкретні значення ТХ компонентів, які являють собою кожен лінгвістичну змінну, визначаються замовником проекту зі створення ІУС.

Крім того, що здійснюється переведення ТХ компонентів у якісні значення та впорядкування їх усередині «слів», виходячи з важливості характеристик, лексикографічне впорядкування забезпечує спрямований пошук і зіставлення вимог Q^S з кожним прецедентом Q^r із БДП. У результаті лексикографічного впорядкування вся множина прецедентів M_{iej} заданого рівня декомпозиції можна подати у вигляді впорядкованого списку. В упорядкованому списку прецедентів спочатку знаходяться ті прецеденти, які є найбільш «близькими» за своїми ТХ до необхідного за ТЗ s_{iej} -го компонента ІУС. Кількість прецедентів Q^r із цього списку для подальшого розгляду може вибирати проектувальник на свій розсуд. Відібрані прецеденти з упорядкованого списку являють собою шукану підмножину M_{iej}^* .

Нехай будь-який g -й компонент (прецедент) у БДП наведений у вигляді вектора («слова») з проєкціями у вигляді значень технічних характеристик (на першому місці знаходиться найбільш значуща характеристика, а на останньому – менш значуща). Наприклад:

$$Q^r = A_r, C_r, A_r, B_r, \dots$$

Нагадаємо, що всі прецеденти заздалегідь подані та лексикографічно упорядковані у такому вигляді в БДП.

Лексикографічне впорядкування прецедентів у БДП і вимог до проєктованих компонентів має ряд переваг. До них відносяться:

- ТХ в «слові» компонента ранжируються за важливістю, що дає можливість здійснювати пошук прецедентів для необхідних компонентів різного рівня ієрархії, зосереджуючись на найбільш пріоритетних характеристиках компонента;

- діапазони значень або конкретні значення ТХ, що розмежовують наведені якісні значення (А, В, С, D, ...) певної лінгвістичної змінної, дозволяють об'єктивно враховувати побажання замовника (таким чином, уточнюються діапазони значень або точкові значення ТВ на онові побажань замовника) ;

- незалежно від того, якісними або кількісними значеннями наведені ТХ прецедентів і необхідних компонентів, всі ТХ видаються як «слова», що складаються з якісних значень лінгвістичних змінних, які відповідають за конкретну ТХ заданого рівня декомпозиції;

- пошук найбільш «близьких» компонентів здійснюється на підставі порівняння впорядкованих значень кожної з технічних характеристик прецедентів і необхідних компонентів, що забезпечує простоту в отриманні результату пошуку.

Слід зазначити, що лексикографічне впорядкування прецедентів у БДП і вимог до проєктованих компонентів здійснюється на конкретно заданому рівні декомпозиції ІУС. Якщо ж проєктувальник визнав за необхідне розглянути ІУС «глибше» і пошукати прецеденти на більш нижчому рівні, тільки тоді здійснюється лексикографічне впорядкування БДП і вимог до проєктованих компонентів на більш нижчому рівні декомпозиції.

Розглянемо ілюстрований приклад.

Нехай для і-го рівня декомпозиції, е-го найменування, j-го типу компонента сформований і лексикографічно впорядкований такий фрагмент (множина «слів» M_{iej}) БДП:

A, A, A, B...

A, A, B, B...

A, A, B, C...

A, B, A, C....

Нехай s-та проблемна ситуація, пов'язана з вибором компонента ІУС, має таке впорядковане «слово» технічних характеристик (значення характеристик шуканого прецеденту, які збігаються з s-ю ситуацією, будуть найкращими з точки зору вимог замовника):

$$Q^s = A_s, A_s, A_s, A_s, \dots$$

Проведемо пошук так само, як у словнику, і сформуємо список із декількох найбільш «близких» прецедентів. Відбір може виконуватися на розсуд проектувальника ІУС. Відібрані найбільш «близкі» прецеденти до s -ї проблемної ситуації є елементами підмножини M_{iej}^* .

Нехай упорядкований список найбільш «близких» прецедентів має такий вигляд:

$h=1:A,A,A,B\dots$

$h=2:A,A,B,B\dots$

$h=3:A,A,B,C\dots$

$h=4:A,B,A,C\dots$,

де h – номер «слова» у впорядкованому списку прецедентів (компонентів). Відзначимо, що найбільш пріоритетним до розгляду є перше «слово».

На рис. 3.1 показана схема лексикографічного впорядкування БДП і попереднього вибору компонентів для подальшого розгляду і аналізу.

3.2. Побудова багаторівневої компонентної архітектури інформаційної управляючої системи

Розглянемо формування багаторівневої компонентної архітектури ІУС:

1. Нульовим рівнем декомпозиції ($i = 0$) є проект зі створення ІУС. Якщо проблемна ситуація полягає не в створенні ІУС, а у розробленні функціональної підсистеми або комплексу (окремих компонентів ІКС), то найвищим рівнем ієрархії ІУС для даної задачі буде перший рівень ($i = 1$). У кожному разі на самому початку при формуванні багаторівневої компонентної архітектури ІУС або окремих компонентів пошук прецедентів у багаторівневій БД здійснюється на першому рівні декомпозиції: $i = 1$.

2. Спочатку пошук прецедентів виконується (умовно) для першого проектного компонента ($s = 1$) i -го рівня декомпозиції.

3. Далі здійснюється лексикографічне впорядкування БДП і вибір прецедентів (компонентів) для проектного s -го компонента на i -му рівні декомпозиції (детально цей етап описаний у підрозд. 3.1).

4. Оцінюються витрати на адаптацію (модифікацію) вибраного готового рішення або розроблення нового компонента, а також попередньо оцінюється час на адаптацію вибраного готового рішення або розроблення нового компонента T_s . (Модель обчислення показників: витрат P_s і вартості T_s буде наведено у підрозд. 3.4).

5. Якщо отримані значення P_s і T_s задовольняють проектувальника, то визначають перелік проектних робіт з можливої адаптації вибраного

прецеденту до s-го компонента i-го рівня ІУС.

6. Якщо значення P_s і T_s не задовольняють проектувальника, то проектувальнику пропонується розглянути наступний прецедент h+1 i-го рівня декомпозиції зі списку, отриманого у результаті лексикографічного впорядкування (етап 3).

7. Якщо отримані значення P_s і T_s не задовольняють проектувальника і при цьому він не бажає розглядати інші прецеденти зі списку, отриманого на третьому етапі, то відбувається подальша деталізація ІУС і перехід на наступний нижній (i+1)-й рівень архітектури ІУС і ітераційний алгоритм проектування повторюється, починаючи з третього етапу.

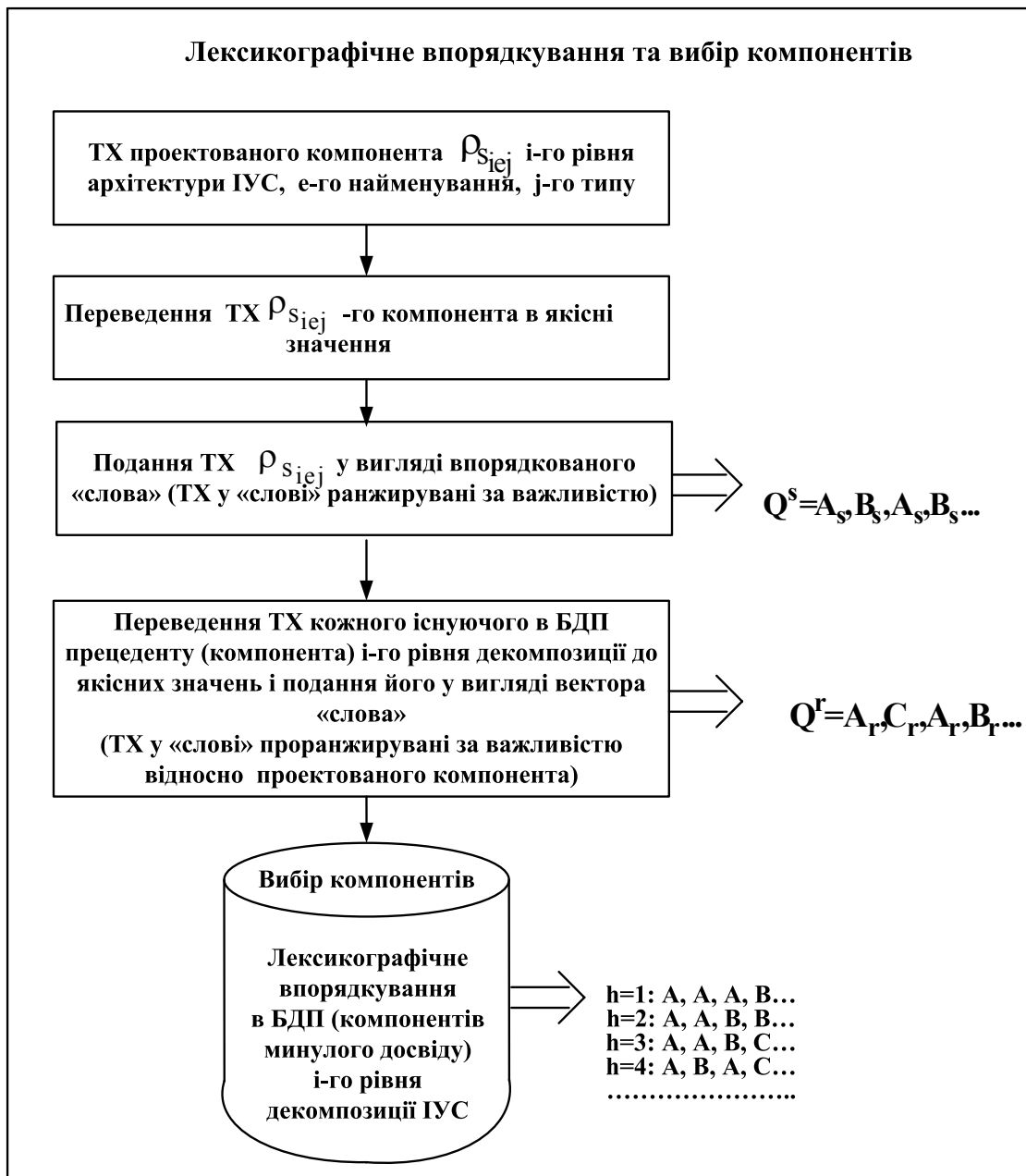


Рис. 3.1. Схема лексикографічного упорядкування в базі даних прецедентів для вибору компонентів ІУС

8. Якщо проєктувальник не бажає здійснити перехід на наступний нижній (i+1)-й рівень архітектури ІУС для пошуку прецедентів у БДП, то тоді виконується перехід на етап розроблення нового s-го компонента для i-го рівня архітектури ІУС.

9. Визначають перелік проєктних робіт для нового s-го компонента i-го рівня архітектури ІУС.

10. Якщо у результаті визначення переліку проєктних робіт з адаптації вибраного прецеденту до s-го компонента i-го рівня ІУС або з розроблення нового s-го компонента i-го рівня ІУС, багаторівнева архітектура ІУС сформована не повністю, то тоді здійснюється перехід на третій етап і виконується пошук прецедентів у БДП для наступного (s+1)-го компонента ІУС.

11. Якщо багаторівнева архітектура ІУС повністю сформована, то здійснюється оцінювання ступеня новизни отриманих компонентів (див. розд. 4) для визначення реалізованості проєкту ІУС.

12. Розраховується ризик, пов'язаний з адаптацією вибраного готового рішення або розробленням нового компонента для всіх s компонентів багаторівневої архітектури ІУС (див. розд. 4).

13. Оцінюється реалізованість проєкту створення ІУС на етапі системного проєктування (див. розд. 4).

Описаний метод формування багаторівневої компонентної архітектури ІУС дозволяє покомпонентно формувати багаторівневу архітектуру ІУС, послідовно розглядаючи різні рівні ієрархії ІУС, при цьому використовуючи досвід успішних розробок ІУС. У методі враховано при пошуку компонентів схожість із конкретними технічними характеристиками компонента, що дозволяє враховувати важливість окремих характеристик. Крім того, у методі використано лексикографічне впорядкування технічних характеристик компонентів (прецедентів), що дозволяє враховувати важливість кожної вимоги до проєктованого компонента незалежно від того, подані вимоги у вигляді якісних або кількісних значень.

На рис. 3.2 показані етапи методу формування багаторівневої компонентної архітектури ІУС з використанням БДП (компонентів минулого досвіду).

3.3. Адаптація існуючих компонентів при проєктуванні інформаційної управляючої системи

Велика різниця між значеннями характеристик прецедентів і необхідними значеннями характеристик проєктованих компонентів ІУС приводить до необхідності адаптації вибраного готового рішення (доброблення або модифікація), до вимог технічного завдання на проєктування ІУС. Однозначного рішення цієї задачі не існує. Існуючі методи адаптації звичайно припускають наявність залежності між ознаками прецедентів та ознаками рішень, що містяться у них.

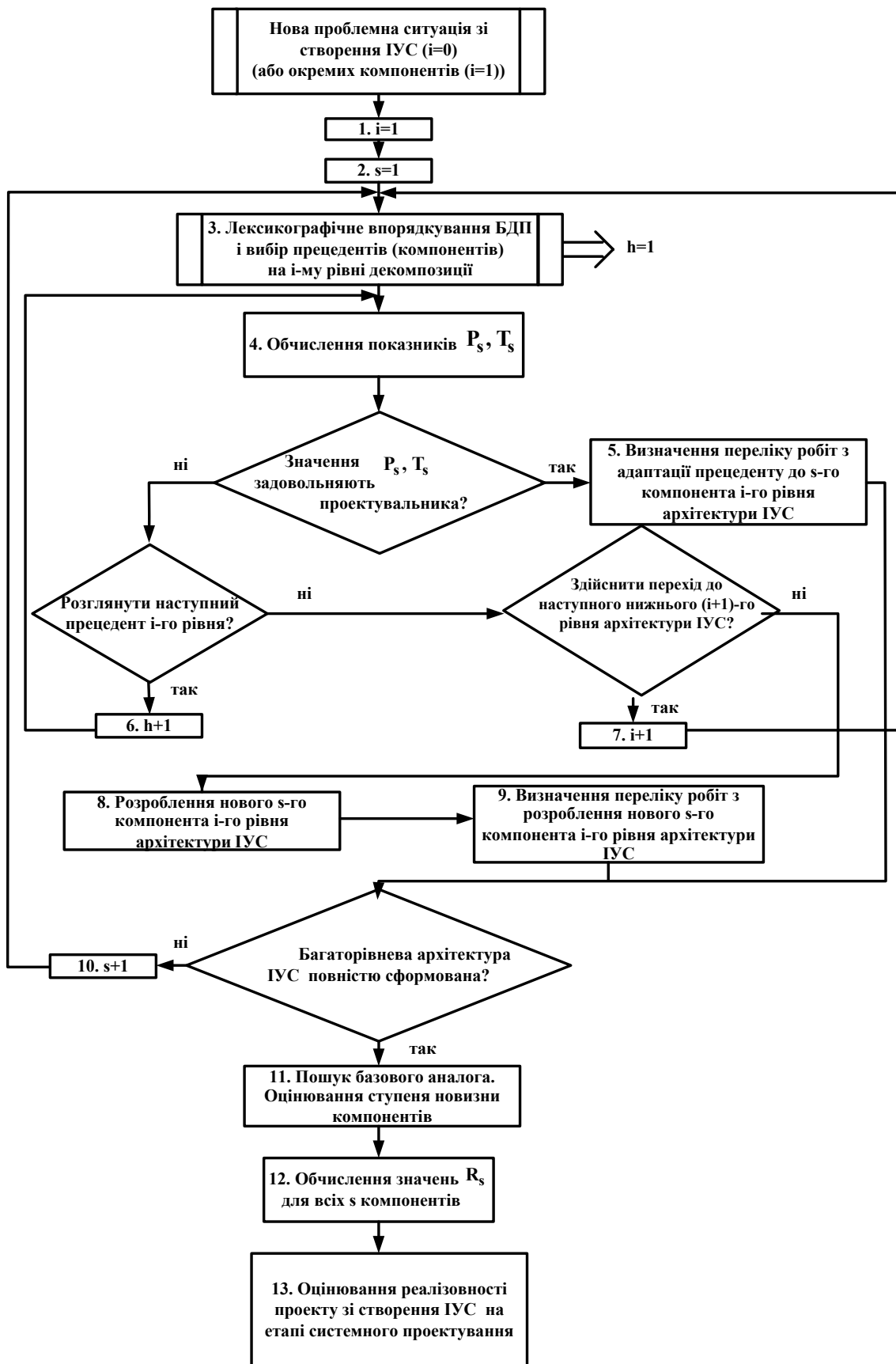


Рис.3.2. Схема формування багаторівневої компонентної архітектури інформаційної управляючої системи

Такі залежності можуть задаватися проектувальником при побудові бази прецедентів або виявлятися у базі прецедентів автоматично за допомогою знанняорієнтованих методів.

Завдання адаптації полягає:

- у підміні ТВ і початкових умов вибраного прецеденту ТВ початковими умовами проектного завдання;

- у забезпеченні коректності складу проектних робіт після підміни.

Після підміни ТВ і початкових умов проектні роботи зі створення компонента можуть вимагати змін. Деякі роботи можуть виявитися непотрібними, оскільки зникла функціональна задача ІУС, для якої їх розробляли. Можуть виявитися нові підзадачі, а крім того, зміна початкових умов може призвести до непридатності низки існуючих проектних робіт (тобто появи додаткових підзадач). Коригування проектних робіт виконується або в автоматичному режимі, або користувачем [102].

Процес адаптації (модифікації) робіт може включати ряд підходів:

1. Заміна деяких робіт у наявному рішенні.

2. Коригування або інтерполяція ознак (числових).

3. Зміна порядку операцій.

4. Повторна конкретизація змінних в існуючому прецеденті та присвоєння їм нових значень.

5. Уточнення параметрів (числових значень, пов'язаних з прецедентом). Конкретне значення має бути уточнено відповідно до нового значення іншої властивості.

6. Пошук існуючих рішень (іноді потрібно знайти спосіб подолання труднощів, що виникли як побічний ефект заміни одних робіт, для вирішення проектної задачі іншими).

Процес адаптації часто є складним; значною мірою він залежить від особливостей поставленої задачі проектування [100].

Існує кілька підходів, пов'язаних з адаптацією:

- Найпростішим випадком адаптації є накладення обмежень (constraint satisfaction). Суть цього підходу полягає у пов'язуванні змінних із конкретними об'єктами нової задачі без зміни структури піддерев проектних робіт. Такий метод ефективний, якщо піддерево проектних робіт з розроблення вибраного прецеденту вирішує задачу, аналогічну (за структурою) новій але оперує з іншими об'єктами.

- Евристичні методи адаптації (heuristic-based adaptation) використовують застосування множини евристичних правил перетворення піддерев проектних робіт з адаптації вибраного прецеденту. Іноді ці перетворення описуються набором продукційних правил, що визначають зміни складу проектних робіт залежно від контексту. Зазвичай евристичний метод застосовують у тому випадку, коли має бути змінена структура піддерев проектних робіт. Можна навести приклади систем, що стосуються евристичної адаптації (CHEF, PERSUADER, PLEXUS та ін.).

- Рекурсивна адаптація ґрунтується на застосуванні виведення за прецедентами для кожної з невирішених підзадач. Знайдене рішення деякої підзадачі може породжувати безліч відкритих підзадач, які досягаються тим же методом. У загальному вигляді метод досить складний, тому що доводиться виконувати об'єднання рішень: поточного розв'язання задачі та способу вирішення чергової підзадачі.

- Генеративна адаптація передбачає задоволення ще недосягнутих цілей методами, аналогічними формуванню піддерев проектних робіт. Генеративну адаптацію зручно використовувати спільно з іншими видами адаптації. Коли інший метод не може впоратися з породженням необхідної частини проектних робіт, то для цієї мети застосовують алгоритм класичного проектування. Як приклади систем, що використовують цей вид адаптації, можна навести: SPA, DerSNLP, PRODIGY / NoLimit.

- Метод розділення й злиття. Для кожної невирішеної задачі виконується пошук рішення незалежно. Потім отримані рішення об'єднують в єдине рішення задачі. Така декомпозиція всередині піддерев робіт прецеденту може підвищити ефективність, якщо існує спосіб виконання композиції. Для пошуку остаточного рішення (злиття) може застосовуватися будь-який метод (генерація, CBR).

- Адаптація за прецедентами полягає в застосуванні методології CBR до випадків адаптації. Отже, в системі складається бібліотека випадків адаптації і потім отриманий досвід використовується для здійснення нових адаптацій. Випадок адаптації (як і прецедент) може містити в собі інформацію про те, якими були задачі адаптації, яким був початковий склад проектних робіт і які адаптовані методи були використані. Для нової проблеми адаптації здійснюється пошук прецеденту, який має схожі цілі адаптації, і виконується спроба застосування знайдених методів адаптації до розглянутої задачі. Прикладом системи, що використовує такий тип адаптації, є DIAL [102].

При проектуванні складної розподіленої ІУС адаптація вибраних прецедентів (КПВ) із бази прецедентів для нового проекту може бути здійснена за допомогою евристичних методів адаптації, а також методу розділення й злиття.

Оцінювання витрат на адаптацію компонентів повторного використання

Неповна відповідність характеристик КПВ і проектованого компонента приводить до необхідності адаптації КПВ, виділення відповідних коштів проекту і термінів для проведення адаптації. Оцінювання витрат і термінів адаптації до вимог проектованого вибраного КПВ із БДП оснований на цілочисловому лінійному програмуванні [126].

Введемо булеву змінну $x_{s_{iej}}$:

$$x_{siej} = \begin{cases} 1, \text{ якщо для } \rho_s\text{-го компонента} \\ \text{i-го рівня архітектури ІУС,} \\ \text{е-го найменування,} \\ \text{j-го типу вибраний компонент} \\ \rho_{k_{iej}} \text{ в } Q^*; \\ 0 \text{ – в іншому випадку.} \end{cases} \quad (3.1)$$

Тоді витрати, які пов'язані з адаптацією до вимог проектованого ρ_s вибраного ρ_k -го компонента з БДП:

$$W_{siej} = \sum_k x_{siej} \cdot \omega_{k_{iej}}, \quad (3.2)$$

де $\omega_{k_{iej}}$ – витрати на адаптацію (модернізацію) k -го компонента i -го рівня e -го найменування j -го типу.

Час, необхідний на адаптацію (модернізацію) ρ_k -го компонента вимог проектованого компонента ρ_s :

$$T_{siej} = \sum_k x_{siej} \cdot t_{k_{iej}}, \quad (3.3)$$

де $t_{k_{iej}}$ – час модернізації k -го компонента i -го рівня e -го найменування j -го типу.

Звичайним обмеженням є таке:

$$\sum_k x_{siej} = 1. \quad (3.4)$$

Оцінювання значень показників (вартості $\omega_{k_{iej}}$ і часу $t_{k_{iej}}$, необхідних на адаптацію (модернізацію) ρ_k -го компонента до вимог проектованого ρ_s -го компонента) за допомогою експертів може не дати об'єктивні результати. Тому розглядають модель для оцінювання витрат (використаних ресурсів): вартості й часу на адаптацію КПВ і розроблення нових компонентів.

Модель основана на застосуванні різноманітних видів метрик і розрахунку ступеня подібності між проектованим компонентом і прецедентом (КПВ).

Для визначення ступеня подібності між компонентами й прецедентами різних рівнів ієрархії можна скористатися методом «найближчого сусіда» (nearest neighbour) [100, 105, 106, 107, 108]. Метод полягає в знаходженні ступеня подібності (близькості) між вибраним прецедентом ρ_k і проектованим компонентом ρ_s . Значення ступеня подібності обчислюють за формулою [107]

$$SIM = \left(1 - \frac{d}{d_{max}} \right), \quad (3.5)$$

де d являє собою розраховану за заданою метрикою «відстань» між проєктованим компонентом $\rho_{s_{iej}}$ і прецедентом $\rho_{k_{iej}}$ (КПВ). Тут d_{\max} – максимальна «відстань» між існуючими прецедентами i -го рівня декомпозиції, e -го найменування.

Вибраний прецедент $\rho_{k_{iej}}$ має конкретні значення тактико-технічних характеристик. При обчисленні вартості $\omega_{k_{iej}}$ і часу $t_{k_{iej}}$ проєктувальник може використовувати інформацію не про всі тактико-технічні вимоги до проєктованого компонента $\rho_{s_{iej}}$, а враховувати при обчисленнях тільки ті вимоги, які є принципово важливими в процесі проєктування. Важливість вимог до компонентів відображають коефіцієнти важливості λ_b^s , які задаються експертами. Причому $\sum_{b=1}^f \lambda_b = 1$, де f – кількість (вимог) характеристик компонента. Коефіцієнти важливості враховують в обчисленнях вартості $\omega_{k_{iej}}$ та часу $t_{k_{iej}}$.

Тактико-технічні вимоги для компонентів розроблюваної ІУС можуть бути задані в одному з чотирьох видів: у вигляді конкретного числового (точкового) значення: нижнього обмеження, верхнього обмеження, а також (найчастіше) у вигляді діапазону значень.

Ключовим моментом при розрахунку ступеня подібності між прецедентом $\rho_{k_{iej}}$ та проєктованим компонентом $\rho_{s_{iej}}$ є визначення виду метрики для оцінювання близькості. Більшість компонентів різних рівнів ієрархії ІУС мають кількісні характеристики. Для оцінювання міри подібності компонентів можна використовувати окремий випадок сім'ї метрик Мінковського у вигляді евклідової відстані [101, 55, 122]:

$$d_{ks} = \sqrt{\sum_{b=1}^f (\lambda_b^s \cdot W_{ks}^b)^2}, \quad (3.6)$$

d_{ks} – міра подібності між значеннями характеристик k -го прецеденту і характеристик проєктованого s -го компонента;

b – номер характеристики.

W_{ks}^b визначають залежно від способу завдання вимог до проєктованого s -го компонента. Якщо технічні вимоги для проєктованого s -го компонента задані у вигляді конкретного числового (точкового) значення, то

$$W_{ks}^b = x_{kb} - x_{sb}, \quad (3.7)$$

де x_{sb} – значення b -ї характеристики s -го проєктованого компонента;

x_{kb} – значення b -ї характеристики k -го прецеденту, вибраного з БДП.

Якщо вимоги задані у вигляді нижнього обмеження, W_{ks}^b обчислюють за формулою (3.8), при цьому $G = [\varepsilon_{sb}, \infty)$.

$$W_{ks}^b = \begin{cases} 0, x_{kb} \in G, \\ \varepsilon_{sb} - x_{kb}, x_{kb} \notin G, \end{cases} \quad (3.8)$$

де ε_{sb} являє собою нижнє обмеження для b -ї характеристики компонента s ;

G – множина допустимих значень, обумовлених заданими вимогами до значень характеристик проектуваного компонента ІУС. Нагадаємо, що вимоги, в свою чергу, можуть бути задані у вигляді: точкового значення, нижнього обмеження, верхнього обмеження, а також діапазону значень.

Якщо тактико-технічні вимоги задані у вигляді верхнього обмеження, то $G = (-\infty, \gamma_{sb}]$, а W_{ks}^b обчислюють за формулою

$$W_{ks}^b = \begin{cases} 0, x_{kb} \in G, \\ x_{kb} - \gamma_{sb}, x_{kb} \notin G, \end{cases} \quad (3.9)$$

де γ_{sb} – верхнє обмеження b -ї характеристики s -го компонента.

Якщо вимоги задані у вигляді діапазону значень і значення характеристики прецеденту потрапляє в заданий діапазон, то значення технічної характеристики прецеденту і вимога до компонента проектуваної ІУС збігаються. Якщо ж значення характеристики прецеденту не потрапляє в заданий діапазон, то визначається відстань між найближчою межею діапазону. При цьому $G = [x1_{sb}, x2_{sb}]$.

$$W_{ks}^b = \begin{cases} 0, x_{kb} \in G, \\ x1_{sb} - x_{kb}, x_{kb} < x1_{sb}, \\ x_{kb} - x2_{sb}, x_{kb} > x2_{sb}, \end{cases} \quad (3.10)$$

де $x1_{sb}, x2_{sb}$ – межі діапазону значень b -ї характеристики для s -го проектуваного компонента.

Типи характеристик деяких компонентів можуть бути змішаними (кількісними і якісними). У цьому випадку для визначення відстані між якісними характеристиками компонентів можна використовувати модифікацію відстані Журавльова [101]:

$$W_{ks}^b = \begin{cases} 0, x_{kb} \in G \\ 1, x_{kb} \notin G \end{cases} \quad (3.11)$$

При цьому G являє собою задані вимоги для якісних характеристик. Це можуть бути як значення і обмеження, так і певний діапазон (або множина) значень характеристик.

Отриманий ступінь подібності між ρ_s -м компонентом проектованої ІУС і ρ_k -м прецедентом дозволяють визначити показники вартості $\omega_{k_{iej}}$ та часу $t_{k_{iej}}$, необхідних для адаптації k-го прецеденту.

Вартість адаптації $\omega_{k_{iej}}$ k-го прецеденту розраховують за формулою

$$\omega_{k_{iej}} = \begin{cases} \mu \cdot \omega_{k_{iej}}^{\text{розр}}, & \text{якщо } 1 \geq \text{SIM}_{ks} \geq \sigma, \\ \eta \cdot \omega_{k_{iej}}^{\text{розр}}, & \text{якщо } \sigma > \text{SIM}_{ks} \geq \theta, \\ \omega_{s_{iej}}^{\text{розр}}, & \text{якщо } \theta > \text{SIM}_{ks} \geq 0, \end{cases} \quad (3.12)$$

де $\omega_{s_{iej}}^{\text{розр}}$ – вартість розроблення проектованого ρ_s -го компонента.

Зауважимо, що вартість розроблення нового компонента може не перевищувати вартості адаптації ρ_k -го прецеденту до ρ_s -го компонента;

$\omega_{k_{iej}}^{\text{розр}}$ – вартість розроблення вибраного ρ_k -го прецеденту (КПВ).

При цьому виконуються обмеження: $\mu < 1, \eta < 1, \mu < \eta, \sigma < 1, \sigma > \theta, \theta > 0, \sigma < 1, \sigma > \theta, \theta > 0$ являють собою межі діапазону, які задаються експертами або проектувальником. Залежно від попадання SIM в той чи інший діапазон знаходять коефіцієнти $\mu < 1, \eta < 1, \mu < \eta$, що визначають попередню оцінку вартості й часу адаптації вибраного прецеденту до проектованого компонента.

Час, необхідний на адаптацію $t_{k_{iej}}$ ρ_k -го прецеденту, обчислюють за формулою

$$t_{k_{iej}} = \begin{cases} \mu \cdot t_{k_{iej}}^{\text{розр}}, & \text{якщо } 1 \geq \text{SIM}_{ks} \geq \sigma, \\ \eta \cdot t_{k_{iej}}^{\text{розр}}, & \text{якщо } \sigma > \text{SIM}_{ks} \geq \theta, \\ t_{s_{iej}}^{\text{розр}}, & \text{якщо } \theta > \text{SIM}_{ks} \geq 0, \end{cases} \quad (3.13)$$

де $t_{s_{iej}}^{\text{розр}}$ – час, необхідний для розроблення проектованого ρ_s -го компонента;

$t_{k_{iej}}^{\text{розр}}$ – час, витрачений на створення вибраного ρ_k -го прецеденту (КПВ).

У розділі запропоновані для вивчення методи формування багаторівневої компонентної архітектури ІУС на основі застосування компонентного підходу і позитивного досвіду минулих розробок, який формально подається у вигляді бази прецедентів. Для кожного прецеденту в базі прецедентів формується інформація про ТХ КПВ та

основні конструкторсько-технологічні рішення, які пов'язані з його створенням. Використовуючи лінгвістичні змінні, для опису характеристик кожного компонента формується «слово», яке являє собою упорядкований ряд значень ТХ. Пошук релевантного прецеденту для проєктованого компонента ІУС здійснюється з урахуванням попередньо проведеного лексикографічного впорядкування «слів» у базі прецедентів. Раціональна стратегія пошуку прецедентів для формування багаторівневої архітектури ІУС ґрунтується на пересуванні по «гілках» архітектури «зверху-вниз». Запропонований для вивчення метод формування багаторівневої компонентної архітектури проєктованої ІУС урахує багаторівневу деталізацію і дозволяє здійснити спрямований пошук і вибір релевантних прецедентів (КПВ) для окремих проєктованих компонентів ІУС, який здійснюють на різних рівнях деталізації ІУС.

Для вибору прецедентів при формуванні багаторівневої компонентної архітектури нової ІУС використовують модель оцінювання витрат на проєктування (вартості й часу, необхідних на адаптацію вибраного прецеденту до характеристик проєктованого компонента).

В основі моделі лежить визначення ступенів подібності між характеристиками необхідних компонентів і характеристиками прецедентів на різних рівнях ієрархії. Для визначення ступеня подібності застосовують метод «найближчого сусіда». Для знаходження міри подібності компонентів можна використовувати модифіковані моделі метрик Мінковського і Журавльова.

Для побудови багаторівневої компонентної архітектури ІУС необхідно сформулювати перелік проєктних робіт щодо розроблення нових компонентів та адаптації компонентів повторного застосування.

Описаний метод формування багаторівневої компонентної архітектури нової ІУС призначений для використання на системному етапі проєктування, коли формується системне уявлення архітектури ІУС. Позитивний досвід минулих розробок дозволяє формувати компонентну архітектуру ІУС за допомогою компонентів повторного застосування, що дає можливість знизити ризик, час і витрати, пов'язані з виконанням проєкту зі створення ІУС.

Контрольні запитання

1. Як застосовують компонентний підхід при проєктуванні архітектури ІУС?
2. У чому переваги сумісного застосування компонентного та прецедентного підходів?
3. З яких типів компонентів складається багаторівнева архітектура ІУС?
4. Як враховується важливість ТХ при формуванні лексикографічного подання компонентів?

5. Як оцінюють ступінь подібності між вибраним прецедентом і компонентом, що проектується?
6. Яким способом можуть бути задані технічні вимоги до ІУС?
7. Як визначають відстань між компонентами, що мають як кількісні, так і якісні характеристики?
8. Як впливає ступінь подібності між компонентами ІУС і прецедентами на вартість і тривалість адаптації компонентів повторного використання?
9. У чому полягає задача адаптації компонентів повторного використання?
10. У чому полягає сутність методу накладання обмежень?
11. Як застосовують евристичні методи при адаптації компонентів повторного використання?
12. Що таке рекурсивна адаптація?

Завдання

1. Опишіть ітераційну процедуру пошуку прецедентів у багаторівневій БДП.
2. Перелічіть переваги лексикографічного упорядкування БДП.
3. Наведіть приклад формування опису ІУС у вигляді лексикографічного упорядкування «слів».
4. Перелічіть етапи методу формування багаторівневої компонентної архітектури ІУС.
5. Назвіть умови, за яких здійснюють перехід на нижчий рівень декомпозиції при застосуванні методу формування багаторівневої компонентної архітектури ІУС.
6. Наведіть формули для оцінювання витрат і часу, пов'язаних з адаптацією компонентів повторного використання.
7. Наведіть формулу для оцінювання міри подібності компонентів.
8. Наведіть приклад розрахунків міри подібності компонентів при різних способах завдання вимог до компонентів.
9. Перелічіть підходи, що застосовують у процесі адаптації компонентів повторного використання.

Розділ 4. РИЗИКИ В КОМПОНЕНТНОМУ ПРОЕКТУВАННІ ІНФОРМАЦІЙНИХ УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМ

4.1. Ризики робіт зі створення і адаптації компонентів інформаційної управляючої системи

Основні поняття ризиків проектування

На початкових етапах проектування через складність проекрованої ІУС необхідно враховувати різні види невизначеностей, які впливають на успішність виконання проекту.

Реалізація проекту зі створення ІУС залежить від зовнішніх і внутрішніх умов його розроблення та правильності проектних рішень, отриманих на стадії системного проектування. У свою чергу, термін «невизначеність» незалежно від того, якими чинниками вона викликана, можна віднести до умов реалізованості проекту зі створення ІУС [127].

Процес створення нової ІУС піддається впливу цілої низки чинників невизначеності внаслідок своєї складності й масштабності. Таким чином, процес створення складних ІУС здійснюється під негативним впливом груп ризикотвірних чинників, які і формують різні види ризиків.

Під ризиками часто розуміють можливість настання несприятливих подій, які можуть призвести до матеріальних, часових, фінансових та інших втрат у процесі проектування ІУС [128]. На ранньому етапі проектування ІУС необхідно оцінити ризик неотримання задовільного наукового та технічного результатів проекту, що може призвести до витратного ітераційного процесу проектування (цикли перепроєктування).

Багатогранність поняття ризику обумовлена різноманітністю ризикотвірних чинників. Існує безліч інтегральних ризикотвірних чинників, які, на відміну від простих, тобто тих, які впливають тільки на конкретний вид ризику, роблять інтегральний вплив відразу на кілька видів ризиків. Наявність у групі ризикотвірних чинників для конкретного виду ризику хоча б одного інтегрального чинника є підставою для проведення комплексного аналізу всіх пов'язаних із ним видів ризиків [129, 130].

Таким чином, на етапі системного проектування необхідно досліджувати й оцінювати ризики проектних робіт і ризикотвірних чинників, що впливають на них з урахуванням їхньої індивідуальної важливості [129], а також оцінювати можливий негативний вплив цілої низки ризиків на досягнення необхідного у проекті створення ІУС наукового та технічного результатів [128].

Для оцінювання ризику проектних робіт необхідно визначити ступінь новизни компонентів проекрованої ІУС. Для цього здійснюється пошук базового аналога (прототипу). Він являє собою ІУС, з якої запозичено

найбільшу кількість релевантних прецедентів (КПВ), які можуть бути використані для розроблення нової ІУС.

$$Z = \frac{n_{SIM}}{Y} \cdot 100\%, \quad (4.1)$$

де Z – частка компонентів, запозичених із прототипу у відсотковому співвідношенні;

Y – загальна кількість необхідних компонентів для розроблення нової ІУС;
 n_{SIM} – кількість компонентів, запозичених із вибраного аналога (такі компоненти визначають на основі ступеня подібності).

Значення Z можна отримати виходячи з розрахованих ступенів подібності між проєктованими компонентами й прецедентами на різних рівнях ієрархії ІУС.

Як зазначено раніше, проєктована багаторівнева архітектура ІУС в основному складатиметься з КПВ, які використовують у новому проєкті без додаткових змін, адаптованих компонентів (КПВ зі змінами). До складу багаторівневої архітектури ІУС входять також нові компоненти.

У свою чергу, проєктні роботи включають розроблення нових компонентів, роботи з адаптації КПВ, взятих з прототипу ІУС, а також проєктні роботи з адаптації компонентів, які не належать прототипу.

Оцінювання ризику проєктних робіт на етапі системного проєктування є одним із найважливіших задач створення ІУС, результат вирішення якої диктує доцільність подальшого розроблення ІУС. Тому на етапі системного проєктування формування багаторівневої архітектури із використанням компонентного та прецедентного підходів забезпечить зниження ризику проєктних робіт та підвищить реалізованість проєкту.

При оцінюванні ризиків необхідно враховувати ту особливість, що деякі види ризиків, наприклад операційний ризик, важко піддаються формалізації та кількісному оцінюванню, що пов'язано з наявністю «людського» чинника [129].

Тому для визначення ризику проєктних робіт необхідно кількісно або якісно оцінити ступінь новизни проєктних робіт зі створення компонентів ІУС, яка визначається виходячи з оцінки ступеня новизни самих компонентів проєктованої ІУС. Такий підхід може забезпечити зниження або навіть «нейтралізацію» негативного впливу ризиків.

Для визначення ризику проєктних робіт щодо створення і адаптації компонентів ІУС, яке здійснюється з урахуванням ступеня новизни проєктних робіт, доцільно використовувати для якісних оцінок теорію нечітких множин із залученням експертної інформації (експертних оцінок).

Теорію нечітких множин (нечітку логіку) успішно використовують в цей час у процесах управління ризиками [131, 132, 133, 134, 135]. При нестачі статистичної інформації теорія нечітких множин є альтернативою ймовірнісним методам [134]. Вона дозволяє використовувати для оцінювання як кількісні, так і якісні характеристики, а також проводити

аналіз неоднорідних і недостатніх за обсягом вибірок, що є перевагою в умовах дефіциту інформації [133, 135].

При оцінюванні ризику на основі ступеня новизни робіт доцільно використовувати лінгвістичні змінні. Поняття нечіткої і лінгвістичної змінних застосовують для опису об'єктів та явищ за допомогою нечітких множин.

Нечіткі змінні, які будуть використовуватися для оцінювання новизни компонентів ІУС, можна визначити у вигляді $\langle \alpha, \mathbf{U}, \mathbf{A} \rangle$, де

α – найменування змінної,

\mathbf{U} – універсальна множина (область визначення α);

\mathbf{A} – нечітка множина на \mathbf{U} , яка описує обмеження на значення нечіткої змінної α ;

u – загальна назва (єдина для всіх елементів множини \mathbf{U}).

Лінгвістична змінна подається у вигляді набору $\langle \mathbf{V}, \mathbf{T}, \mathbf{U}, \mathbf{G}, \mathbf{M} \rangle$,

де \mathbf{V} – найменування лінгвістичної змінної;

\mathbf{T} – множина значень (терм-множина) лінгвістичної змінної, що являє собою найменування нечітких змінних, зі сферою визначення кожної у вигляді множини \mathbf{U} ; $\mathbf{T} = \mathbf{V}_1, \mathbf{V}_2, \dots, \mathbf{V}_f, \dots, \mathbf{V}_k, f=1..k$, k – кількість значень лінгвістичної змінної;

\mathbf{U} – універсальна множина, що відображає значення лінгвістичної змінної.

Кожне значення (терм) \mathbf{V}_f лінгвістичної змінної \mathbf{V} має бути відображено в нечітку підмножину універсальної множини \mathbf{U} , що задається відповідною функцією належності $\mu_{\mathbf{V}_f}(u), u \in \mathbf{U}$. Область значення будь-якої функції належності лежить на відрізку $[0; 1]$.

\mathbf{G} – синтаксична процедура, що дозволяє оперувати елементами терм-множини \mathbf{T} , зокрема генерувати нові терми (значення) лінгвістичної змінної;

\mathbf{M} – семантична процедура, що дозволяє перетворити кожне нове значення лінгвістичної змінної, утворене процедурою \mathbf{G} , в нечітку змінну, тобто сформувати відповідну нечітку множину [132, 134, 136, 137].

Для оцінювання ризику проектних робіт за ступенем новизни компонентів ІУС можна використовувати поняття рівня ризику та важливості чинника ризику [129] і подати їх у вигляді лінгвістичних змінних [132, 138]. При цьому значення кожної з цих лінгвістичних змінних необхідно перетворювати у відповідні нечіткі значення з використанням загальноприйнятої трикутної функції належності.

Трикутні нечіткі числа часто на практиці використовують в економічному аналізі, а також у процесах управління ризиками [131, 132, 133, 134, 138]. Це пов'язано з тим, що, аналізуючи властивості нелінійних операцій з нечіткими числами, часто доходять висновку, що форма функцій належностей результуючих нечітких значень близька до трикутної, що дозволяє апроксимувати результат, приводячи його до трикутного виду. Крім того, виділення трьох значущих точок вихідних даних досить

часто використовують в інвестиційному аналізі [131]. Ці точки зіставляють зі суб'єктивними ймовірностями реалізації відповідних («песимістичного», «нормального», «оптимістичного») сценаріїв вихідних даних.

Визначення ризику робіт зі створення і адаптації компонентів ІУС

Для оцінювання ризику робіт необхідно виконати такі кроки:

Крок 1. Початковим етапом визначення ризику проектних робіт на основі ступеня новизни компонентів проекрованої ІУС є ідентифікація ризиків і виявлення для кожного з них ризикотвірних чинників [130, 139].

При проектуванні ІУС необхідно виділити базові групи ризиків $x^1, x^2, \dots, x^i, \dots, x^m, i=1..m$, а також внутрішньогрупові чинники ризиків, що сприяють виникненню того чи іншого виду ризику і відносяться до кожної конкретної базової групи ризику $x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1, \dots, x_1^2, \dots, x_j^2, \dots, x_j^i, \dots, x_n^i, j=1..n$, при цьому значення n змінюється для кожної базової групи ризику.

Крок 2. Необхідно сформувати повний склад проектних робіт щодо створення ІУС, що здійснюється на системному етапі проектування (рис. 2.1). До складу проектних робіт включені проектні роботи з адаптації компонентів, запозичених з прототипу, проектні роботи з адаптації компонентів, запозичених з ІУС, яка не є базовим аналогом, а також проектні роботи зі створення нових компонентів. При визначенні ризику проектних робіт не має сенсу розглядати КПВ, які не підлягають адаптації, оскільки вони найчастіше є покупними і не потребують доробок. Придбання готових компонентів для створення ІУС на вітчизняному або закордонному ринках дозволяє зменшити вартість розроблення.

Крок 3. Задати значення лінгвістичних змінних для оцінювання рівня ризику чинника й важливості чинника ризику з використанням трикутної функції належності.

Трикутна функція належності має такий загальний вигляд [140]:

$$\mu_{V_f}(u) = \begin{cases} 0; u \leq a, \\ \frac{u-a}{b-a}; a \leq u \leq b, \\ \frac{c-u}{c-b}; b \leq u \leq c, \\ 0; u \geq c, \end{cases} \quad (4.2)$$

де (a, c) – носій трикутного нечіткого числа;
 b – мода трикутного нечіткого числа.

Крок 4. Оцінити важливість ризикотвірних чинників на підставі попередньо проведеної класифікації проектних робіт, виходячи зі ступеня новизни компонентів ІУС.

Як уже зазначалось раніше, ступінь новизни компонентів ІУС впливатиме на важливість чинника ризику. Нагадаємо, що проектні роботи

поділяють на три групи, залежно від ступеня новизни проєктованих компонентів: адаптація компонентів, запозичених з прототипу; адаптація компонентів, запозичених з ІУС, які не є прототипом; розроблення нових компонентів. Така класифікація проєктних робіт зумовлена знаходженням і використанням у проєктуванні базового аналога (прототипу). Тому найбільш значна частина технічних рішень буде запозичена з прототипу (формула (4.1)). Можна вважати, що значення лінгвістичної змінної для оцінювання важливості всіх ризикотвірних чинників для групи проєктних робіт з адаптації компонентів, запозичених з прототипу, будуть приблизно однаковими. Відзначимо, що роботи цієї групи можуть піддаватися впливу ризикотвірних чинників найменшою мірою. У той же час при проєктуванні ІУС частина компонентів може бути запозичена з ІУС, які не є базовим аналогом. Друга група проєктних робіт найбільш чутлива до зовнішніх, економічних ризиків і менш чутлива до науково-технічних ризиків. Третя група робіт пов'язана з новизною і унікальністю проєктованої ІУС і найбільшою мірою піддається впливу ризикотвірних чинників науково-технічного ризику.

Крок 5. Оцінити кожен ризикотвірний чинник r_j^i .

Для кожного ідентифікованого ризикотвірного чинника мають бути оцінені: ймовірність виявлення чинника ризику і його можливий вплив [141].

Для оцінювання рівня кожного ризикотвірного чинника скористаємося матрицею ймовірності та наслідків. Матриця ймовірності та наслідків складається на підставі результатів опитувань та експертних оцінок шляхом установлення зв'язку ймовірності та впливу ризикотвірного чинника. За допомогою цієї матриці можна розглядати чинники ризику за пріоритетом, залежно від потенційного ступеня значущості їх наслідків для проєкту ІУС [141].

На перетині рядків і стовпців матриці ймовірності та наслідків проставляємо оцінки значень рівнів ризику чинника r_j^i . Рівні ризику чинників r_j^i встановлюють виходячи з особливостей кожного ризикотвірного чинника. Значення рівня ризику чинника r_j^i залежить від природи даного ризикотвірного чинника.

Крок 6. Оскільки r_j^i і s_j^i наведені у вигляді значень лінгвістичних змінних з використанням нечітких значень, то необхідно провести процедуру дефазифікації (усунення нечіткості).

Вплив ризику на виконання робіт визначається двома основними характеристиками: ступенем новизни проєктних робіт і рівнем ризику кожного ризикотвірного чинника.

Для визначення ризику проєктних робіт зі створення і адаптації компонентів ІУС необхідно скласти матрицю, рядками якої є проєктні

роботи, а стовпцями – ризикотвірні чинники. На перетині рядка і стовпця матриці вказують значення $g_j^i(r_j^i, s_j^i)$, які являють собою рівень ризику кожного чинника r_j^i з урахуванням його важливості s_j^i залежно від робіт, які згруповані за критерієм ступеня новизни компонентів ІУС.

Операції з трикутними числами зводяться до операцій з абсцисами вершин функцій належності:

$$(a_1, b_1, c_1) \cdot (a_2, b_2, c_2) \equiv (a_1 \cdot a_2, b_1 \cdot b_2, c_1 \cdot c_2). \quad (4.3)$$

Розрахунки щодо усунення нечіткості проводять за допомогою відомого центроїдного методу дефазифікації, який пов'язаний з поняттям «центру ваги тіла» [132, 134, 138]:

$$g(r, s) = \frac{\int_a^c u \cdot \mu_{N_r \cdot N_s}(u) du}{\int_a^c \mu_{N_r \cdot N_s}(u) du}, \quad (4.4)$$

де $\mu_{N_r \cdot N_s}(u)$ – функція належностей добутку нечітких чисел N_r і N_s ;

N_r, N_s – нечіткі числа, що відображають відповідно значення лінгвістичних змінних рівнів ризику і важливості чинників ризику;

(a, c) – носій трикутного нечіткого числа.

В результаті отримуємо матрицю значень $g_j^i(r_j^i, s_j^i)$, яка формується за допомогою формул (4.2) - (4.4).

Для скорочення розрахунків доцільно заздалегідь визначити матрицю для всіх значень $g(r, s)$, яка містить у собі всі можливі перетини значень рівня ризику кожного чинника та важливості ризикотвірного чинника.

Подібний метод розрахунку оцінювання ризику запропоновано в роботах Б.А. Демидова, М.В. Науменко, О.А. Хмелевської [132], В.Ю. Гладкова [138], де важливість ризику оцінюється експертним шляхом. У розглянутому методі ризик визначається виходячи зі ступеня новизни груп проектних робіт, пов'язаних з компонентами проекрованої ІУС.

Крок 7. Визначити нечітку матрицю перетинів рівнів ризиків чинників з урахуванням їх важливості й функцій належностей трикутних чисел за кожною з проектних робіт. Ця матриця визначається шляхом перетину кожного значення матриці, отриманої на кроці 6, $g_j^i(r_j^i, s_j^i)$ з функціями належностей трикутних чисел $\mu_{V_\varphi}(u)$ і $\mu_{V_{\varphi+1}}(u)$, причому $\varphi=1,2,\dots,k-1$. Таким чином, $V(r, s, \varphi + 1) = 1 - V(r, s, \varphi)$, $V(r, s, f) = 0$ при $\forall f, f \neq \varphi, f \neq \varphi + 1$.

Для скорочення кількості розрахунків рекомендується заздалегідь оцінити H – нечітку матрицю перетинів всіх можливих значень рівнів

ризиків чинників, ураховуючи їх важливість $g(r, s)$, з функціями належностей трикутних чисел $\mu_{V_\varphi}(u)$ і $\mu_{V_{\varphi+1}}(u)$:

$$H = \begin{bmatrix} V(r_1^1, s_1^1, 1) & V(r_1^1, s_1^1, 2) & \dots & V(r_1^1, s_1^1, k) \\ V(r_2^1, s_2^1, 1) & V(r_2^1, s_2^1, 2) & \dots & V(r_2^1, s_2^1, k) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ V(r_1^2, s_1^2, 1) & V(r_1^2, s_1^2, 2) & \dots & V(r_1^2, s_1^2, k) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ V(r_j^i, s_j^i, 1) & V(r_j^i, s_j^i, 2) & \dots & V(r_j^i, s_j^i, k) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ V(r_n^m, s_n^m, 1) & V(r_n^m, s_n^m, 2) & \dots & V(r_n^m, s_n^m, k) \end{bmatrix}. \quad (4.5)$$

Крок 8. Отримати нечіткі оцінки ризику за сукупністю всіх чинників ризику для кожної з проектних робіт з адаптації (модернізації) КПВ або зі створення нових компонентів проекрованої ІУС, скориставшись формулою

$$R_f^q = \sum_{j=1}^{\psi} V(r_j^i, s_j^i, f), \quad f=1..k, \quad (4.6)$$

де $q=1..z$, z – кількість проектних робіт, що входять до групи робіт з адаптації (модернізації) КПВ або зі створення нових компонентів; ψ – загальна кількість ризикотвірних чинників, що впливають на створення ІУС:

$$\psi = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_j^i. \quad (4.7)$$

Крок 9. Отримати нечіткі оцінки ризику за сукупністю всіх чинників ризику для кожної групи проектних робіт з адаптації (модернізації) КПВ або зі створення нових компонентів, скориставшись формулою

$$R_f^z = \sum_{q=1}^z R_f^q. \quad (4.8)$$

Крок 10. Отримати нечітку оцінку ризику за сукупністю всіх чинників ризику за всіма групами проектних робіт з адаптації (модернізації) КПВ або зі створення нових компонентів:

$$R_f^d = \sum_{h=1}^d R_f^z, \quad (4.9)$$

де d – загальна кількість груп проектних робіт з адаптації (модернізації) КПВ і створення нових компонентів (d являє собою загальну кількість адаптованих і розроблених компонентів, потрібних для проекрованої ІУС).

Крок 11. $g(V_f)$ – центроїд значення V_f лінгвістичної змінної V ;

$$g(V_f) = \frac{\int_{a_f}^{c_f} u \cdot \mu_{V_f}(u) du}{\int_{a_f}^{c_f} \mu_{V_f}(u) du}, \quad f=1 \dots k. \quad (4.10)$$

Оцінку ризику групи проектних робіт з адаптації (модернізації) КПВ або зі створення нових компонентів знаходять шляхом усунення нечіткості оцінки центроїдним методом [132, 138]:

$$R^Z = \frac{\sum_{f=1}^k g(V_f) \cdot R_f^Z}{\sum_{f=1}^k R_f^Z}. \quad (4.11)$$

Остаточна оцінка ризику створення нової ІУС:

$$R = \frac{\sum_{f=1}^k g(V_f) \cdot R_f^d}{\sum_{f=1}^k R_f^d}. \quad (4.12)$$

R являє собою можливість отримання незадовільного результату.

Таким чином, у цьому методі визначення ризику проектних робіт зі створення і адаптації компонентів ІУС враховують, у першу чергу, ступінь новизни компонентів проектованої ІУС.

Розглянутий метод можна застосовувати для оцінювання ризику не тільки щодо проектованої ІУС у цілому, але й окремих груп проектних робіт, пов'язаних з адаптацією (модернізацією) вибраних прецедентів (компонентів повторного використання) або зі створення нових компонентів.

4.2. Оцінювання реалізованості проекту зі створення інформаційної управляючої системи

Ризики комплексування компонентів інформаційної управляючої системи

При формуванні архітектури складної розподіленої ІУС крім ризикотвірних чинників, що впливають безпосередньо на розроблення і адаптацію компонентів ІУС, виникає ризик комплексування компонентів [142] на різних рівнях ієрархії ІУС.

Ризик комплексування з'являється в процесі інтеграції [143] різного типу компонентів у багаторівневу архітектуру ІУС [142].

Практика проектування показала, що на ризик комплексування

компонентів ІУС будуть впливати два основні чинники: складність інтегровального вузла та кількість компонентів у вузлі j .

На основі використання експертної інформації можна скласти матрицю для визначення можливості виникнення ризику [144] комплексування R_k розглянутого інтегровального вузла. Матриця будується експертами даної підсистеми ІУС. Ризик комплексування можна визначити на основі теорії можливості [144] через відсутність статистичної інформації.

Як приклад для визначення можливості виникнення ризику комплексування $R_{k_{q_j}}^u$ для кожного q -го вузла u -го рівня декомпозиції ІУС наведена матриця у вигляді табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Матриця визначення можливості виникнення ризику комплексування

$$R_{k_{q_j}}^u$$

Індекс	Складність вузла	Кількість компонентів у вузлі (підвузлів $(u+1)$ -го рівня) j				
		2	5	10	...j...	100
1	Дуже низька	$R_{k_{q_2}}^u$	...	...	...	...
...
i	Висока	...	...	...	$R_{k_{q_j}}^u$	...
s	...	...	...	...	...	..

У табл. 4.1 s – останнє, визначене експертами, можливе значення складності вузла (складність вузла задається у вигляді нечіткого значення).

Згортка ризиків робіт зі створення і адаптації компонентів інформаційної управляючої системи

Для оцінювання реалізованості проекрованої ІУС будемо використовувати оцінювання ризику робіт зі створення і адаптації компонентів ІУС.

Раніше було розглянуто метод визначення ризику робіт зі створення і адаптації компонентів ІУС. У даному методі можна отримати не тільки оцінку загального ризику, пов'язаного зі створенням ІУС, але також оцінку ризику окремих груп проектних робіт з адаптації (модернізації) компонентів повторного використання або зі створення нових компонентів R^Z .

Оцінка ризику за кожною з груп проектних робіт з адаптації (модернізації) КПВ або зі створення нового компонента R^Z дозволяє розрахувати можливість успішного створення або адаптації розглянутого компонента P^Z :

$$P^Z = 1 - R^Z. \quad (4.13)$$

Можливість успішного розроблення q -го вузла u -го рівня декомпозиції ІУС P_q^u з урахуванням можливості виникнення ризику комплексування компонентів, що входять у вузол, $R_{k_{qj}}^u$ (див. табл. 4.1), визначатиметься

таким чином :

$$P_q^u = (1 - R_{k_{qj}}^u) \cdot \prod_{n=1}^j P_{qn}^Z, \quad (4.14)$$

де $n=1\dots j$, а P_{qn}^Z – можливість успішного створення або адаптації компонента q -го вузла u -го рівня декомпозиції ІУС (визначається за формулою (4.13));

$1 - R_{k_{qj}}^u$ – можливість успішного комплексування q -го вузла u -го рівня

декомпозиції ІУС з i -ю складністю і числом компонентів у вузлі (підвузлів $(u+1)$ -го рівня) j .

З використанням наведених вище формул (4.13), (4.14) реалізованість проекту зі створення ІУС:

$$P_{\Pi} = \prod_{u=m-2}^0 (1 - R_{k_{qj}}^u) \cdot \prod_{n=1}^j P_{qn}^u, \quad (4.15)$$

де m – кількість рівнів декомпозиції проектованої ІУС (найверхнім рівнем декомпозиції є нульовий. Оцінювання реалізованості проекту починається з нижнього вузла архітектури).

Отримана формула для оцінювання реалізованості складної розподіленої ІУС урахує ризик комплексування компонентів у вузлах на різних рівнях ієрархії ІУС, а також ризики проектних робіт зі створення і адаптації компонентів.

У розділі були наведені для вивчення методи для визначення ризику робіт зі створення і адаптації окремих компонентів та оцінювання реалізованості проекту зі створення ІУС. Визначення оцінювання ризику проектних робіт здійснюється виходячи зі ступеня новизни проектних робіт, пов'язаних з адаптацією (модернізацією) КПВ і розробленням нових компонентів ІУС. Для визначення оцінювання ризику робіт використовували теорію нечітких множин.

У розглянутому методі визначення ризику проектних робіт подання робіт дано у вигляді груп проектних робіт, пов'язаних з адаптацією

компонентів повторного використання та створенням нових компонентів. Суттєвим моментом є те, що оцінювання ризику здійснюється виходячи з новизни компонентів проекрованої ІУС, що дозволяє за величиною новизни класифікувати проектні роботи. Такий підхід дає можливість урахувати різний вплив одного і того ж ризику на різні проектні роботи, при цьому експерт має оцінити тільки рівень ризику чинника, а вплив цього чинника ризику на кожну з робіт визначається під час розрахунків.

Розглянутий метод визначення ризику проектних робіт, оснований на оцінюванні ступеня новизни компонентів складної ІУС, дає можливість не тільки знизити вплив цілого ряду ризиків (інноваційного, науково-технічного, організаційного і т. д.), але й визначити негативний вплив виділених ризикотвірних чинників на створення ІУС.

Розглянуто задачу оцінювання реалізованості проекту зі створення ІУС. Оцінювання реалізованості проекту зі створення ІУС здійснюють на основі використання оцінок ризику окремих груп проектних робіт, пов'язаних з адаптацією КПВ і створенням нових компонентів різних рівнів ієрархії проекрованої ІУС. Запропонований для вивчення метод оцінювання реалізованості проекрованої ІУС дозволяє для кожного вузла розглянутого рівня декомпозиції ІУС урахувати можливість виникнення ризику при комплексуванні компонентів залежно від складності вузла та кількості компонентів (підвузлів сусіднього низького рівня) в проектованому вузлі. Такий підхід дозволяє одержати більш точну оцінку реалізованості проекту ІУС, яка є дуже важливою для етапу системного проектування, оскільки дозволяє прийняти рішення про доцільність подальшого розроблення ІУС.

Контрольні запитання

1. Що таке ризик?
2. За яких умов проводять комплексний аналіз ризикотвірних чинників?
3. Як ураховують ступінь новизни проектних робіт при оцінюванні ризиків, пов'язаних зі створенням ІУС?
4. За яких умов для аналізу ризиків застосовують теорію нечітких множин?
5. Як визначають лінгвістичну змінну?
6. Що таке функція належності?
7. Які види функції належності бувають?
8. Яким чином формується матриця ймовірності й наслідків?
9. Як сформувати матрицю перетинів рівнів ризику з урахуванням важливості?
10. Внаслідок чого виникає ризик комплексування?

Завдання

1. Перелічіть етапи методу визначення ризику проектних робіт зі створення ІУС.
2. Наведіть приклад формування трикутної функції належності для оцінювання рівня та важливості чинника ризику.
3. Наведіть формулу визначення «центру ваги» для дефазифікації нечітких змінних.
4. Наведіть формули оцінювання ризику за всіма групами ризикотвірних чинників і за всіма групами проектних робіт.
5. Наведіть формулу остаточного оцінювання ризику при створенні ІУС.
6. Наведіть формулу для визначення реалізованості проекту створення ІУС.
7. Сформуйте матрицю можливості виникнення ризику комплексування.
8. Визначіть основні групи ризиків при проектуванні ІУС. Наведіть приклади внутрішньогрупових чинників ризику.
9. Опишіть компоненти, за допомогою яких задається лінгвістична змінна.

Розділ 5. РОЗРОБЛЕННЯ ПРИКЛАДНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ АРХІТЕКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ УПРАВЛЯЮЧОЇ СИСТЕМИ

5.1. Інформаційна технологія проектування багаторівневої компонентної архітектури інформаційної управляючої системи на етапі системного проектування

На підставі розроблених у попередніх розділах методів і моделі розроблено структуру прикладної інформаційної технології для формування багаторівневої компонентної архітектури інформаційних управляючих систем (ПІТ ФБКА ІУС).

Прикладна інформаційна технологія включає такі основні функціональні підсистеми:

ПФБКА ІУС – підсистему формування багаторівневої компонентної архітектури ІУС;

ПВРР САОК ІУС – підсистему визначення ризику робіт зі створення і адаптації окремих компонентів ІУС;

ПОР ПІУС – підсистему оцінювання реалізованості проектованої ІУС.

Функціональні модулі підсистем:

ФПМ ПП (ІЗМТ) – формування попередньої множини для пошуку прецедентів (існуючі зразки машинобудівної техніки);

ЛВБД ВПК – лексикографічне впорядкування бази даних (БД) прецедентів і вимог до проєктованих компонентів;

ПРПК РРІК ФБА ІУС – пошук релевантних прецедентів-компонентів на різних рівнях ієрархії компонентів для формування багаторівневої архітектури ІУС;

ОВ (ВЧ) А(М) КПВ – оцінювання витрат (вартості й часу) на адаптацію (модернізацію) компонентів повторного використання;

ОСПК – визначення ступеня подібності компонентів;

ОСНКІУС – оцінка ступеня новизни компонентів ІУС;

ЗБА (П) – знаходження базового аналога (прототипу);

ВРР СА КІУС – визначення ризику робіт зі створення і адаптації компонентів ІУС;

ОРСІУС – оцінювання ризику створення ІУС;

ОРСК(В)ПВ УРКОКВ – оцінювання реалізованості складних компонентів (вузлів) проєктованого виробу з урахуванням ризику комплексування окремих компонентів вузла;

ОРП ІУС – оцінювання реалізованості проєктованої ІУС.

Інформаційною основою розробленої ПІТ ФБКА ІУС є багаторівнева база даних прецедентів.

Структуру розробленої прикладної інформаційної технології для формування багаторівневої компонентної архітектури ІУС (ПІТ ФБКА ІУС) показано на рис. 5.1.

Більшість функціональних модулів інформаційної технології (ІТ) реалізовані програмно, що забезпечує впровадження розробленої інформаційної технології в практику системного проєктування.

5.2. Формування попередньої множини для пошуку прецедентів - компонентів на прикладі проєкту зі створення системи управління безпілотного літального апарата

Розглянемо приклад фрагмента формування багаторівневої компонентної архітектури об'єктів управління (СУ) нового безпілотного зразка авіаційної техніки «V1» на етапі системного проєктування.

При проєктуванні нового безпілотного літального апарата (БЛА) необхідно дотримуватися ряду вимог за цільовим призначенням і експлуатаційними характеристиками, у тому числі вимог до кліматичних обмежень (температури навколишнього повітря); до масових і центрувальних характеристик ЛА (номінальна злітна маса, маса неспорядженого ЛА, масло, спорядження, залишок палива, який не виробляється, маса спорядженого літака, паливо, корисне навантаження, центрування спорядженого літака, гранично переднє центрування, гранично заднє центрування); до льотно-технічних характеристик ЛА (швидкість зльоту, швидкість набору висоти, крейсерська швидкість, максимальна швидкість у горизонтальному польоті, максимально

допустима швидкість, швидкість заходу на посадку, максимальна швидкість у злітній конфігурації, максимальна швидкість у посадковій конфігурації, максимальна швидкопідйомність, мінімальна швидкість зниження, довжина розбігу, злітна дистанція, довжина пробігу, посадкова дистанція, максимальна дальність польоту, максимальна тривалість польоту та ін.).

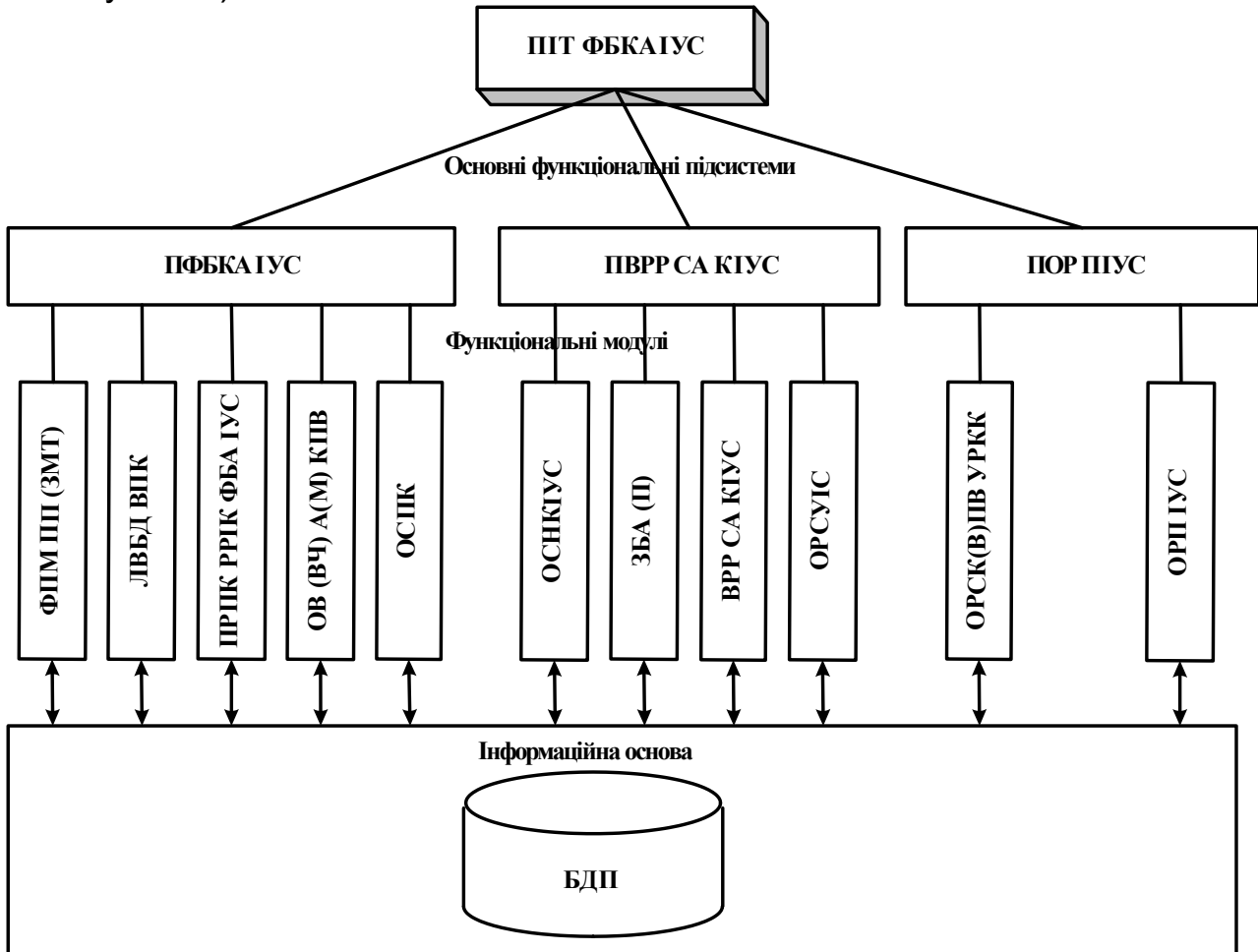


Рис. 5.1. Структура розробленої прикладної інформаційної технології для формування багаторівневої компонентної архітектури ІУС (ПІТ ФБКА ІУС)

Експлуатаційні обмеження включають максимальну злітну масу, переднє і заднє граничні центрування, мінімально допустиму швидкість у злітній конфігурації, мінімально допустиму швидкість у крейсерській конфігурації, мінімально допустиму швидкість у посадковій конфігурації, швидкість відриву, максимальний кут крену, максимальне експлуатаційне перевантаження (з певних умов міцності), максимальне перевантаження з умови нормальної роботи двигуна і т. ін.

Уже давно існує класифікація літальних апаратів (ЛА) за різними ознаками:

- принципом польоту (аеростатичний, аеродинамічний, реактивний, балістичний, комбінований);
- типом двигуна (гвинтові, реактивні);
- призначенням (військові, цивільні, спеціалізовані);
- наявністю екіпажу на борту (пілотовані, безпілотні);
- способом управління (автоматичні, напіваавтоматичні, керовані екіпажем);
- типом двигунів (поршневі, газотурбінні, ракетні, електричні);
- швидкістю (дозвукові, надзвукові, гіперзвукові);
- способом базування (сухопутні, морські, амфібії);
- дистанцією зльоту і посадки (вертикального зльоту і посадки, короткого зльоту і посадки, звичайні);
- здатністю маневрувати (неманеврені, обмежено маневрені, маневрені).

Але практично всі ці ознаки тим чи іншим чином зводяться до призначення літального апарата.

Призначення літака, а також умови його функціонування істотно впливають на конструкцію літака, що є немаловажним.

При класифікації літаків за призначенням виділяють:
для цивільних літаків:

1) пасажирські:

- місцевих авіаліній (менше 20 осіб);
- магістральні (ближні – менше 2000 км, середні – менше 4000 км, далекі – менше 9000 км);
- міжконтинентальні (більше 11000 км);

2) транспортні (вантажні):

- легкі (менше 10 т);
- середні (менше 40 т);
- важкі (більше 40 т);

3) літаки спеціального призначення:

- санітарні;
- сільськогосподарські;
- розвідувальні;

4) навчальні (початкового навчання, перехідні);

для військових літаків:

1) винищувачі:

- винищувачі-перехоплювачі;
- фронтові винищувачі;
- винищувачі-бомбардувальники;

2) штурмовики;

3) бомбардувальники (ракетоносії):

- тактичні;
- стратегічні;

4) розвідники;

5) військово-транспортні;

6) допоміжні та спеціалізовані (зв'язки, паливозаправники, корегувальники вогню)[145].

Нехай, наприклад, серед множини характеристик літальних апаратів відібрано певний перелік характеристик зразків авіаційної техніки. Отже, порогове значення Ω_j (розд. 2) не вказують. Припустимо, що коефіцієнти важливості вибраних характеристик W_j (розд. 2) є рівнозначними, тому їх не враховують у розрахунках при кластеризації об'єктів (зразків авіаційної техніки). Таким чином, складено таблицю вихідних даних R_{ij} (табл. 5.1). У таблиці вихідних даних R_{ij} міститься також інформація про необхідні характеристики проектного ЛА «V1» (виділено рамкою).

Таблиця 5.1
Характеристики вибраних ЛА (таблиця початкових даних R_{ij})

ЛА	1 Номинальная взлётная масса, кг	2 Размах крыла, м	3 Длина, м	4 Высота, м	5 Полезная нагрузка, кг	6 Крейсерская скорость, км/ч	7 Максимальная скорость, км/ч	8 Практический потолок, м	9 Продолжительность полёта, ч.
BEKAS	20	1,9	1,6	0,6	5	120	180	3000	4
AIST	2	1,8	1,2	0,5	0,3	40	80	1000	1
FILIN	13	2	1,7	0,6	1	110	180	6000	5
ChiG-L	13	2	1,7	0,6	1	110	180	6000	2
CropCam	3,63	2,44	1,22	0,8	0,3	50	60	640	0,92
PAMS	1,1	1,2	0,73	0,5	0,15	50	54	600	0,75
PTERO-E4	20	3,03	2,1	1	2	115	170	3000	1,5
Astrogon-Sky	13	2	1,67	0,78	4	60	195	4000	4
PHAZAN	60	3,6	2,5	1	15	350	400	5000	2
KhAI-112-3	50	3,5	2,2737	0,927	15	120	140	4000	0,5
POISK-2	60	3,7	2,6	1	15	160	180	4000	5
SIGMA-4	600	9,8	6,19	2,91	169	170	240	70000	5,5
A-11 STRIG	30	1,05	1,7	0,35	5	110	360	4000	0,75
V1	15	2,7	1,8	1	2,5	120	200	7000	5,5
Aermacchi/Embraer AMX	11500	8,87	17,59	4,58	4860	950	1160	13000	6
GA200 Fatman	1656	4,5	5,7	3	788	204	250	7000	4
EMB-202	1800	4,46	4,6	2,7	750	212	257	7500	4,2
Cresco 08-600	3175	5,2	7	4	1393	246	270	8000	6
Cresco 08-750	3743	6,23	7	3,5	1994	259	281	8200	6,3
AT-401B	2721	8,5	6	3,3	932	193	225	7600	6,5
AT-502B	3628	8,33	6,7	3,2	1578	362	380	7650	7
AT-802A	7257	8,7	6,8	3,1	4291	207	250	7500	7
ZIU	3500	6,8	7	2,7	1725	160	180	5000	4,5
F-32CX Ястреб	750	8,33	8	2,4	220	120	140	4000	4,7

Таблиця 5.2

Нормована таблиця значень характеристик ЛА (нормована таблиця початкових даних)

ЛА	1 Номинальная взлётная масса, кг	2 Размах крыла, м	3 Длина, м	4 Высота, м	5 Полезная нагрузка, кг	6 Крейсерская скорость, км/ч	7 Максимальная скорость, км/ч	8 Практический потолок, м	9 Продолжительность полёта, ч.
BEKAS	0,00164363548	0,097142857	0,0516014	0,05910165	0,000997973	0,0879120879	0,113924051	0,00343151273	0,538461538
AIST	0,0000782683561	0,085714286	0,0278766	0,03546099	0,000030865	0	0,0235081374	0,000571918788	0,0769230769
FILIN	0,0010348816	0,108571429	0,0575326	0,05910165	0,000174903	0,0769230769	0,113924051	0,00772090363	0,692307692
ChiG-L	0,0010348816	0,108571429	0,0575326	0,05910165	0,000174903	0,0769230769	0,113924051	0,00772090363	0,230769231
CropCam	0,000220021045	0,158857143	0,0290629	0,10638298	0,000030865	0,010989011	0,00542495479	0,000057191879	0,0646153846
PAMS	0	0,017142857	0	0,03546099	0	0,010989011	0	0	0,0384615385
PTERO-E4	0,00164363548	0,226285714	0,0812574	0,1536643	0,00038067	0,0824175824	0,104862459	0,00343151273	0,153846154
Astrogon-Sky	0,0010348816	0,108571429	0,0557533	0,10165485	0,000792206	0,021978022	0,127486438	0,00486130969	0,538461538
PHAZAN	0,00512222908	0,291428571	0,1049822	0,1536643	0,00305565	0,340659341	0,31283906	0,00629110666	0,230769231
KhAI-112-3	0,00425258068	0,28	0,0915599	0,13640662	0,00305565	0,0879120879	0,0777576854	0,00486130969	0
POISK-2	0,00512222908	0,302857143	0,1109134	0,1536643	0,00305565	0,131868132	0,113924051	0,00486130969	0,692307692
SIGMA-4	0,0520832427	1	0,3238434	0,60520095	0,034743871	0,142857143	0,168173599	1	0,769230769
A-11 STRIG	0,00251328388	0	0,0575326	0	0,000997973	0,0769230769	0,276672694	0,00486130969	0,0384615385
V1	0,00120881128	0,188571429	0,0634638	0,1536643	0,000483554	0,0879120879	0,132007233	0,0091507006	0,769230769
Aermacchi/Embraer AMX	1	0,893714286	1	1	1	1	1	0,0177294824	0,846153846
GA200 Fatman	0,143918114	0,394285714	0,2947805	0,62647754	0,162114057	0,18021978	0,17721519	0,0091507006	0,538461538
EMB-202	0,156441051	0,389714286	0,2295374	0,55555556	0,154294886	0,189010989	0,183544304	0,00986559908	0,569230769
Cresco 08-600	0,276017706	0,474285714	0,3718861	0,86288416	0,286603496	0,226373626	0,195298373	0,0105804976	0,846153846
Cresco 08-750	0,325413735	0,592	0,3718861	0,74468085	0,410269864	0,240659341	0,205244123	0,010866457	0,892307692
AT-401B	0,236535669	0,851428571	0,3125741	0,69739953	0,191744601	0,168131868	0,154611212	0,010085788	0,923076923
AT-502B	0,315412779	0,832	0,3540925	0,67375887	0,324670515	0,353846154	0,294755877	0,0100800686	1
AT-802A	0,631008183	0,874285714	0,3600237	0,6501182	0,882918197	0,183516484	0,17721519	0,00986559908	1
ZIU	0,304281279	0,657142857	0,3718861	0,55555556	0,354918362	0,131868132	0,113924051	0,00629110666	0,615384615
F-32CX Ястреб	0,0651279888	0,832	0,4311981	0,48463357	0,045238022	0,0879120879	0,0777576854	0,00486130969	0,646153846

Після нормування початкових даних отримаємо таблицю (табл. 5.2). Скористаємося методом ієрархічної висхідної класифікації (агломеративної кластеризації) з використанням методу середнього зв'язку (розд.2).

Таблиця 5.3

Фрагмент таблиці відстаней між кластерами зразків авіаційної техніки

Amalgamation Schedule (Klaster1. sta)														
Unweighted pair-group average														
Euclidean distances														
linkage distance	Obj. No. 1	Obj. No. 2	Obj. No. 3	Obj. No. 4	Obj. No. 5	Obj. No. 6	Obj. No. 7	Obj. No. 8	Obj. No. 9	Obj. No. 10	Obj. No. 11	Obj. No. 12	Obj. No. 13	Obj. No. 14
0805749	BEKAS	Astrogon-Sky												
0873622	AIST	PAMS												
1029080	GA200 Fatman	EMB-202												
1340508	AIST	PAMS	CropCam											
1474597	FILIN	V1												
1665526	PTERO-E4	KhAI-112-3												
1913596	FILIN	V1	POISK-2											
2190782	Cresco 08-600	Cresco 08-750												
2265566	AIST	PAMS	CropCam	ChiG-L										
2357777	BEKAS	Astrogon-Sky	FILIN	V1	POISK-2									
2453915	AIST	PAMS	CropCam	ChiG-L	PTERO-E4	KhAI-112-3								
2942762	AT-401B	AT-502B												
3193114	AIST	PAMS	CropCam	ChiG-L	PTERO-E4	KhAI-112-3	A-11 STRIG							
3995677	GA200 Fatman	EMB-202	ZIU											
3995710	Cresco 08-600	Cresco 08-750	AT-401B	AT-502B										
4643444	AIST	PAMS	CropCam	ChiG-L	PTERO-E4	KhAI-112-3	A-11 STRIG	PHAZAN						
5033435	GA200 Fatman	EMB-202	ZIU	F-32CX Ястреб										
5539803	GA200 Fatman	EMB-202	ZIU	F-32CX Ястреб	Cresco 08-600	Cresco 08-750	AT-401B	AT-502B						
5862687	BEKAS	Astrogon-Sky	FILIN	V1	POISK-2	AIST	PAMS	CropCam	ChiG-L	PTERO-E4	KhAI-112-3	A-11 STRIG	PHAZAN	
8792857	GA200 Fatman	EMB-202	ZIU	F-32CX Ястреб	Cresco 08-600	Cresco 08-750	AT-401B	AT-502B	AT-802A					
1,107944	BEKAS	Astrogon-Sky	FILIN	V1	POISK-2	AIST	PAMS	CropCam	ChiG-L	PTERO-E4	KhAI-112-3	A-11 STRIG	PHAZAN	GA200 Fatman
1,387399	BEKAS	Astrogon-Sky	FILIN	V1	POISK-2	AIST	PAMS	CropCam	ChiG-L	PTERO-E4	KhAI-112-3	A-11 STRIG	PHAZAN	GA200 Fatman
2,193785	BEKAS	Astrogon-Sky	FILIN	V1	POISK-2	AIST	PAMS	CropCam	ChiG-L	PTERO-E4	KhAI-112-3	A-11 STRIG	PHAZAN	GA200 Fatman

В результаті отримаємо таблицю, в якій вказані відстані між кластерами існуючих зразків ЛА (табл. 5.3). На підставі отриманої таблиці відстаней між кластерами зразків авіаційної техніки (табл. 5.3) побудовано деревоподібну дендрограму для кластеризації зразків авіаційної техніки (рис. 5.2).

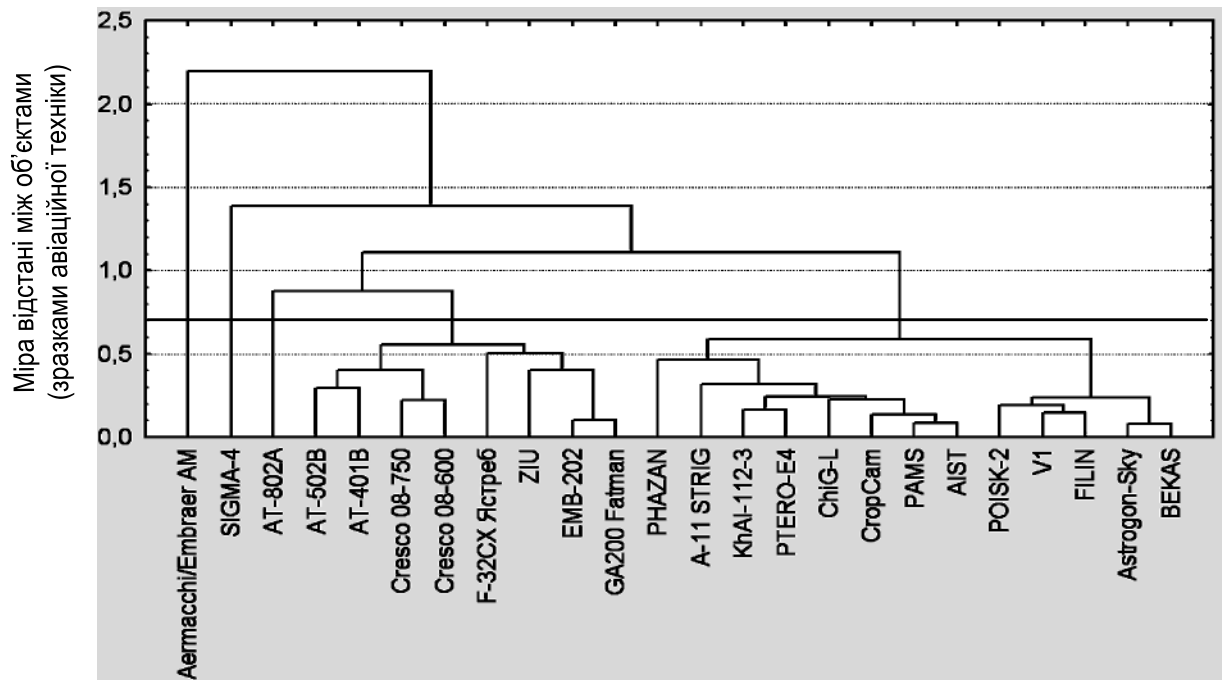


Рис. 5.2. Дендрограма кластеризації ЛА

Таким чином, за допомогою описаного методу агломеративної ієрархічної кластеризації з використанням середнього зв'язку були розраховані міжкластерні відстані та показано об'єднання кластерів (табл. 5.4). На рис. 5.2 у графічному вигляді наведено результати агломеративної кластеризації зразків авіаційної техніки. Кластери об'єднуються шляхом угруповання об'єктів у все більші кластери. Цей процес продовжується до того часу, поки всі об'єкти не стануть членами одного кластера. Задаючи максимально допустиму відстань між кластерами, процес об'єднання кластерів можна розглядати до певного рівня, таким чином, отримуючи необхідну кластеризовану вибірку об'єктів.

Якщо для прикладу вказана проектувальником допустима відстань між кластерами не перевищує заданого порогового значення (рис. 5.2), то це свідчитиме про те, що проєктований БЛА «V1» буде потрапляти в один кластер з ЛА BEKAS, AIST, FILIN, ChiG-L, CropCam, PAMS, PTERO-E4,

Astrogon-Sky, PHAZAN, KhAI-112-3, POISK-2, A-11 STRIG, які складатимуть попередню множину для пошуку релевантних прецедентів (компонентів) на різних рівнях ієрархії складу проектованого виробу.

5.3. Формування багаторівневої архітектури об'єктів управління безпілотного літального апарата на основі компонентного підходу

Компоненти (ЛА), які являють собою об'єкти управління СУ БЛА, з отриманої в підрозд. 5.2 попередньої множини прецедентів підлягають декомпозиції, яка здійснюється відповідно до існуючої структурної схеми побудови ЛА, прийнятої в авіації (рис. 5.3), де ІЧК – інфрачервона камера, а РЛС – радіолокаційна система.

У результаті декомпозиції отримані декомпозовані структури кожного ЛА з попередньої множини об'єктів. До складу отриманих структур входять об'єкти управління СУ БЛА у вигляді компонентів (підсистеми, вузли, блоки і т. д.) різних рівнів ієрархії ЛА. У результаті отримуємо багаторівневу структуру об'єктів управління БЛА «V1». Кожен компонент багаторівневої структури проектованого БЛА має конкретні значення ТХ. Компоненти існуючих зразків ЛА з їх характеристиками, а також структура проектованого виробу з основними вимогами до компонентів наведені у вигляді векторів опису з використанням методів розд. 2. Архітектура проектованого БЛА «V1» описана в підрозд. 5.8.

Таким чином, БЛА «V1» поданий у вигляді множин компонентів $\{S\}=\{C_{B1}, C_{B6}, C_{B9}, C_{B10}, C_{B11}\}$.

Векторний опис характеристик окремих компонентів БЛА наведений в підрозд. 5.8.

Вся інформація про компоненти та їх характеристики вміщується в розроблену багаторівневу базу прецедентів (див. розд. 3).

Далі всі прецеденти (компоненти різних рівнів ієрархії) приводяться до єдиного набору характеристик, а всі значення характеристик з різними одиницями виміру нормуються (переведені в одну шкалу вимірювання).

На рис. 5.4 показано структуру компонентної багаторівневої БДП; на рис. 5.5 – функціональний склад БД (об'єкти та їх характеристики).

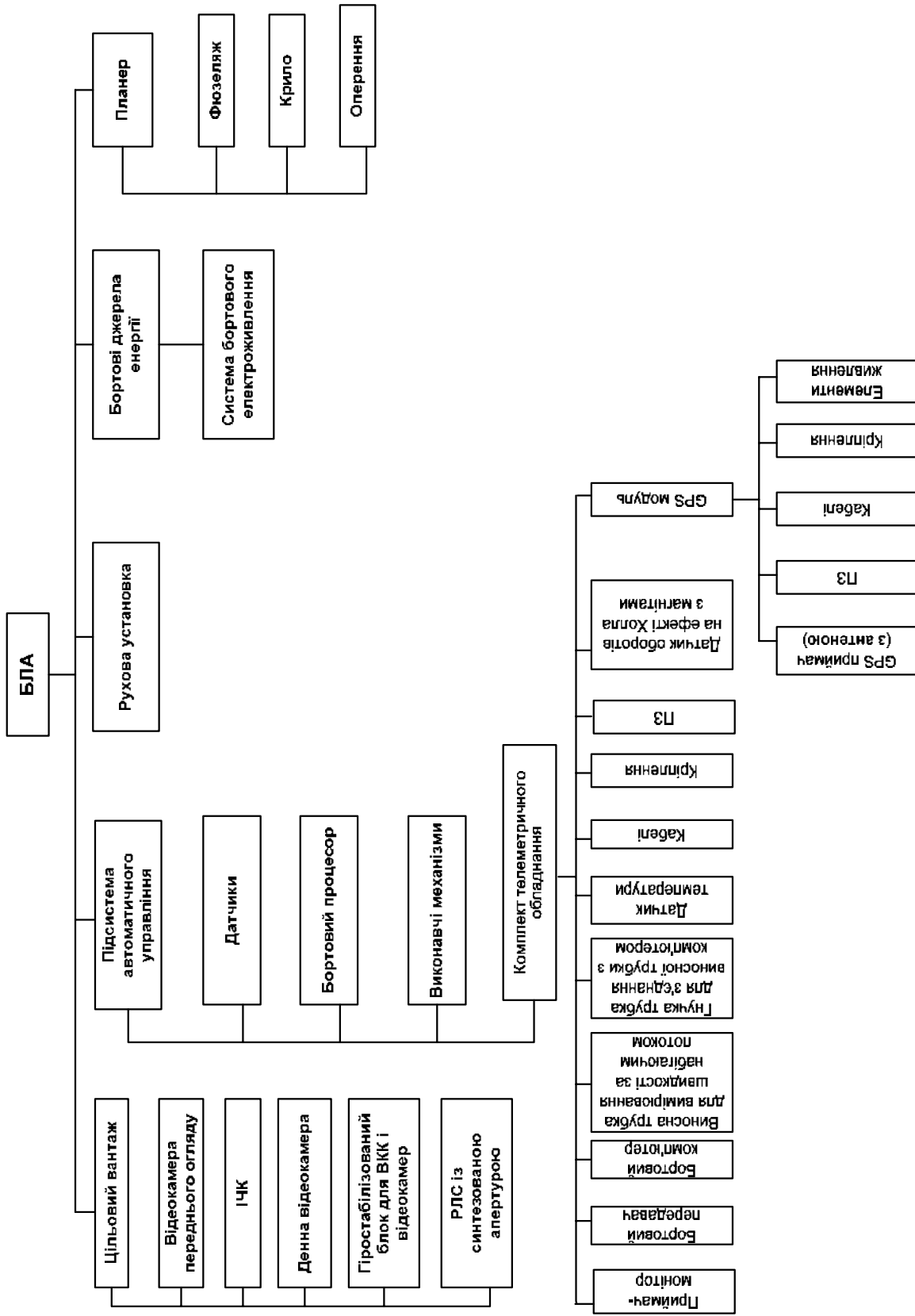


Рис. 5.3. Схема декомпозиції об'єктів управління СУ БЛА

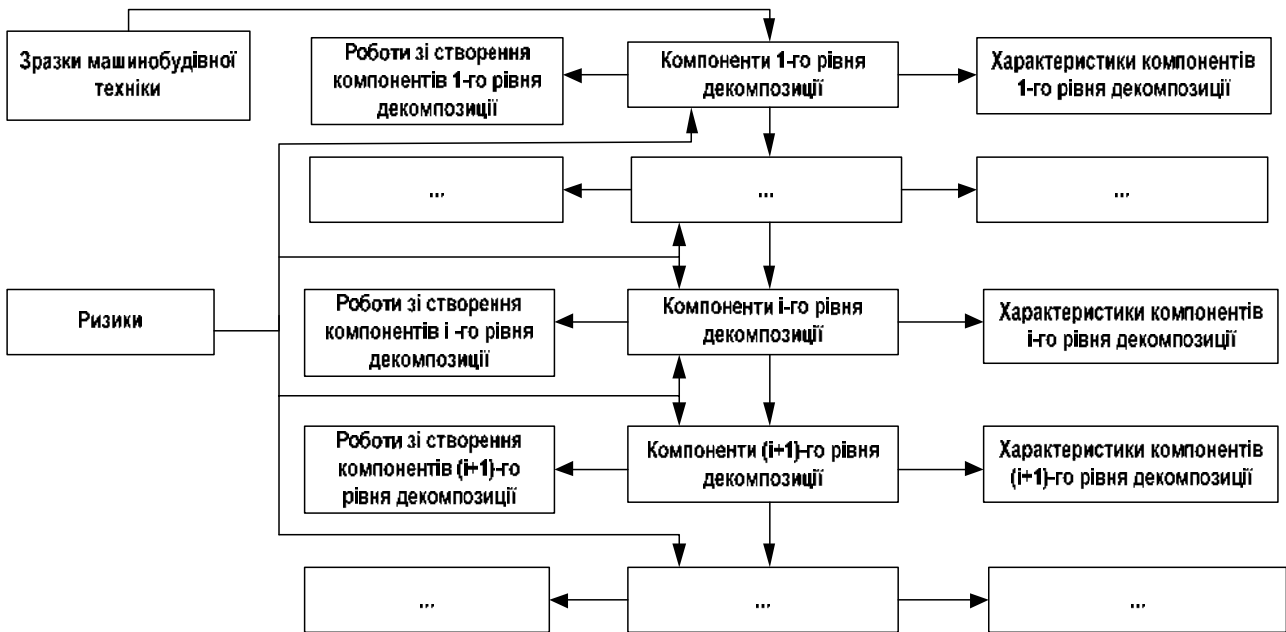


Рис. 5.4. Структура багаторівневої бази даних прецедентів

Як приклад розглянемо фрагмент формування багаторівневої компонентної архітектури об'єктів управління БЛА «V1» (рис. 5.6) для підсистеми автоматичного управління.

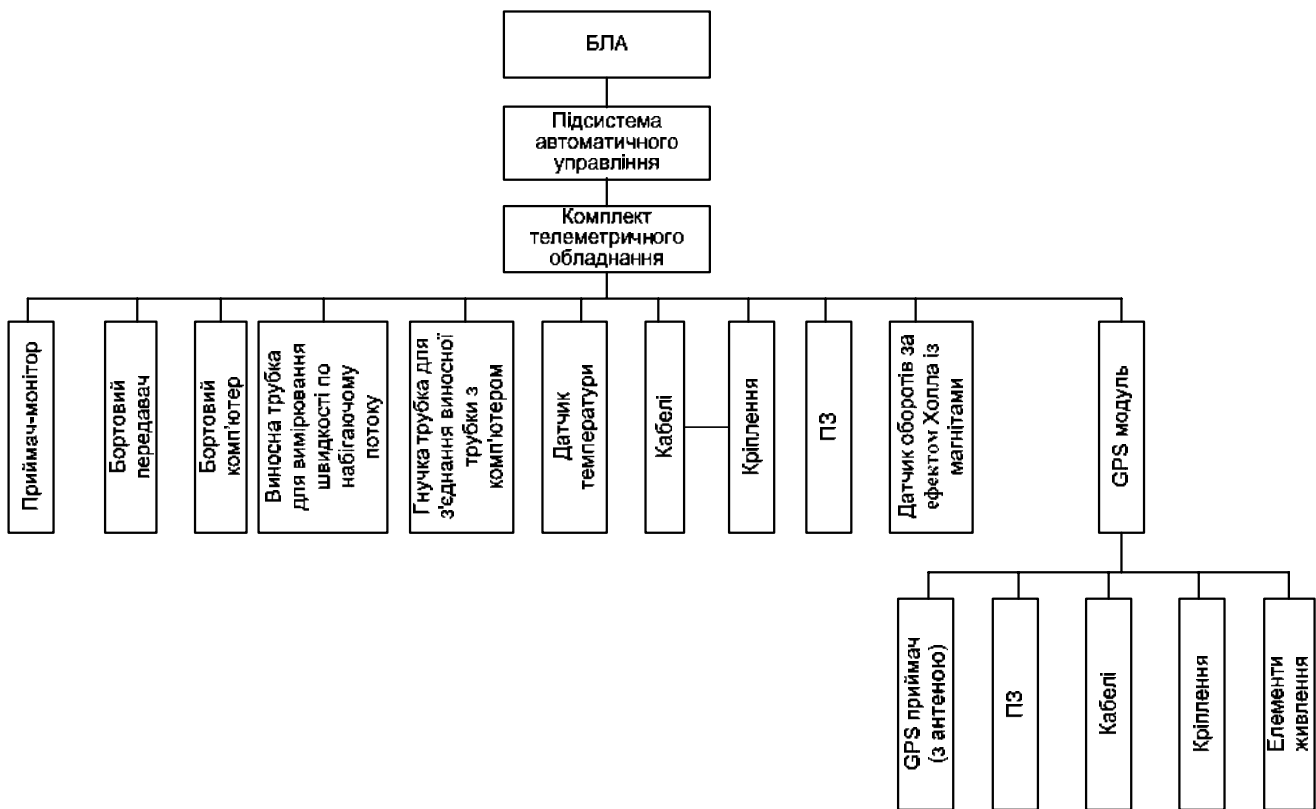


Рис. 5.5. Фрагмент багаторівневої компонентної архітектури об'єктів управління проектованого БЛА

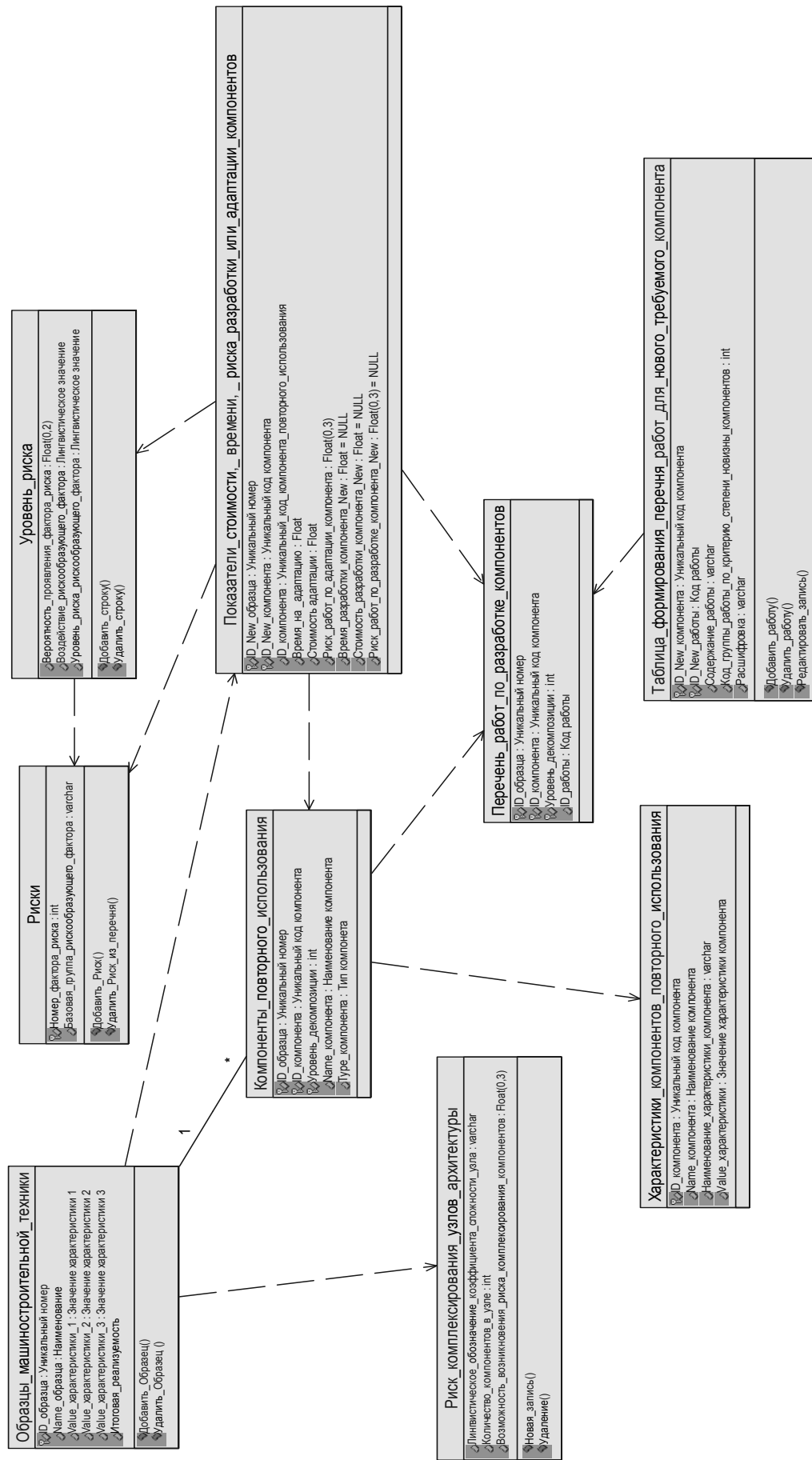


Рис. 5.6. Функциональный склад (объекты и їхні характеристики) багаторівневої бази даних прецедентів

Проведемо лексикографічне впорядкування бази даних прецедентів для другого рівня декомпозиції виходячи із заданих вимог до проектованого компонента (комплект телеметрії) (рис. 5.7) і значень ТХ компонентів, переведених в якісні значення (А, В, С, D, ...) лінгвістичних змінних (див. розд. 3) (рис. 5.8).

Ввод технических требований для компонента проектируемого БЛА

Вид задания требований к проектируемому компоненту:

- 1 - Ввод конкретного значения.
- 2 - Ввод нижнего ограничения.
- 3 - Ввод верхнего ограничения.
- 4 - Ввод диапазона значений.

Комплект телеметрии:

Вид задания требований: Рабочая частота, МГц *для диапазона

Вид задания требований: Количество каналов, ед. *для диапазона

Рис. 5.7. Введення вимог до проектованого компонента (комплект телеметрії)

Лексикографическое упорядочение БДП и требований к проектируемым компонентам

Ввод диапазонов или конкретных значений ТХ компонентов, которые определяют качественные значения каждой лингвистической переменной

Компонент: Комплект телеметрии

Уровень декомпозиции: 2

Характеристика: Рабочая частота, МГц

Значение А: *для диапазона

Значение В: *для диапазона

Значение С: *для диапазона

Значение D: *для диапазона

Характеристика: Количество каналов, ед.

Значение А: *для диапазона

Значение В: *для диапазона

Значение С: *для диапазона

Значение D: *для диапазона

Рис. 5.8. Переклад кількісних значень ТХ компонентів у якісні значення (А, В, С, D) кожної лінгвістичної змінної

У результаті лексикографічного впорядкування БДП отримуємо список прецедентів (рис. 5.9). Припускаємо, що ранжування характеристик проектованого компонента і розглянутих прецедентів розглядають для компонента, пов'язаного з комплектом телеметрії (рис. 5.7) (робоча частота, кількість каналів зв'язку). Дані з телеметрії по каналах зв'язку надходять до СУ БЛА.

Список прецедентов для компонента: комплект телеметрии
 рассматриваемого уровня декомпозиции
 h=1: B, A
 h=2: B, A
 h=3: B, A
 h=4: B, C
 h=5: B, C
 h=6: C, A
 h=7: C, A
 h=8: C, A
 h=9: C, A
 h=10: C, A
 h=11: D, C
 h=12: D, D

Рис. 5.9. Список лексикографічно упорядкованих прецедентів для проектованого компонента (комплект телеметрії)

Беремо перший прецедент з упорядкованого списку і визначаємо ступінь подібності за характеристиками між проектованим компонентом і вибраним прецедентом розглянутого рівня декомпозиції (розд. 3). Ступінь подібності за характеристиками визначають за допомогою розробленого алгоритму, блок-схему якого показано на рис. 5.10.

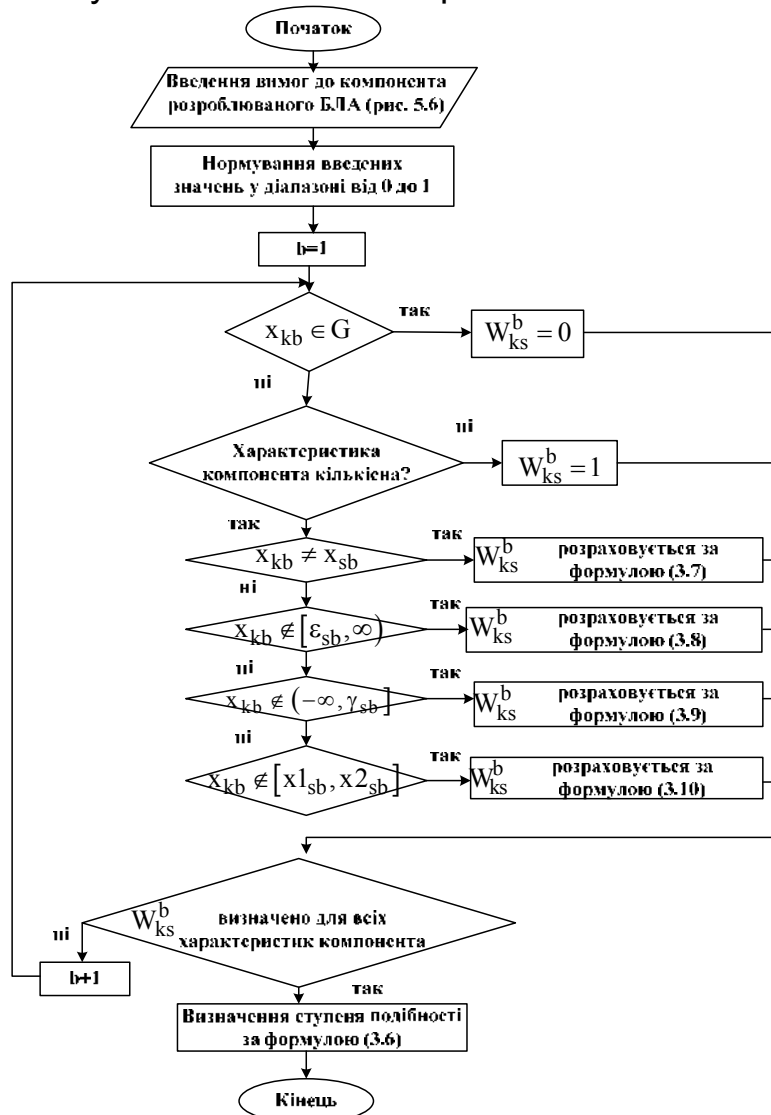


Рис. 5.10. Блок-схема алгоритму визначення ступеня подібності за характеристиками між проектованим компонентом і розглядуваним прецедентом заданого рівня декомпозиції

Значення характеристик і вимог прецедентів і проектового компонента перед виконанням обчислень попередньо нормуються в діапазоні від 0 до 1.

Нехай коефіцієнти важливості характеристик λ_b^s (розд. 3) рівнозначні в даному прикладі, і тому при визначенні ступеня схожості проектового компонента і прецедентів їх можна не враховувати. На рис. 5.11 показано результат виведення ступеня схожості між проектованим компонентом і взятим компонентом із лексикографічно впорядкованого списку прецедентів.

Определение степени сходства между указанными требованиями к проектируемому компоненту: комплект телеметрии для БЛА и характеристиками прецедента:
БЛА: ВЕКАС
Уровень декомпозиции: 2
Наименование компонента: Комплект телеметрии
Тип компонента: Seagull PRO Wireless Flight System 2.4 ГГц
Рабочая частота, ГГц: 2400
Количество каналов записи: 20
Степень сходства равна 0.97458057956279

Рис. 5.11. Форма виведення результату визначення ступеня подібності між проектованим компонентом і прецедентом (комплект телеметрії) на заданому рівні декомпозиції

На підставі отриманої оцінювання ступеня подібності можна визначити витрати (час і вартість) для адаптації (модернізації) розглянутого прецеденту.

Виходячи із заданих меж $\sigma = 0.7$, $\theta = 0.4$ (розд.3), $SIM_{\text{компл. телеметрії}}$ знаходиться в інтервалі: $1 \geq SIM_{\text{компл. телеметрії}} \geq \sigma$ ($SIM_{\text{компл. телеметрії}} \approx 0.97$).

Зауважимо, що витрати на адаптацію аналізованого компонента повторного використання не оцінюються, оскільки отриманий ступінь подібності (з урахуванням думок експертів) проектового компонента і розглянутого прецеденту досить високий. Тому комплект телеметрії Seagull PRO Wireless Flight System 2.4 ГГц беруть готовим (без доопрацювань) і купують для нового проектового БЛА «V1». Переконаємося в правильності прийнятого рішення і розглянемо проектований виріб «глибше» на третьому рівні декомпозиції. Знайдемо релевантні прецеденти для проектового компонента: бортовий передавач (БП), який входить до складу комплекту телеметрії, а також здійснимо пошук відповідного GPS приймача, що знаходиться на четвертому рівні декомпозиції.

Отже, виходячи із заданих вимог до компонента БП (рис. 5.12) і діапазонів значень ТХ компонентів, які переведені в якісні значення (А, В,

C, D) кожної лінгвістичної змінної (рис. 5.13) здійснюється лексикографічне впорядкування для БДП, який відноситься до третього рівня декомпозиції.

Бортовой передатчик:
 Вид задания требований: 4 Мощность передатчика, мВатт *для диапазона

Вид задания требований: 2 Дальность передачи, м *для диапазона

Рис. 5.12. Введення вимог до проектованого компонента (БП)

Компонент: Бортовой передатчик
Уровень декомпозиции: 3
Характеристика: Мощность передатчика, мВатт
 Значение A: *для диапазона
 Значение B: *для диапазона
 Значение C: *для диапазона
 Значение D: *для диапазона
Характеристика: Дальность передачи, м
 Значение A: *для диапазона
 Значение B: *для диапазона
 Значение C: *для диапазона
 Значение D: *для диапазона

Рис. 5.13. Введення значень ТХ компонентів для переведення в якісні значення (A, B, C, D) кожної лінгвістичної змінної

Список прецедентов для компонента: бортовой передатчик
3-го уровня декомпозиции
 h=1: A, A
 h=2: A, A
 h=3: A, A
 h=4: A, A
 h=5: A, B
 h=6: A, B
 h=7: A, B
 h=8: A, B
 h=9: A, B
 h=10: A, B
 h=11: D, D
 h=12: D, D

Рис. 5.14. Список лексикографічно упорядкованих прецедентів для компонента БП

Розглянемо перший прецедент з лексикографічно впорядкованого списку на рис. 5.14 і визначимо ступінь подібності між проектованим компонентом (бортовим передавачем) і вибраним прецедентом на третьому рівні декомпозиції (рис. 5.15).

Определение степени сходства между указанными требованиями к проектируемому компоненту: бортовой передатчик для БЛА и характеристиками прецедента:
 БЛА: ВЕКАС
 Уровень декомпозиции: 3
 Наименование компонента: Бортовой передатчик
 Тип компонента: Seagull PRO Wireless Flight System 2.4 ГГц
 Мощность передатчика, мВатт: 100
 Дальность передачи, м: 3000
 Степень сходства равна 1

Рис. 5.15. Выведення результату щодо визначення ступеня подібності між проєктованим компонентом: БП і вибраним прецедентом на третьому рівні декомпозиції

Аналогічно, виходячи із заданих вимог до компонента (GPS приймач, рис. 5.16) і діапазонів значень ТХ компонентів, які переводимо в якісні значення (А, В, С, D) кожної лінгвістичної змінної (рис. 5.17), розраховують ступінь подібності між проєктованим компонентом (GPS приймач) і вибраним прецедентом з попередньо лексикографічно впорядкованого переліку прецедентів четвертого рівня декомпозиції БЛА (рис. 5.18).

GPS приймач:

Вид задания требований: 3 Масса, кг *для диапазона

Вид задания требований: 2 Количество точек, ППМ *для диапазона

Вид задания требований: 2 Количество маршрутов, ед. *для диапазона

Рис. 5.16. Введення вимог до проєктованого компонента (GPS приймач)

Компонент: GPS приймач

Уровень декомпозиции: 4

Характеристика: Масса, кг

Значение А: *для диапазона

Значение В: *для диапазона

Значение С: *для диапазона

Значение D: *для диапазона

Характеристика: Количество точек, ППМ

Значение А: *для диапазона

Значение В: *для диапазона

Значение С: *для диапазона

Значение D: *для диапазона

Характеристика: Количество маршрутов, ед.

Значение А: *для диапазона

Значение В: *для диапазона

Значение С: *для диапазона

Значение D: *для диапазона

Рис. 5.17. Введення значень ТХ компонентів для переведення в якісні значення (А, В, С, D) кожної лінгвістичної змінної

**Список прецедентов для компонента: GPS приёмник
4-го уровня декомпозиции**

h=1: A, A, A
h=2: A, A, A
h=3: A, A, A
h=4: B, A, C
h=5: B, A, C
h=6: B, A, C
h=7: C, C, D
h=8: C, C, D
h=9: C, C, D
h=10: D, A, A
h=11: D, A, A
h=12: D, A, A

Рис. 5.18. Список лексикографічно упорядкованих прецедентів для компонента (GPS приймач)

Результат визначення ступеня подібності між проєктованим компонентом GPS приймачем і вибраним прецедентом на четвертому рівні декомпозиції показаний на рис. 5.19.

Определение степени сходства между указанными требованиями к проектируемому компоненту: GPS приёмник для БЛА и характеристиками прецедента:
БЛА: ВЕКАС
Уровень декомпозиции: 4
Наименование компонента: GPS приёмник
Тип компонента: GPSMAP 96с
Масса, кг: 0.215
Количество точек, ППМ: 1000
Количество маршрутов, ед.: 50
База данных: Jeppesen
Интерфейсы: NMEA 0183, RTCM 104 DGPS и специальный GARMIN для подключения к ПК и обновления базы данных
ПО: MapSource® Trip & Waypoint Manager
Степень сходства равна 1

Рис. 5.19. Виведення результату із визначення ступеня подібності між проєктованим компонентом (GPS приймач) і вибраним прецедентом на третьому рівні декомпозиції

Отримані ступені подібності між проєктованими компонентами (бортовий передавач і приймач GPS) і вибраними з бази даних прецедентами відповідних рівнів декомпозиції дорівнюють одиниці. Причому вибрані прецеденти належать уже раніше відібраному комплекту телеметрії, що свідчить про доцільність прийнятого рішення про придбання вибраного на другому рівні декомпозиції комплекту телеметрії Seagull PRO Wireless Flight System 2.4 ГГц.

Таким чином, у даному підрозділі показано практичне застосування розробленого методу формування багаторівневої компонентної архітектури об'єктів управління проєктованого складного виробу,

основаного на формалізації позитивного досвіду минулих розробок, на прикладі формування фрагмента багаторівневої архітектури БЛА «V1», які пов'язані з телеметричною інформацією та геоінформаційними даними, що надходять на оброблення та видачу керуючого впливу в СУ БЛА.

5.4. Визначення ризику робіт зі створення і адаптації окремих об'єктів управління у вигляді компонентів безпілотного літального апарата

На відміну від невизначеності ризик є вимірюваною величиною. Під ризиком багато авторів [146, 129] розуміють ймовірність (загрозу) втрати частини своїх ресурсів, недоотримання доходів або появи додаткових витрат у результаті здійснення проектування в умовах невизначеності. Особливо ризику піддаються складні вироби авіаційної техніки. Реалізація таких виробів залежить від безлічі ризикотвірних чинників, найбільш точний аналіз і оцінювання яких є дуже значущими для проектувальника.

Визначення ризику робіт зі створення і адаптації компонентів СУ БЛА в процесі проектування являє собою актуальну науково-прикладну задачу.

У розд. 4 розроблено метод визначення ризику робіт з проектування і адаптації компонентів ІУС виходячи зі ступеня новизни проєктованих компонентів.

В основі методу лежить теорія нечітких множин з використанням експертної інформації, а також оцінювання ступеня новизни компонентів проєктованої ІУС.

Практичне застосування розробленого методу дозволить знизити негативний вплив цілого ряду проектних ризиків. Використання методу знаходить відображення в автоматизації двох функціональних модулів розробленої інформаційної технології (ОРР СА КІУС – визначення ризику робіт зі створення і адаптації компонентів ІУС, ОРІУС – оцінювання ризику створення ІУС), що спрощує складність і трудомісткість обчислень.

У цьому підрозділі розглянемо визначення ризику робіт зі створення і адаптації об'єктів управління СУ БЛА «V1», формування архітектури якого здійснено на основі компонентного підходу та позитивного досвіду минулих розробок.

Метод оцінювання ризику складається з таких кроків:

Крок 1. Визначається перелік базових груп ризиків з виявленням внутрішньогрупових чинників, що впливають на створення об'єктів управління БЛА (див. підрозд. 5.8). Фрагмент переліку наведено в табл. 5.4.

Крок 2. На етапі композиції (розд. 2) визначається повний склад проектних робіт виходячи зі сформованої архітектури БЛА. У табл. 5.5 наведено перелік робіт для аналізованого проєкту зі створення БЛА. Оскільки знайдені компоненти архітектури проєктованого БЛА «V1» належать ЛА ВЕКAS, то припустимо, що він є базовим аналогом (прототипом). У підрозд. 5.8 наведено складений з використанням

існуючих стандартів і нормативів [152, 153, 154] приклад повного переліку проектних робіт зі створення ЛА.

Таблиця 5.4

Фрагмент переліку базових груп чинників ризиків та їхніх внутрішньогрупових чинників, що впливають на проектні роботи

Номер фактора риска	Базовая группа риска (базовая группа рискообразующих факторов)	Внутригрупповой фактор риска
4	Социально-экономический риск	Инфляция, рост цен на обеспечивающие ресурсы
5	Социально-экономический риск	Колебания валютных курсов
11	Социально-экономический риск	Повышение тарифов на грузовые перевозки
13	Организационный риск	Ошибки планирования и проектирования
14	Организационный риск	Недостаток координации работ
17	Ресурсный риск	Нехватка материалов
20	Ресурсный риск	Поставка комплектующих недостаточного качества
21	Научно-технический риск	Недостижение запланированных технических параметров в ходе конструкторских и технологических разработок
24	Научно-технический риск	Недоверность прогнозной информации
26	Научно-технический риск	Несоответствие кадров профессиональным требованиям проекта
30	Производственно-технический риск	Сброс и поломки оборудования
35	Производственно-технический риск	Ошибки технологического процесса
37	Производственно-технический риск	Производственный брак
38	Финансово-экономический риск	Превышение фактических затрат над запланированными
39	Финансово-экономический риск	Несвоевременное финансирование

Таблиця 5.5

Фрагмент дерева проектних робіт

Код работы	Компоненты архитектуры	Содержание работы	Код группы работы по критерию степени новизны компонент	Расшифровка
1.1.1	Приёмник-монитор	Заказ (покупка) приёмника-монитора	1	Работы по адаптации компонентов повторного использования, взятых из прототипа
1.1.2	Бортовой передатчик	Заказ (покупка) бортового передатчика	1	Работы по адаптации компонентов повторного использования, взятых из прототипа
1.1.3	Бортовой компьютер	Заказ (покупка) бортового компьютера	1	Работы по адаптации компонентов повторного использования, взятых из прототипа
1.1.4	Выносная трубка для измерения скорости	Заказ (покупка) выносной трубки для измерения скорости по набегающему потоку	1	Работы по адаптации компонентов повторного использования, взятых из прототипа
1.1.5	Гибкая трубка для соединения выносной трубки	Заказ (покупка) гибкой трубки для соединения выносной трубки с компьютером	1	Работы по адаптации компонентов повторного использования, взятых из прототипа
1.1.6	Датчик температуры	Заказ (покупка) датчика температуры	1	Работы по адаптации компонентов повторного использования, взятых из прототипа
1.1.7	Кабели	Заказ (покупка) USB-кабеля, 4-У кабеля	1	Работы по адаптации компонентов повторного использования, взятых из прототипа
1.1.8	Крепления	Заказ (покупка) креплений	1	Работы, по адаптации компонентов повторного использования, взятых из прототипа
1.1.9	ПО	Заказ (покупка) ПО	1	Работы, по адаптации компонентов повторного использования, взятых из прототипа
1.1.10	Датчик оборотов на эффекте Холла	Заказ (покупка) датчика оборотов на эффекте Холла с магнитами	1	Работы, по адаптации компонентов повторного использования, взятых из прототипа
1.1.10.1	GPS приёмник	Заказ (покупка) GPS приёмника	1	Работы, по адаптации компонентов повторного использования, взятых из прототипа
1.1.10.2	ПО	Заказ (покупка) ПО	1	Работы, по адаптации компонентов повторного использования, взятых из прототипа
1.1.10.3	Кабели	Заказ (покупка) кабелей	1	Работы по адаптации компонентов повторного использования, взятых из прототипа
1.1.10.4	Крепления	Заказ (покупка) креплений	1	Работы по адаптации компонентов повторного использования, взятых из прототипа
1.1.10.5	Элементы питания	Заказ (покупка) элементов питания	1	Работы по адаптации компонентов повторного использования, взятых из прототипа

Крок 3. Виберемо кількість значень лінгвістичних змінних для оцінювання рівня ризику та важливості чинника ризику, що дорівнює 5 (k=5): V1 – дуже низький, V2 – низький, V3 – середній, V4 – високий, V5 –

дуже високий (табл. 5.6). Така терм-множина значень є досить повною і цілком прийнятною [131, 132, 134, 135].

Таблиця 5.6

Лінгвістичні змінні рівнів ризику та важливості чинників ризику

Номер значення лінгвістичної змінної	Значення лінгвістичних змінних, які описують рівень ризику чинника r і рівень важливості чинника s	По-значення	Нечітке трикутне число N , яке відображає значення лінгвістичної змінної
1	Дуже низький	дн	$\langle 0; 0; 0,25 \rangle$
2	Низький	н	$\langle 0; 0,25; 0,5 \rangle$
3	Середній	с	$\langle 0,25; 0,5; 0,75 \rangle$
4	Високий	в	$\langle 0,5; 0,75; 1,00 \rangle$
5	Дуже високий	дв	$\langle 0,75; 1,00; 1,00 \rangle$

Функції належностей значень $V_f, f=1\dots k$ для обох лінгвістичних змінних подаються виразами [132]:

а) при $f=1, V_1 = \langle 0; 0; 0,25 \rangle$

$$\mu_{V_f}(u) = \begin{cases} 1 - 4 \cdot u; 0 \leq u \leq 0,25 \\ 0; 0,25 \leq u \leq 1 \end{cases}; \quad (5.1)$$

б) при $f = 2,3,4, V_f = \left\langle \frac{(f-2)}{4}; \frac{(f-1)}{4}; \frac{f}{4} \right\rangle$

$$\mu_{V_f}(u) = \begin{cases} 0; u \leq \frac{(f-2)}{4}, \\ 4 \cdot u - (f-2); \frac{(f-2)}{4} \leq u \leq \frac{(f-1)}{4}, \\ f - 4 \cdot u; \frac{(f-1)}{4} \leq u \leq \frac{f}{4}, \\ 0; \frac{f}{4} \leq u \leq 1,0, \end{cases} \quad (5.2)$$

в) при $f = 5, V_5 = \langle 0,75; 1,0; 1,0 \rangle$

$$\mu_{V_f}(u) = \begin{cases} 0; 0 \leq u \leq 0,75 \\ 4 \cdot u - 3; 0,75 \leq u \leq 1,0 \end{cases}. \quad (5.3)$$

Слід зазначити, що функція належності $\mu_{V_f}(u)$ на деяких інтервалах універсальної множини U набуває значення 0 (рис. 5.20).

Крок 4. На підставі ступеня новизни компонентів (об'єктів управління СУ БЛА) «V1» визначаємо важливість чинника ризику s_j^i , що впливає на проектні роботи. Вплив ризиків, зумовлених ризикотвірними чинниками, на

першу групу робіт було оцінено експертами як дуже низьке. Аналіз показав, що група проектних робіт з адаптації компонентів, запозичених із виробів, не є прототипом. Вона найбільшою мірою може бути піддана впливу соціально-економічного ризику, а також ресурсного та фінансово-економічного ризиків. Вплив організаційного, науково-технічного та виробничо-технічного ризиків на третю групу робіт буде найзначнішим (табл. 5.7). У розглянутому прикладі всі роботи належать до першої групи. Таким чином, вплив ризикотвірних чинників, пов'язаних з придбанням компонентів повторного використання, буде дуже низьким.

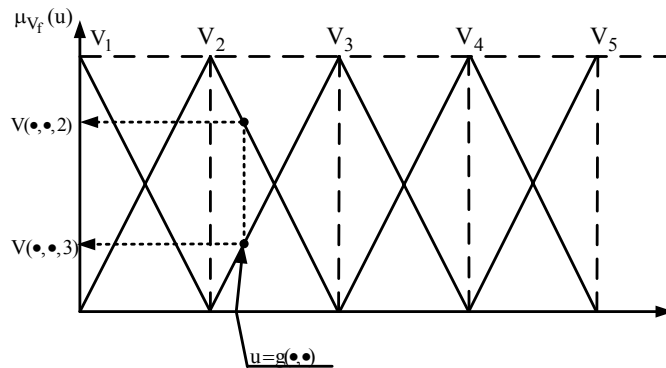


Рис. 5.20. Функція належності значень V_f лінгвістичної змінної V на універсальній множині $U=[0;1]$

Таблиця 5.7

Визначення важливості чинника ризику s_j^i залежно від ступеня новизни компонентів (об'єктів управління СУ БЛА «V1»)

Групи проектних робіт за критерієм ступеня новизни компонентів	Унікальні номери ризикотвірних чинників (див. табл. 5.4)														
	4	5	11	13	14	17	20	21	24	26	30	35	37	38	39
Проектні роботи, які запозичені з прототипу	дн	дн	дн	дн	дн	дн	дн	дн	дн	дн	дн	дн	дн	дн	дн
Проектні роботи з адаптації компонентів, запозичених з виробів, що не є прототипом	дв	в	в	н	н	с	с	дн	дн	дн	с	н	н	в	в
Проектні роботи зі створення нових компонентів	дв	в	в	дв	в	с	в	дв	дв	в	с	в	в	дв	в

i – індекс базової групи ризику;

j – індекс внутрішньогрупового ризикотвірного чинника i -го ризику.

Крок 5. Складаємо матрицю ймовірності й наслідків для оцінювання рівня ризику кожного ризикотвірного чинника r_j^i за всіма проектними роботами (табл. 5.8).

Таблиця 5.8

Матриця ймовірності та наслідків

Імовірність виявлення чинника ризику	Вплив ризикотвірного чинника				
	Дуже низький (дн)	Низький (н)	Середній (с)	Високий (в)	Дуже високий (дв)
0,1	дн	дн	дн	с	с
0,3	дн	дн	н	с	в
0,5	дн	н	н	в	в
0,7	дн	н	с	в	дв
0,9	дн	с	с	дв	дв

Далі визначаємо рівень кожного ризикотвірного чинника r_j^i (табл. 5.9).

Таблиця 5.9

Визначення рівня ризику чинника r_j^i

Номери значень лінгвістичної змінної рівня ризику чинника r_j^i	Унікальні номери чинників ризику (див. табл. 5.4)														
	4	5	11	13	14	17	20	21	24	26	30	35	37	38	39
1 (он)		+					+					+			
2 (н)			+			+								+	
3 (с)					+				+		+				
4 (в)				+						+			+		+
5 (ов)	+							+							

Крок 6. Проводимо процедуру дефазифікації і визначаємо за допомогою центроїдного методу всі значення $g(r, s)$ для всіх можливих сполучень пар r і s :

$$g(r,s) = \frac{\int_a^c u \cdot \mu_{N_r \cdot N_s}(u) du}{\int_a^c \mu_{N_r \cdot N_s}(u) du} \quad (5.4)$$

Були отримані такі результати розрахунків: $g(3,4) = 0,41899$, $g(1,2) = 0,0417$, $g(1,5) = 0,08336$. Одержані значення всіх можливих значень центроїдів наведені в табл. 5.10.

Далі складаємо розрахункову таблицю (табл. 5.11) з проектними роботами та ризикотвірними чинниками і заповнюємо її значеннями рівнів ризиків чинників з урахуванням їх важливості, визначених на підставі ступеня новизни компонентів, $g_j^i(r_j^i, s_j^i)$ за допомогою інформації, наведеної в табл. 5.10.

Таблиця 5.10

Рівень ризику чинника з урахуванням його важливості $g(r, s)$

Рівень ризику чинника r	Рівень важливості чинника s				
	1	2	3	4	5
1	0,0208	0,0417	0,0625	0,0833	0,0833
2	0,0417	0,0938	0,1667	0,2292	0,2500
3	0,0625	0,1667	0,2917	0,4167	0,4792
4	0,0833	0,2292	0,4167	0,6042	0,7083
5	0,0833	0,2500	0,4792	0,7083	0,8542

Таблиця 5.11

Рівні ризиків чинників з урахуванням їх важливості залежно від групи проектних робіт з урахуванням ступеня новизни компонентів (об'єктів управління СУ БЛА «V1»)

Код работы	Содержание работы	4	5	11	13	14	17	20	21	24	26	30	35	37	38	39
1.1.1	Заказ (покупка) приёмника-монитора	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833
1.1.2	Заказ (покупка) бортового передатчика	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833
1.1.3	Заказ (покупка) бортового компьютера	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833
1.1.4	Заказ (покупка) выносной трубки для измерения скорости по набегающему потоку	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833
1.1.5	Заказ (покупка) птокой трубки для соединения выносной трубки с компьютером	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833
1.1.6	Заказ (покупка) датчика температуры	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833
1.1.7	Заказ (покупка) USB-кабеля, 4-Y кабеля	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833
1.1.8	Заказ (покупка) крепления	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833
1.1.9	Заказ (покупка) ПО	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833
1.1.10	Заказ (покупка) датчика оборотов на эффекте Холла с магнитами	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833
1.1.10.1	Заказ (покупка) GPS приёмника	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833
1.1.10.2	Заказ (покупка) ПО	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833
1.1.10.3	Заказ (покупка) кабелей	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833
1.1.10.4	Заказ (покупка) крепления	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833
1.1.10.5	Заказ (покупка) элементов питания	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833	0.0208	0.0417	0.0625	0.0833	0.0833

Крок 7. Інформація, подана в табл. 5.10, дозволяє розрахувати нечітку матрицю перетинів всіх можливих значень рівнів ризиків чинників з урахуванням їх важливості $g(r,s)$ (всіх елементів табл. 5.10) з функціями належності трикутних чисел $\mu_{V_\varphi}(u)$ та $\mu_{V_{\varphi+1}}(u)$.

Отримані значення матриці використовуємо для визначення нечіткої матриці перетинів рівнів ризиків чинників з урахуванням їх важливості $g_j^i(r_j^i, s_j^i)$ та функцій належності трикутних чисел за кожною з проектних робіт (табл. 5.12).

Кроки 8 і 9. У розглянутому прикладі кроки 8 і 9 розробленого методу збігаються, тому що в даному випадку з придбанням окремого компонента пов'язана не група проектних робіт, а одна робота.

Отримуємо нечітку оцінку ризику з урахуванням всіх чинників ризику для кожної проектної роботи (табл. 5.13).

Таблиця 5.12

Фрагмент нечіткої матриці перетинів рівнів ризиків чинників з урахуванням їх важливості та функцій належностей трикутних чисел за кожною з проектних робіт

Код работы	Содержание работы	Номер фактора риска	Внутригрупповой фактор риска	V1	V2	V3	V4	V5
1.1.1	Заказ (покупка) приёмника-монитора	4	Инфляция, рост цен на обеспечивающие ресурсы	0.9167	0.0833	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.1	Заказ (покупка) приёмника-монитора	5	Колебания валютных курсов	0.8333	0.1667	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.1	Заказ (покупка) приёмника-монитора	11	Повышение тарифов на грузовые перевозки	0.7500	0.2500	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.1	Заказ (покупка) приёмника-монитора	13	Ошибки планирования и проектирования	0.6667	0.3333	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.1	Заказ (покупка) приёмника-монитора	14	Недостаток координации работ	0.6667	0.3333	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.1	Заказ (покупка) приёмника-монитора	17	Нехватка материалов	0.9167	0.0833	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.1	Заказ (покупка) приёмника-монитора	20	Поставка комплектующих недостаточного качества	0.8333	0.1667	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.1	Заказ (покупка) приёмника-монитора	21	Недостижение запланированных технических параметров в ходе конструкторских и технологических разработок	0.7500	0.2500	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.1	Заказ (покупка) приёмника-монитора	24	Недостоверность прогнозной информации	0.6667	0.3333	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.1	Заказ (покупка) приёмника-монитора	26	Несоответствие кадров профессиональным требованиям проекта	0.6667	0.3333	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.1	Заказ (покупка) приёмника-монитора	30	Сбои и поломки оборудования	0.9167	0.0833	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.1	Заказ (покупка) приёмника-монитора	35	Ошибки технологического процесса	0.8333	0.1667	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.1	Заказ (покупка) приёмника-монитора	37	Производственный брак	0.7500	0.2500	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.1	Заказ (покупка) приёмника-монитора	38	Превышение фактических затрат над запланированными	0.6667	0.3333	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.1	Заказ (покупка) приёмника-монитора	39	Несвоевременное финансирование	0.6667	0.3333	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.2	Заказ (покупка) бортового передатчика	4	Инфляция, рост цен на обеспечивающие ресурсы	0.9167	0.0833	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.2	Заказ (покупка) бортового передатчика	5	Колебания валютных курсов	0.8333	0.1667	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.2	Заказ (покупка) бортового передатчика	11	Повышение тарифов на грузовые перевозки	0.7500	0.2500	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.2	Заказ (покупка) бортового передатчика	13	Ошибки планирования и проектирования	0.6667	0.3333	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.2	Заказ (покупка) бортового передатчика	14	Недостаток координации работ	0.6667	0.3333	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.2	Заказ (покупка) бортового передатчика	17	Нехватка материалов	0.9167	0.0833	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.2	Заказ (покупка) бортового передатчика	20	Поставка комплектующих недостаточного качества	0.8333	0.1667	0.0000	0.0000	0.0000

V_f являє собою значення перетинів рівня ризику чинника з урахуванням його важливості $g_j^i(r_j^i, s_j^i)$ за певним ризикотвірним чинником для конкретної роботи проекту й функцій належностей трикутних чисел $\mu_{V_f}(u)$.

Таблиця 5.13

Нечітка матриця оцінювання ризику для кожної проектної роботи
(з урахуванням групи ризиків)

Код работы	Содержание работы	V1	V2	V3	V4	V5
1.1.1	Заказ (покупка) приёмника-монитора	11.5000	3.5000	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.2	Заказ (покупка) бортового передатчика	11.5000	3.5000	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.3	Заказ (покупка) бортового компьютера	11.5000	3.5000	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.4	Заказ (покупка) выносной трубки для измерения скорости по набегающему потоку	11.5000	3.5000	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.5	Заказ (покупка) гибкой трубки для соединения выносной трубки с компьютером	11.5000	3.5000	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.6	Заказ (покупка) датчика температуры	11.5000	3.5000	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.7	Заказ (покупка) USB-кабеля, 4-У кабеля	11.5000	3.5000	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.8	Заказ (покупка) креплений	11.5000	3.5000	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.9	Заказ (покупка) ПО	11.5000	3.5000	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.10	Заказ (покупка) датчика оборотов на эффекте Холла с магнитами	11.5000	3.5000	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.10.1	Заказ (покупка) GPS приёмника	11.5000	3.5000	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.10.2	Заказ (покупка) ПО	11.5000	3.5000	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.10.3	Заказ (покупка) кабелей	11.5000	3.5000	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.10.4	Заказ (покупка) креплений	11.5000	3.5000	0.0000	0.0000	0.0000
1.1.10.5	Заказ (покупка) элементов питания	11.5000	3.5000	0.0000	0.0000	0.0000

Крок 10. Отримані нечіткі оцінювання ризику з урахуванням всіх чинників ризику за всіма проектними роботами з адаптації (в даному випадку придбання) компонентів повторного використання наведені в табл. 5.14.

Таблиця 5.14

Нечітка оцінка ризику з урахуванням всіх чинників ризику за всіма проектними роботами

V1	V2	V3	V4	V5
172.5000	52.5000	0.0000	0.0000	0.0000

Крок 11. Розраховуємо оцінювання ризику робіт з адаптації (в даному випадку придбання) компонентів повторного використання (табл. 5.15).

Таблиця 5.15

Оцінювання ризику робіт з адаптації (придбання) компонентів
повторного використання

Код роботи	Содержание работы	Оценка риска группы проектных работ по адаптации компонентов повторного использования
1.1.1	Заказ (покупка) приёмника-монитора	0.1222
1.1.2	Заказ (покупка) бортового передатчика	0.1222
1.1.3	Заказ (покупка) бортового компьютера	0.1222
1.1.4	Заказ (покупка) выносной трубки для измерения скорости по набегающему потоку	0.1222
1.1.5	Заказ (покупка) гибкой трубки для соединения выносной трубки с компьютером	0.1222
1.1.6	Заказ (покупка) датчика температуры	0.1222
1.1.7	Заказ (покупка) USB-кабеля, 4-У кабеля	0.1222
1.1.8	Заказ (покупка) креплений	0.1222
1.1.9	Заказ (покупка) ПО	0.1222
1.1.10	Заказ (покупка) датчика оборотов на эффекте Холла с магнитами	0.1222
1.1.10.1	Заказ (покупка) GPS приёмника	0.1222
1.1.10.2	Заказ (покупка) ПО	0.1222
1.1.10.3	Заказ (покупка) кабелей	0.1222
1.1.10.4	Заказ (покупка) креплений	0.1222
1.1.10.5	Заказ (покупка) элементов питания	0.1222

Таким чином, остаточна оцінка ризику створення аналізованої компонентної архітектури об'єктів управління СУ БЛА «V1» приблизно дорівнює 0,12.

5.5. Оцінювання реалізованості окремих компонентів

Визначимо реалізованість компонентної архітектури СУ БЛА «V1».

На реалізацію компонента (в даному прикладі вузла) впливають дві складові: ризик комплексування компонентів, що входять у вузол, і оцінка ризику робіт з адаптації компонентів повторного використання і ризиків, пов'язаних з розробленням нових компонентів вузла. У табл. 5.16 наведено матрицю визначення можливості виникнення ризику комплексування $R_{k,i}^u$ для кожного q-го вузла u-го рівня декомпозиції виробу, де і – складність вузла, а j – кількість компонентів у вузлі (розд. 4).

Таблиця 5.16

Матриця визначення можливості виникнення ризику комплексування

 $R_{k_i}^u$ компонентів

Номер i	Складність вузла	Кількість компонентів у вузлі (підвузлів (u + 1)-го рівня) j				
		2	5	10	50	100
1	Дуже низька	0,01	0,02	0,11	0,17	0,28
2	Низька	0,03	0,04	0,13	0,2	0,33
3	Середня	0,05	0,06	0,14	0,24	0,4
4	Висока	0,07	0,08	0,15	0,31	0,44
5	Дуже висока	0,09	0,1	0,16	0,36	0,48

На рис. 5.21 показано схематичне уявлення СУ БЛА компонентного складу, приклад розрахунку оцінювання реалізованості компонентної архітектури з урахуванням ризику комплексування (формули (4.13) - (4.15)). Розрахунки здійснюють на основі інформації, наведеної в табл. 5.15, 5.16.

Умовні позначення до схеми (рис. 5.21):

- 1 – БЛА «V1»;
- 2 – підсистема автоматичного управління;
- 3 – комплект телеметричного обладнання;
- 4 – приймач-монітор;
- 5 – бортовий передавач;
- 6 – бортовий комп'ютер;
- 7 – виносна трубка для вимірювання швидкості по набігаючому потоку;
- 8 – гнучка трубка для з'єднання виносної трубки з комп'ютером;
- 9 – датчик температури;
- 10 – кабелі;
- 11 – кріплення;
- 12 – ПЗ;
- 13 – датчик оборотів на ефекті Холла з магнітами;
- 14 – GPS модуль;
- 15 – GPS приймач (з антеною);
- 16 – ПЗ (GPS);
- 17 – кабелі (GPS);
- 18 – кріплення (GPS);
- 19 – елементи живлення.

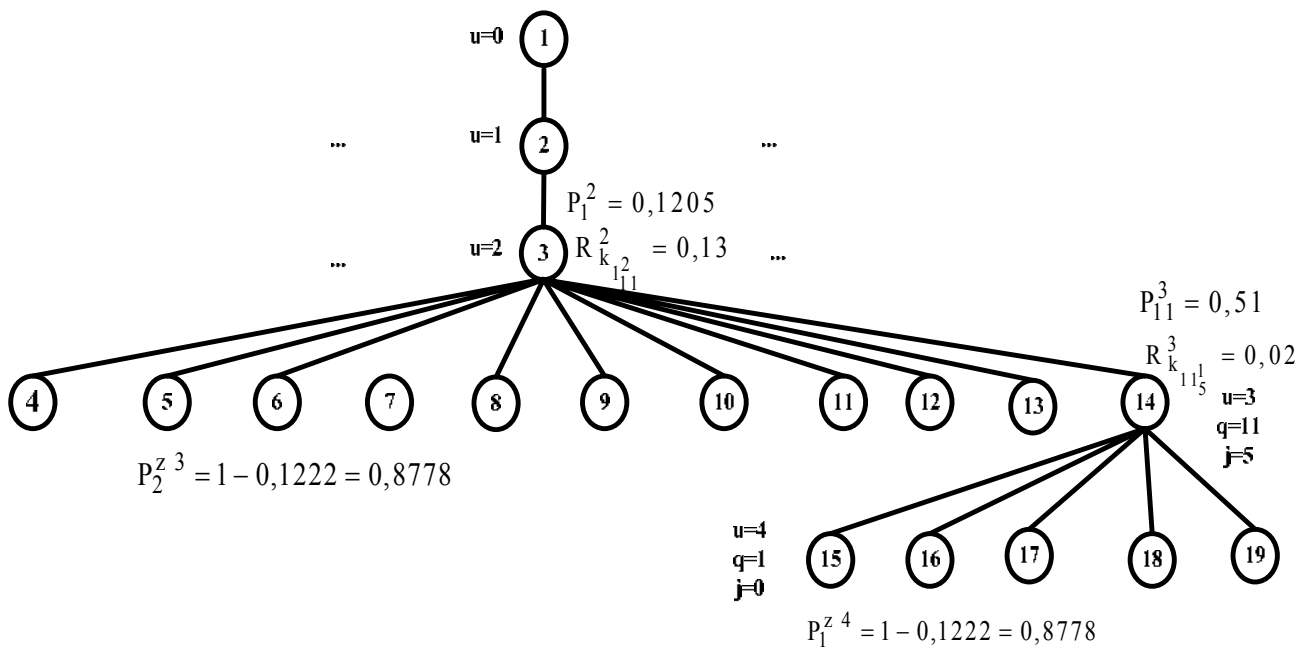


Рис. 5.21. Схематичне наведення фрагмента багаторівневого компонентного СУ БЛА «V1»

У результаті оцінена реалізація СУ БЛА «V1» P_1^2 дорівнює 0.1205.

5.6. Визначення ризику робіт зі створення об'єктів управління системи управління безпілотним літальним апаратом

Розрахуємо ризик розроблення компонентів традиційним підходом до розроблення СУ БЛА «V1» з урахуванням того, що формування архітектури здійснювалося традиційним підходом. Тому всі роботи зі створення компонентів аналізованого фрагмента будуть належати до третьої групи робіт – проектних робіт зі створення нових компонентів (табл. 5.17).

Для чистоти експерименту використовуємо таку ж кількість значень лінгвістичних змінних для оцінювання рівня ризику і важливості чинника ризику, як і в прикладі, що розглядають (табл. 5.6). Крім того, для визначення ризику проектних робіт вибираємо такий самий перелік базових груп чинників ризиків та їх внутрішньогрупових чинників, що впливають на проектні роботи (табл. 5.4) з такими ж значеннями рівнів ризику чинника r_j^i (табл. 5.9). При визначенні ризику робіт використовують важливість чинника ризику s_j^i (табл. 5.7) для відповідної групи проектних робіт (проектні роботи зі створення нових компонентів).

У результаті розрахунків отримуємо оцінювання ризику робіт зі створення нових компонентів (табл. 5.18)

Таблица 5.17

Фрагмент дерева проектных работ

Код работы	Компоненты архитектуры	Содержание работы	Код группы работы по критерию степени новизны компонентов	Расшифровка
1.1.1	Приёмник-монитор	Проектирование приёмника-монитора	3	Проектные работы по разработке новых компонентов
1.1.2	Бортовой передатчик	Проектирование бортового передатчика	3	Проектные работы по разработке новых компонентов
1.1.3	Бортовой компьютер	Проектирование бортового компьютера	3	Проектные работы по разработке новых компонентов
1.1.4	Вьносная трубка для измерения скорости	Проектирование вьносной трубки для измерения скорости по набегающему потоку	3	Проектные работы по разработке новых компонентов
1.1.5	Гибкая трубка для соединения вьносной	Проектирование гибкой трубки для соединения вьносной трубки с компьютером	3	Проектные работы по разработке новых компонентов
1.1.6	Датчик температуры	Проектирование датчика температуры	3	Проектные работы по разработке новых компонентов
1.1.7	Кабели	Заказ (покупка) USB-кабеля, 4-У кабеля	3	Проектные работы по разработке новых компонентов
1.1.8	Крепления	Изготовление креплений	3	Проектные работы по разработке новых компонентов
1.1.9	ПО	Разработка ПО	3	Проектные работы по разработке новых компонентов
1.1.10	Датчик оборотов на эффекте Холла	Проектирование датчика оборотов на эффекте Холла с магнитами	3	Проектные работы по разработке новых компонентов
1.1.10.1	GPS приёмник	Проектирование GPS приёмника	3	Проектные работы по разработке новых компонентов
1.1.10.2	ПО	Разработка ПО	3	Проектные работы по разработке новых компонентов
1.1.10.3	Кабели	Заказ (покупка) кабелей	3	Проектные работы по разработке новых компонентов
1.1.10.4	Крепления	Изготовление креплений	3	Проектные работы по разработке новых компонентов
1.1.10.5	Элементы питания	Проектирование элементов питания	3	Проектные работы по разработке новых компонентов

Таблица 5.18

Оцінювання ризику робіт зі створення нових компонентів

Код работы	Содержание работы	Оценка риска группы проектных работ по адаптации компонентов повторного использования
1.1.1	Проектирование приёмника-монитора	0.4440
1.1.2	Проектирование бортового передатчика	0.4440
1.1.3	Проектирование бортового компьютера	0.4440
1.1.4	Проектирование вьносной трубки для измерения скорости по набегающему потоку	0.4440
1.1.5	Проектирование гибкой трубки для соединения вьносной трубки с компьютером	0.4440
1.1.6	Проектирование датчика температуры	0.4440
1.1.7	Заказ (покупка) USB-кабеля, 4-У кабеля	0.4440
1.1.8	Изготовление креплений	0.4440
1.1.9	Разработка ПО	0.4440
1.1.10	Проектирование датчика оборотов на эффекте Холла с магнитами	0.4440
1.1.10.1	Проектирование GPS приёмника	0.4440
1.1.10.2	Разработка ПО	0.4440
1.1.10.3	Заказ (покупка) кабелей	0.4440
1.1.10.4	Изготовление креплений	0.4440
1.1.10.5	Проектирование элементов питания	0.4440

У результаті отримаємо, що остаточна оцінка ризику зі створення СУ БЛА «V1» традиційним підходом розробників приблизно дорівнює 0,44, що значно перевищує (більш ніж в 3, 5 рази) значення ризику, отриманого в результаті використання компонентного підходу ($\approx 0,12$).

5.7. Оцінювання реалізованості проекту створення системи управління безпілотним літальним апаратом традиційним методом розробників

Нехай формування архітектури БЛА здійснювалося без компонентного підходу і урахування позитивного досвіду минулих розробок за допомогою існуючого методу, прийнятого розробниками.

Для оцінювання реалізованості аналізованого фрагмента проектного виробу використовують оцінювання ризику робіт зі створення нових компонентів (табл. 5.18) та інформацію про можливість виникнення ризику комплексування компонентів у вузлі авіаційної техніки, що розглядається (табл. 5.16).

На рис. 5.22 показано розрахунок оцінювання реалізованості СУ БЛА «V1» з урахуванням ризику комплексування (формули (4.13) - (4.15)). Умовні позначення до схеми (рис. 5.19) наведені в підрозд. 5.5.

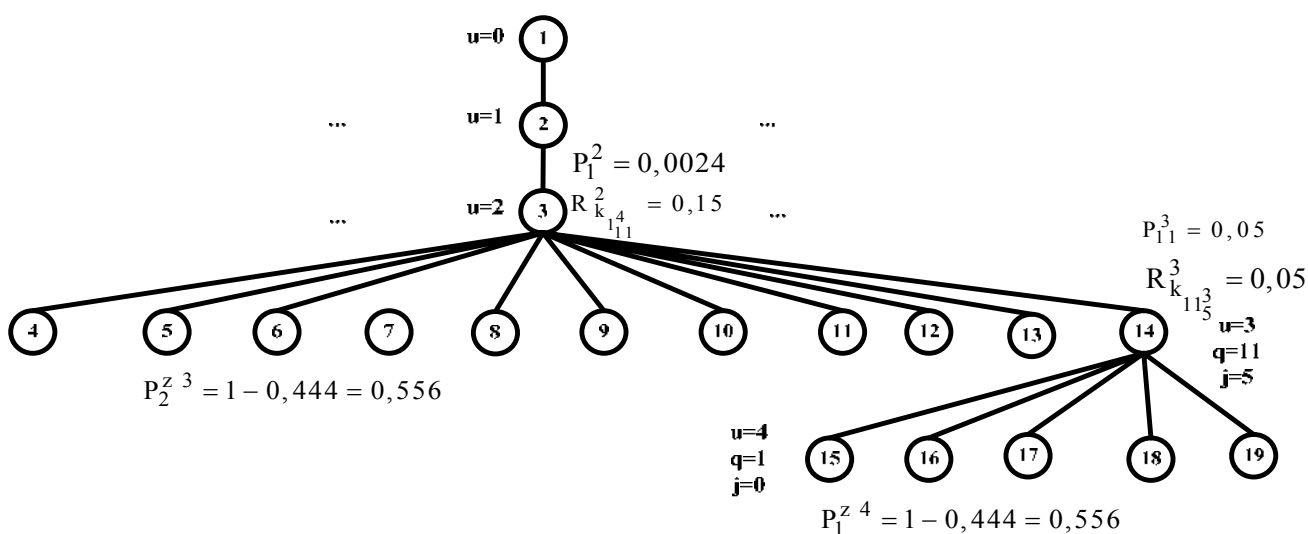


Рис. 5.22. Схематичне подання багаторівневої компонентної архітектури СУ БЛА «V1»

У результаті розрахунків отримаємо оцінку реалізованості СУ БЛА «V1», яка дорівнює 0,0024, що значно нижче реалізованості, пов'язаної із запропонованим компонентним підходом (0,1205).

У даному розділі показано приклад дослідження інформаційної технології для автоматизованого формування багаторівневої компонентної архітектури. Програмна реалізація функціональних модулів здійснювалася

мовою сценаріїв PHP із використанням системи управління реляційними базами даних MySQL. Був застосований також пакет STATISTICA 8.

За допомогою розробленої інформаційної технології та її програмної реалізації досліджено як приклад створення фрагмента багаторівневої компонентної архітектури для системи управління БЛА «V1» на етапі системного проектування. Після формування багаторівневої компонентної архітектури оцінювали ризик робіт зі створення і адаптації (модернізації) компонентів повторного використання, а також реалізованість аналізованого фрагмента. Остаточна оцінка ризику створення фрагмента багаторівневої компонентної архітектури СУ БЛА «V1» досягла значення, що приблизно дорівнює 0.122, яке являє собою можливість отримання незадовільного результату. При цьому реалізованість даного фрагмента архітектури дорівнює 0.1205. Для оцінювання ефективності компонентного підходу розглянули приклад визначення ризику робіт зі створення окремих компонентів проекрованої СУ БЛА «V1», припускаючи, що його формування архітектури здійснювалося без використання компонентного підходу. Остаточна оцінка ризику створення аналізованого фрагмента БЛА «V1», формування архітектури якого здійснювалося без використання компонентного підходу, приблизно дорівнює 0.4439, що свідчить про значно більшу можливість отримання незадовільного результату, ніж з використанням підходу. Відповідно реалізація за допомогою традиційного підходу архітектури компонентів об'єктів управління СУ БЛА «V1» P_1^2 дорівнює 0.0024, що значно нижче, ніж реалізованість, яка отримана за допомогою застосування компонентного підходу і позитивного досвіду минулих розробок.

Таким чином, компонентний підхід у вигляді розробленої прикладної інформаційної технології формування багаторівневої компонентної архітектури складного виробу машинобудування (на прикладі зразка авіаційної техніки), в основі якої лежить метод системного проектування, компонентний підхід і позитивний досвід минулих розробок, дозволяє підвищити достовірність і знизити ризик при створенні ІУС.

5.8. Розрахункові дані для проектування системи управління безпілотного літального апарата

Перелік ризиків і внутрішньогрупових чинників ризиків, що впливають на проект зі створення безпілотного літального апарата нового покоління

Зовнішні ризики:

- Політичні

1. Стабільність політичної влади.
2. Скорочення обсягів закупівель всередині країни.

- Соціально-економічні ризики

3. Банкрутство підрядників, несвоєчасне фінансування, неплатежі.
4. Витратні ризики (пов'язані з подорожчанням ресурсів).
5. Ринкові ризики (пов'язані зі зміною попиту і пропозиції).
6. Зміни податкових нормативів або процентних ставок за кредитами Центрального банку.
7. Додаткова грошова емісія.
8. Нові правила ведення зовнішньоекономічної діяльності (зовнішньоекономічні ризики).
9. Зміна правил валютного обігу.
10. Інфляція, зростання цін на ресурси зміни споживчих вимог, зменшення ринку збуту.
11. Підвищення тарифів на вантажні перевезення.

- Екологічні

12. Непередбачене посилення екологічних нормативів зміни навколишнього середовища або недостатній ступінь обліку витрат на природоохоронні заходи.

Внутрішні ризики:

- Організаційний ризик

13. Помилки планування.
14. Недоліки координації робіт.
15. Слабке регулювання.

- Ресурсний ризик

16. Відмови ресурсів.
17. Брак матеріалів (ресурсів).
18. Брак робочої сили.
19. Зриви поставок.
20. Поставка комплектуючих недостатньої якості.

- Науково-технічний ризик

21. Ризик втрат унаслідок негативних результатів науково-дослідних робіт.
22. Ризик втрат у результаті недосягнення запланованих технічних параметрів у ході конструкторських і технологічних розробок.
23. Ризик втрат у результаті низьких технологічних можливостей виробництва, що не дозволяє освоїти результати нових розробок.
24. Недостовірність прогнозної інформації.
25. Відхилення в термінах реалізації етапів проектування.
26. Невідповідність кадрів професійним вимогам проекту.
27. Виникнення непередбачених науково-технічних проблем.
28. Перевищення допустимих термінів проектування.
29. Помилки проектування.

- Виробничо-технологічний ризик

30. Ризик втрат у результаті збоїв і поломки устаткування.
31. Ризик втрат у результаті використання нових технологій.
32. Ризик втрат у результаті низьких технологічних можливостей виробництва, що не дозволяє освоїти результати нових розробок.
33. Ризик поточного постачання ресурсами.

- 34. Перевищення допустимих термінів виробництва.
- 35. Помилки технологічного процесу.
- 36. Невідповідність фактичного показника (якості) із запланованим значенням (по кожній роботі).
- 37. Виробничий брак.
- **Фінансово-економічний ризик**
- 38. Перевищення фактичних витрат над запланованими.
- 39. Несвоєчасне фінансування.

Таблиця 5.19

Проектні роботи зі створення безпілотного літального апарата

Код роботи або етапу	Назва роботи	Зміст роботи
1	Стад-ії НДР	<p>НДР: фундаментальні, пошукові, прикладні.</p> <p>1. Наукове розроблення ТЗ НДР прогнозування. Аналіз результатів фундаментальних і пошукових досліджень. Вивчення патентної документації. Урахування вимог замовників.</p> <p>2. Вибір напрямку дослідження Збір і вивчення науково-технічної інформації. Складання аналітичного огляду. Проведення патентних досліджень. Формулювання можливих напрямків вирішення задач, поставлених у ТЗ НДР, і порівняльне оцінювання, вибір та обґрунтування прийнятого напрямку досліджень і способів вирішення задач. Зіставлення очікуваних показників нової продукції після впровадження результатів НДР з існуючими показниками виробів-аналогів. Оцінювання орієнтовної економічної ефективності нової продукції. Розроблення загальної методики проведення досліджень (програми робіт, плани-графіки, сіткові моделі). Складання проміжного звіту.</p> <p>3. Теоретичні й експериментальні дослідження Розроблення робочих гіпотез, побудова моделей об'єкта досліджень, обґрунтування припущень. Виявлення необхідності проведення експериментів для підтвердження окремих положень теоретичних досліджень або для отримання конкретних значень параметрів, необхідних для проведення розрахунків.</p>

Продовження табл. 5.19

Код роботи або етапу	Назва роботи	Зміст роботи
2		Стадії ДКР
2.1	Розроблення ТЗ на ДКР	Складання проекту ТЗ замовником нового ЛА. Опрацювання проекту ТЗ виконавцем. Встановлення переліку контрагентів та узгодження з ними окремих ТЗ. Узгодження та затвердження ТЗ
2.2	Попереднє проектування	Результат етапу: технічна пропозиція. Технічна пропозиція (є підставою для корегування ТЗ та виконання ескізного проекту). Виявлення додаткових або уточнених вимог до виробу, його технічних характеристик і показників якості, які не можуть бути зазначені в ТЗ: - опрацювання результатів НДР; - опрацювання результатів прогнозування; - вивчення науково-технічної інформації; - попередні розрахунки й уточнення вимог ТЗ
2.2.1	Планер	Проектування планера
2.2.1.1	Фюзеляж	Проектування фюзеляжу
2.2.1.1.1	Стикові вузли	Вибір стикових вузлів
2.2.1.1.2	Обшивка	Вибір матеріалів для обшивки
2.2.1.2	Крило	Проектування крила
2.2.1.2.1	Лонжерони	Проектування лонжеронів
2.2.1.2.2	Нервюри	Проектування нервюр
2.2.1.2.3	Стрингери	Проектування стрингерів
2.2.1.2.4	Обшивки	Вибір обшивки
2.2.1.2.5	Стикові вузли	Вибір стикових вузлів
2.2.1.2.6	Елерони	Проектування елеронів
2.2.1.2.7	Закрилки	Проектування закрилок
2.2.1.3	Оперення (горизонтальне вертикальне)	Проектування оперення (горизонтального, вертикального)
2.2.1.3.1	Лонжерони	Проектування лонжеронів
2.2.1.3.2	Нервюри	Проектування нервюр
2.2.1.3.3	Стрингери	Проектування стрингерів
2.2.1.3.4	Обшивки	Вибір обшивки

Продовження табл. 5.19

Код роботи або етапу	Назва роботи	Зміст роботи
2.2.1.3.5	Стикові вузли	Вибір стикових вузлів
2.2.1.3.6	Руль висоти	Проектування руля висоти
2.2.1.3.7	Руль напрямку	Проектування руля напрямку
2.2.2	Бортові джерела енергії	Вибір бортових джерел енергії
2.2.2.1	Система бортового електроживлення	Вибір системи бортового електроживлення
2.2.3	Установка двигуна	Вибір установки двигуна
2.2.4	Підсистема автоматичного управління	Проектування підсистеми автоматичного управління
2.2.4.1	Датчики	Складання переліку та вибір датчиків
2.2.4.2	Бортовий процесор	Вибір бортового процесора
2.2.4.2	Виконавчі механізми	Складання переліку та вибір виконавчих механізмів
2.2.4.3	Комплект телеметричного обладнання	Проектування комплекту телеметричного обладнання
2.2.4.3.1	Приймач-монітор	Проектування приймача-монітора
2.2.4.3.2	Бортовий передавач	Проектування бортового передавача
2.2.4.3.3	Бортовий комп'ютер	Проектування бортового комп'ютера
2.2.4.3.4	Виносна трубка для вимірювання швидкості по набігаючому потоку	Вибір виносної трубки для вимірювання швидкості по набігаючому потоку
2.2.4.3.5	Гнучка трубка для з'єднання виносної трубки з комп'ютером	Вибір гнучкої трубки для з'єднання виносної трубки з комп'ютером
2.2.4.3.6	Датчик температури	Проектування датчика температури
2.2.4.3.7	Кабелі	Вибір кабелів
2.2.4.3.8	Кріплення	Вибір кріплень

Код роботи або етапу	Назва роботи	Зміст роботи
2.2.4.3.9	ПЗ	Розроблення ПЗ
2.2.4.3.10	Датчик оборотів за ефектом Холла з магнітами	Проектування датчика оборотів за ефектом Холла з магнітами
2.2.4.3.11	GPS модуль	Проектування GPS модуля
2.2.4.3.11.1	GPS приймача	Проектування GPS приймача
2.2.4.3.11.2	ПЗ	Розроблення ПЗ
2.2.4.3.11.3	Кабелі	Вибір кабелів
2.2.4.3.11.4	Кріплення	Вибір кріплень
2.2.4.3.11.5	Елементи живлення	Проектування елементів живлення
2.2.5	Цільовий вантаж	Проектування цільового вантажу
2.2.5.1	Відеокамера переднього обзору	Вибір відеокамери переднього обзору
2.2.5.2	ІЧК	Вибір ІЧК
2.2.5.3	Денна відеокамера	Вибір денної відеокамери
2.2.5.4	Гіростабілізований блок для ІЧК і відеокамер	Вибір гіростабілізованого блока для ІЧК і відеокамер
2.2.5.5	РЛС із синтезованою апертурою	Вибір РЛС із синтезованою апертурою

Формальне подання архітектури проектного БЛА «V1»

Наведемо архітектуру проектного БЛА «V1» таким чином:

V1: {S}={{планер}, {підсистема автоматичного управління}, {бортові джерела енергії}, {двигунова установка}, {цільовий вантаж}}.

Планер: C_{B1} ={{фюзеляж}, {крило}, {оперення}}.

Фюзеляж: C_{B2} ={{обшивка, стикові вузли}}.

Крило: C_{B3} ={{лонжерони, нервюри, стрингери, обшивки, стикові вузли, елерони, закрилки, передкрилки, {кріпильні деталі}}.

Оперення (горизонтальне, вертикальне): C_{B4} ={{лонжерони, нервюри,

стрингери, обшивки, стикові вузли, рулі висоти, рулі напрямків}.

Опори носові: $C_{B5} = \{ \text{стояки, амортизатори, підкоси, маточини, гальмівні механізми, важелі, підйомники} \}$.

Система управління: $C_{B6} = \{ \{ \text{датчики} \}, \{ \text{комплект телеметричного обладнання} \}, \text{бортовий процесор,} \{ \text{виконавчі механізми} \} \}$.

Комплект телеметричного обладнання: $C_{B7} = \{ \text{приймач-монітор, бортовий передавач, бортовий комп'ютер, виносна трубка для вимірювання швидкості по набігаючому потоку, гнучка трубка для з'єднання виносної трубки з комп'ютером, датчик температури, кабелі, кріплення, ПО, датчик оборотів на ефекті Холла з магнітами,} \{ \text{GPS модуль} \} \}$.

GPS модуль: $C_{B8} = \{ \text{GPS приймач, ПЗ, кабелі, кріплення, елементи живлення} \}$.

Бортові джерела енергії: $C_{B9} = \{ \{ \text{система бортового електроживлення} \} \}$.

Цільовий вантаж: $C_{B10} = \{ \text{відеокамера переднього огляду, ВКК, денна відеокамера, гіростабілізований блок для ВКК і відеокамер, РЛС із синтезованою апертурою} \}$.

Рушійна установка: $C_{B11} = \{ \text{двигун} \}$.

Векторний опис характеристик компонентів (об'єктів управління) безпілотного літального апарата

Наведемо до векторного опису характеристики окремих компонентів БЛА:

Крило: {<розмах крила>, <площа крила>, <подовження>, <звуження>, <середня аеродинамічна хорда>, <кут установки крила>, <кут поперечного V крила>, <геометрична крутка крила>, <кут стрілоподібності (по лінії ¼ хорд)>}

Елерони: {<розмах елеронів>, <відносна хорда елерона>, <площа елеронів>, <кут відхилення елерона вгору>, <кут відхилення елерона вниз>}

Закрилки: {<розмах закрилків>, <відносна хорда закрилки>, <площа закрилків>, <кут відхилення закрилків на зльоті>, <кут відхилення закрилків на посадці>}

Горизонтальне оперення: {<розмах>, <площа горизонтального оперення>, <подовження>, <звуження>, <хорда>, <кут установки горизонтального оперення>}.
Руль висоти: {<відносна хорда руля висоти>, <площа руля висоти>, <кут відхилення руля висоти вгору>, <кут відхилення руля висоти вниз>, <коефіцієнт статичної стійкості>}

Вертикальне оперення: {<висота>, <площа >, <подовження>, <звуження>}

Руль напрямку: {<площа руля напрямку>, <кут відхилення руля напрямку вліво>, <кут відхилення руля напрямку вправо>, <коефіцієнт статичної стійкості>}

Фюзеляж {<довжина>, <ширина>, <висота>}

Комплект телеметрії: {<робоча частота>, <кількість каналів запису>}.

Бортовий передавач: {<потужність передавача>, <дальність передачі>}.

GPS приймач: {<маса>, <кількість точок>, <кількість маршрутів>}.

Двигун: {<тип двигуна>, <марка двигуна>, <охолодження>, <максимальна потужність>, <злітний режим роботи двигуна>, <допустимий час роботи на злітному режимі>, <номінальний режим роботи двигуна>, <крейсерський режим роботи двигуна>, <режим роботи двигуна – малий газ>, <мінімальна температура роботи двигуна>, <максимально допустима температура головок циліндрів>, <рекомендований діапазон температури головок циліндрів>, <мінімальний тиск масла>, <максимальний тиск масла>, <нормальний тиск масла>, <мінімальна температура масла>, <максимальна температура масла>, <рекомендований діапазон температури масла>, <марка застосовуваного палива>, <марки застосовуваного масла>, <обсяг паливних баків>, <обсяг маслобака>, <маса двигуна>}.

Акумулятор: {<тип акумулятора>}.

Перетворювачі струму: {<випрямляч-регулятор>}.

Генератори: {<тип генератора>}.

Управління двигунами: {<прилади контролю роботи двигунів>}.

Розрахунок центроїдів

Розглянемо приклади розрахунків центроїдів.

Перший випадок:

r – середній;

s – високий;

$N_3 = \langle 0,25; 0,5; 0,75 \rangle$, $N_4 = \langle 0,5; 0,75; 1,00 \rangle$.

$N_3 \cdot N_4 = \langle 0,125; 0,375; 0,75 \rangle$.

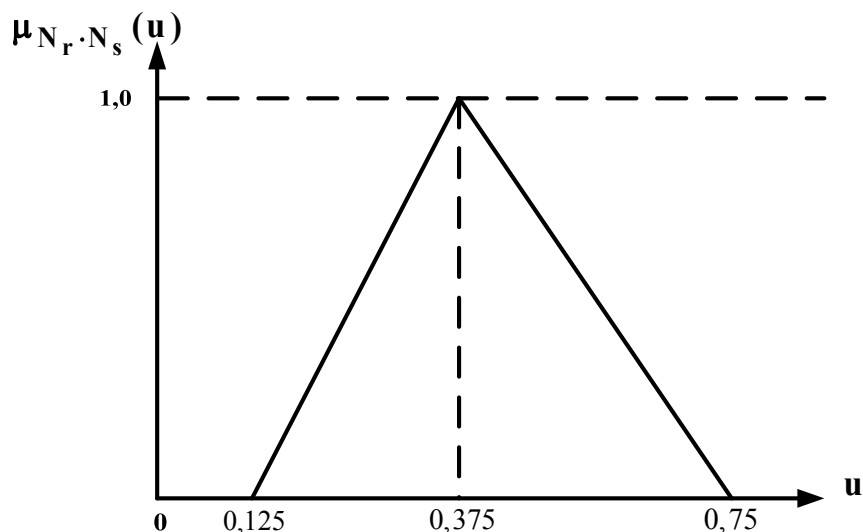


Рис. 5.23. Вид функції належності $\mu_{N_3 \cdot N_4}(u)$

$$\begin{cases} 0,125 \cdot q_1 + k_1 = 0, \\ 0,375 \cdot q_1 + k_1 = 1; \end{cases}$$

$$k_1 = -0,125 \cdot q_1;$$

$$0,375 \cdot q_1 - 0,125 \cdot q_1 = 1;$$

$$0,125 \cdot q_1 = 1; q_1 = 4; k_1 = -0,5;$$

$$\begin{cases} 0,375 \cdot q_2 + k_2 = 1, \\ 0,75 \cdot q_2 + k_2 = 0; \end{cases}$$

$$k_2 = -0,375 \cdot q_2; 0,75 \cdot q_2 - 0,375 \cdot q_2 + 1 = 0;$$

$$0,375 \cdot q_2 = -1; q_2 \approx -2,667 = 4; k_2 = 2;$$

$$0,375 \cdot q_2 = -1; q_2 \approx -2,667 = 4; k_2 = 2;$$

$$\frac{\int_{0,125}^{0,375} x \cdot (4 \cdot x - 0,5) dx + \int_{0,375}^{0,75} x \cdot (-2,667 \cdot x + 2) dx}{\int_{0,125}^{0,375} 4 \cdot x - 0,5 dx + \int_{0,375}^{0,75} (-2,667 \cdot x + 2) dx};$$

$$\int_{0,125}^{0,375} x \cdot (4 \cdot x - 0,5) dx = \int_{0,125}^{0,375} 4 \cdot x^2 - 0,5 \cdot x dx = \frac{4}{3} \cdot x^3 - \frac{0,5}{2} \cdot x^2 \Big|_{0,125}^{0,375} \approx$$

$$\approx 0,0364;$$

$$\int_{0,375}^{0,75} x \cdot (-2,667 \cdot x + 2) dx = \int_{0,375}^{0,75} (-2,667 \cdot x^2 + 2 \cdot x) dx = -\frac{2,667}{3} \cdot x^3 + x^2 \Big|_{0,375}^{0,75} \approx$$

$$\approx 0,09438;$$

$$\int_{0,125}^{0,375} 4 \cdot x - 0,5 dx = 2 \cdot x^2 - 0,5 \cdot x \Big|_{0,125}^{0,375} \approx 0,124625;$$

$$\int_{0,375}^{0,75} (-2,667 \cdot x + 2) dx = -\frac{2,667}{2} \cdot x^2 + 2 \cdot x \Big|_{0,375}^{0,75} \approx 0,1875;$$

$$g(3,4) = \frac{0,0364 + 0,09438}{0,124635 + 0,1875} \approx 0,41899.$$

$$g(3,4) = \frac{0,0364 + 0,09438}{0,124635 + 0,1875} \approx 0,41899.$$

Другий випадок:

г – дуже низький;

с – низький;

$N_1 = \langle 0; 0; 0,25 \rangle$, $N_2 = \langle 0; 0,25; 0,5 \rangle$.

$N_1 \cdot N_2 = \langle 0; 0; 0,125 \rangle$.

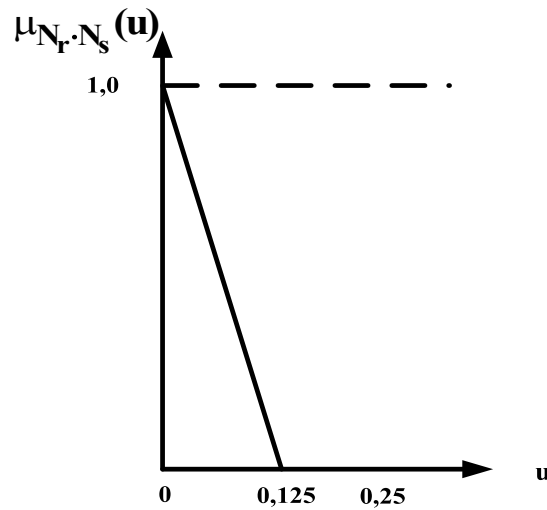


Рис. 5.24. Вид функції належності $\mu_{N_1 \cdot N_2}(u)$

У результаті розрахунків отримаємо

$$g(1,2) = \frac{0,0026}{0,0625} \approx 0,0417.$$

Третій випадок:

r – дуже низький;

s – дуже високий; $N_1 = \langle 0; 0; 0,25 \rangle$, $N_5 = \langle 0,75; 1,00; 1,00 \rangle$.

$$N_1 \cdot N_5 = \langle 0; 0; 0,25 \rangle.$$

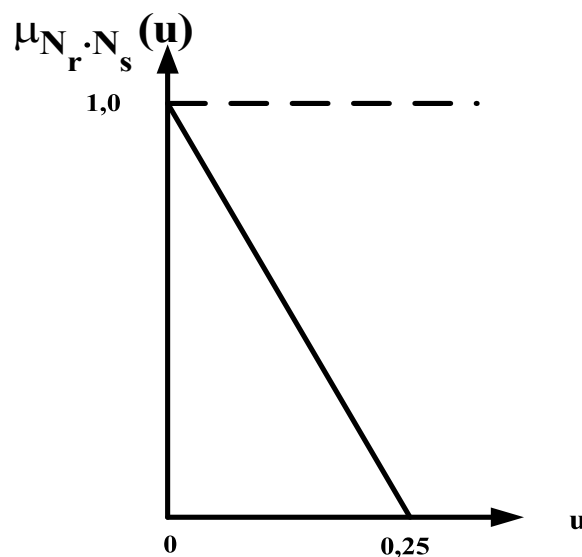


Рис. 5.25. Вид функції належності $\mu_{N_1 \cdot N_5}(u)$

У результаті розрахунків отримаємо

$$g(1,5) = \frac{0,0104}{0,125} \approx 0,08336.$$

Завдання

1. Використовуючи вхідні дані табл. 5.1, 5.2, розрахуйте “відстані” між зразками техніки.
2. Використовуючи як вхідні дані відстані між кластерами з табл. 5.3, застосуйте метод агломеративної кластеризації для визначення кластерів і формування попередньої множини прецедентів.
3. Керуючись схемою декомпозиції БЛА (рис. 5.3), розробіть схему декомпозиції за власним вибором.
4. Керуючись даними підрозд. 5.8, розробіть фрагмент векторного опису технічних характеристик об’єктів управління БЛА за власним вибором.
5. Для векторного опису БЛА, отриманого при виконанні завдання 4, розробіть лексикографічний опис так, як показано на рис. 5.8.
6. Керуючись переліком чинників ризику, наведеним в підрозд. 5.8, складіть перелік ризиків, істотних для вибраного Вами проекту.
7. Керуючись переліком робіт, наведеним у підрозд. 5.8, розробіть перелік робіт проекту з проектування СУ БЛА за власним вибором.
8. Використовуючи вхідні дані з табл. 5.6, розрахуйте функції належності лінгвістичних змінних.
9. Виконайте процедуру дефазифікації для даних табл. 5.7, 5.8, 5.9.
10. Для даних табл. 5.16 і рис. 5.21 розрахуйте оцінку реалізованості проекту.
11. Проаналізуйте розрахунки, наведені в підрозд. 5.7. Чим пояснюється зменшення реалізованості проекту порівняно з прикладом із підрозд. 5.6?

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Методологічні основи проектування складних технічних систем [Текст]: навч. посіб. / В.М. Ілюшко, І.П. Внуков, О.Б. Лещенко, І.О. Гончар. – Х: Харк.авіац. ін-т, 1998. – 72 с.
2. Методы проектирования [Электронный ресурс] / Материалы сайта: Современные вертолёты. Классификация, параметры, расчёты, проектирование. – Режим доступа: <http://www.remzal.org/metody-proektirovaniya/>.
3. Стрекалов, А.Ф. Менеджмент конкурентоспособности наукоёмкого производства [Текст] / А.Ф. Стрекалов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2006. – №2. – С. 3 – 7.
4. Месарович, М. Общая теория систем: математические основы [Текст]: пер. с англ. / М. Месарович, Я. Такахага; под общ. ред. С.В. Емельянова. – М.: Мир, 1978. – 312 с.
5. Демидов, Б.А. Программно-целевое планирование развития и научно-техническое сопровождение вооружения и военной техники [Текст]: учеб. пособие / Б.А. Демидов. Кн. 1, Х.: ХВУ, 1997. – 545 с.
6. Голубев, И.С. Проектирование конструкций летательных аппаратов [Текст]: учеб. для вузов / И.С. Голубев, А.В. Самарин. – М.: Машиностроение, 1991. – 512 с.
7. Рвачёв, В.А. Оптимальное определение целевых функций иерархических многоуровневых систем [Текст] / В.А. Рвачёв // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – №4 (38). – С. 57 – 60.
8. Программно-целевое планирование развития и научно-техническое сопровождение вооружения и военной техники [Текст]: учеб. пособие / Б.А. Демидов, М.М. Митрахович, М.И. Луханин, В.И. Коваленко, А.Ф. Величко; под общ. ред. Б.А. Демидова. Кн. 2. – Х.: ХВУ, 1997. – 472 с.
9. Петров, В.А. Планирование гибких производственных систем [Текст] / В.А. Петров, А.Н. Масленников, Л.А. Осипов. – СПб.: Машиностроение, 1995. – 182 с.
10. Многоверсионные системы, технологии, проекты [Текст]: моногр. / В.С. Харченко, В.Я. Жихарев, В.М. Ілюшко, Н.В. Нечипорук; под общ. ред. В.С. Харченко. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2003. – 486 с.
11. Методы и техника управления инновационными проектами [Электронный ресурс] / под ред. И.Л. Туккеля. – СПб.: Институт инноватики, 2005. – 23с. – Режим доступа: http://www.ii.spb.ru/2005/ins_inn_material/baza_2/methods_and_techncs.pdf.
12. Информационные технологии управления: учеб. пособие / под ред. Ю.М. Черкасова. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 216 с.
13. Егоров, С.Я. Автоматизированная информационная система поддержки проектных решений по компоновке промышленных объектов. Ч. 3 : Подсистема формирования и контроля ограничений [Текст] / С.Я. Егоров, К.А. Шаронин, К.В. Немтинов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. – №4. – С. 17 – 20.

14. Лазарев, В.Г. Проектирование дискретных устройств автоматики [Текст]: учеб. пособие / В. Г. Лазарев, Н. П. Маркин, Ю.В. Лазарев. – М.: Радио и связь, 1985. – 168 с.
15. Живицкая, Е.Н. Системный анализ и проектирование: консп. лекций [Электронный ресурс] / Е.Н. Живицкая. – Режим доступа: <http://victor-safronov.narod.ru/systems-analysis/lectures/zhivickaya/22.html>
16. Проектирование конструкций самолётов [Текст]: учеб. для вузов / Е.С. Войт, А.И. Ендогур, З.А. Мелик-Саркисян, И.М. Алявдин. – М.: Машиностроение, 1987. – 416 с.
17. Лысенко, М.А. Методики анализа и проектирования при построении корпоративных информационных систем [Электронный ресурс] // М.А. Лысенко, М.Г. Осипов // Материалы сайта: ERP-online. – Режим доступа: http://www.erp-online.ru/phparticles/show_news_one.php?n_id=19535.
18. Проектирование самолётов [Текст]: учеб. для вузов / С.М. Егер, В.Ф. Мишин, Н.К.Лисейцев и др.; под ред.С.М. Егера. – 3-е изд. – М.: Машиностроение, 1983. – 616 с.
19. Плякин, А.В. Системный анализ: метод. указания для студентов экономических и экологических специальностей [Текст] / А.В. Плякин. – Волгоград: Изд. Волгоградск. ун-та, 1999. – 24 с.
20. Горощенко, Б.Т. Эскизное проектирование самолёта [Текст] / Б.Т. Горощенко, А.А. Дьяченко, Н.Н. Фадеев. – М.: Машиностроение, 1970. – 332 с.
21. Автономов, В.Н. Создание современной техники: основы теории и практики [Текст] / В.Н. Автономов. – М.: Машиностроение, 1991. – 304 с.
22. Илюшко, В.М. Методы и модели управления государственными программами [Текст] / В.М. Илюшко, А.Д. Болгаров, Шейх Тарик Халаф // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – №2 (36). – С. 184 – 194.
23. Месарович, М. Теория иерархических многоуровневых систем [Текст]: пер. с англ. / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара; под общ. ред. И.Ф. Шахнова. – М.: Мир, 1973. – 344 с.
24. Автоматизированное проектирование и производство в машиностроении [Текст] / Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, А.Ф. Прохоров и др.; под общ. ред. Ю.М. Соломенцева, В.Г. Митрофанова. – М.: Машиностроение, 1986. – 256 с.
25. Прохоров, А.Ф. Системное проектирование технических средств [Электронный ресурс] /А.Ф. Прохоров // Автоматизация проектирования. – 1998. – №1. – Режим доступа: <http://www2.osp.ru/ap/1998/01/33.htm>.
26. Гольдштейн, Г.Я. Стратегические аспекты управления НИОКР [Текст]: моногр. / Г.Я. Гольдштейн. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. – 244 с.
27. Автоматизация поискового конструирования [Текст] / под. ред. А.И. Половинкина. – М.: Радио и связь, 1981. – 256 с.
28. Прохоров, А.Ф. Системное проектирование технологических машин [Текст] / А.Ф. Прохоров. – М.: МГТУ, 1994. – 56 с.

29. Вермишев, Ю.Х. Концепция синтеза технических решений [Текст] / Ю.Х. Вермишев // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2007. – №1. – С. 49 – 55.
30. Щеголь, В.А. Управління проектами створення космічної техніки нового покоління на основі компонентного підходу: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.22 / Щеголь Віктор Андрійович; Науково-дослідний технологічний ін-т приладобудування. – Х., 2009. – 20 с.
31. Маслянюк, П.П. Компонентні процеси системного проектування інформаційно-комунікаційних систем [Текст] / П.П. Маслянюк // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2008. – №2. – С. 112 – 121.
32. Материалы сайта компании «Hiles Group» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://hiles.com.ua/ru/designing>.
33. Материалы сайта компании «Мехатроника» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.mtron.ru/system/tehproekt.stm>.
34. Валькман, Ю. Р. Сравнительный анализ графических методов проектирования информационных систем [Электронный ресурс] / Ю. Р. Валькман, А. В. Ланбина, Е. В. Потапчук // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2010. – Вып. 52. – Режим доступа: http://www.nbuu.gov.ua/portal/natural/znpipm/2010_52/8.pdf.
35. Копченко, А. С. Использование проектно-процессного подхода в управлении девелоперской компанией [Электронный ресурс] / А.С. Копченко // Транспортное дело России. – 2008. – №1. – Режим доступа: http://www.morvesti.ru/archiveTDR/element.php?IBLOCK_ID=66&SECTION_ID=1350&ELEMENT_ID=2911.
36. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-99. Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств. – Взамен ИСО/МЭК 12207-95; введ. 01.07.2000. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 76 с.
37. Вендеров, А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем [Текст] / А.М. Вендеров. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 176 с.
38. Общесистемное проектирование АСУ реального времени [Текст] / С.А. Володин, А.Н. Макаров, Ю.Д. Умрихин, В.А. Фараджев; под ред. В.А. Шабалина. – М.: Радио и связь, 1984. – 232 с.
39. Буч, Г. Язык UML. Руководство пользователя [Текст] / Грейди Буч, Джеймс Рамбо, Айвар Джекобсон. — 2-е изд. — М., СПб.: ДМК Пресс, Питер, 2004. — 432 с.
40. Избачков, Ю. Информационные системы: учеб. для вузов [Электронный ресурс] / Ю. Избачков, В. Петров. – Режим доступа: <http://opensource.com.ua/contents/978546900641p.html>.
41. Репин, В.В. Сравнительный анализ нотаций ARIS/IDEF и продуктов, их поддерживающих (ARIS Toolset/BPWin) [Электронный ресурс] / В.В. Репин, материалы сайта консалтинговой компании ITeam. – Режим доступа: http://www.iteam.ru/publications/it/section_51/article_2518.
42. Плохов, С.С. Использование компонентного подхода для анализа и выбора архитектуры информационной управляющей системы

[Текст] / С.С. Плохов // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2006. – №2 (14). – С. 112 – 120.

43. Левин, М.Ш. Комбинаторное проектирование систем [Текст] / М.Ш. Левин // Автоматизация проектирования. – 1997. – Вып. 4. – С. 14 – 19.

44. Боткин, Ю.А. Интегрированная САПР и модульное проектирование [Текст] / Ю.А. Боткин, П.С. Голдовский // САПР и графика. – 2005. – №6. – С. 30 – 31.

45. Demes, G.H. The Engineering Design Research Center of Carnegie Mellon University [Текст] / G.H. Demes, S.J. Fenves, I.E. Grossmann, C.T. Hendrickson, T.M. Mitchell, F.B. Prinz, D.P. Sewiorek, E. Subrahmanian, S. Talukdar, A.W. Westerberg // Proc. Of the IEEE. – 1993. – Vol 81, № 1. – P. 10 - 23.

46. Gupta, A.P. On Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems [Текст] / A.P. Gupta, W.P. Birmingham, D.P. Siewiorek // Automating the Design of Computer Systems. IEEE Trans. – 1993. – Vol. 12, № 4.— P. 473 – 487.

47. Liebisch, D.C. JESSI COMMON FRAMEWORK Design Management – The Means to Configuration and Execution of the Design Process [Текст] / D.C. Liebisch, Jain A. // Proc. Of EURO DAC'92. Los Alamitos: CS Press. – 1992. – P. 552 - 557.

48. Harhalakis, G. Hierarchical Decision Making in Computer Integrated Manufacturing Systems [Текст] / G. Harhalakis, C.P. Lin, R. Nagi, J.M. Proth // Proc. Of the Third Int. Conf. on CIM. CS Press. – 1992. – P. 15 – 24.

49. Reddy, Y.V.R. Computer Support for Concurrent Engineering [Текст] / Y.V.R. Reddy, K. Srinivas, V. Jagannathan, R. Karinthi // Computer. – 1993. – Vol. 26, № 1. – P. 12 – 15.

50. Berman, O. Optimization Models for Reliability of Modular Software Systems [Текст] / O. Berman, N. Ashrafi // IEEE Trans. On Software Engineering. – 1993. – Vol. 19, № 11. – P. 1119 - 1123.

51. Sriram, D. Computer-Aided Cooperative Product Development [Текст] / D. Sriram, R. Logcher, S. Fukuda, eds. // LNCS. Springer-Verlag. – 1991. – Vol. 492.

52. Tsukune, H. Modular Manufacturing [Текст] / H. Tsukune, M. Tsukamoto, T. Matsushita, F. Tomita, K. Okada, T. Ogasawara, K. Takase, T. Yuba // Of Intel. Manufacturing. – 1993. – Vol. 4, № 2. – P. 163 - 181.

53. Федорович, О.Е. Методология создания распределённых иерархических систем управления на основе компонентного подхода [Текст] / О.Е. Федорович, Л.Д. Греков // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2007. – №2 (21). – С. 64 – 69.

54. Федорович, О.Е. Метод формирования множества компонент для повторного использования в проекте создания новой техники [Текст] / О.Е. Федорович, Ю.И. Сергеева, С.В. Сергеев // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2008. – №1 (28). – С. 182 – 186.

55. Павлов, А.И. Компонентный подход: модуль правдоподобного вывода по прецедентам [Текст] / А.И. Павлов, А.Ю. Юрин // Программные продукты и системы. – 2008. – №3. – С 55-58.

56. Дениэль, Ф. Интеграция пользовательских интерфейсов: проблемы, технологии и возможности [Электронный ресурс] / Флориан Дениэль, Мариселла Матера, Джин Ю, Булем Бенаталлах, Реджис Сен-Поль, Фабио Касати // Открытые системы. – 2007. – №6. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/2007/06/4339077/>.

57. Егоров, С.Я. Автоматизированная информационная система поддержки проектных решений по компоновке промышленных объектов. Часть 1: Аналитические и процедурные модели [Текст] / С.Я. Егоров, В.Г. Мокрозуб, В.А. Немтинов, И.В. Милованов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2009. – №4. – С. 3 – 11.

58. Евтушенко, Н. Д. Методология проектирования систем на кристалле. Основные принципы, методы, программные средства [Электронный ресурс] / Н. Д. Евтушенко, В. Г. Немудров, И. А. Сырцов // Электроника. – 2003. – №3. – Режим доступа: <http://www.masters.donntu.edu.ua/2007/fvti/smeshkov/library/source01.htm>.

59. Информационные технологии автоматизированного проектирования [Электронный ресурс] // Материалы сайта: Информационные технологии. – Режим доступа: http://technologies.su/informacionnye_tehnologii_avtomatizirovannogo_proektirovaniya.

60. IDEF-технологии и стандарты [Электронный ресурс] // Материалы сайта: Технология разработки программного обеспечения. - Режим доступа: <http://trprog.ru/ideftehnologii-i-standarti.html>.

61. Марка, Д. Методология структурного анализа и проектирования [Текст]: пер. с англ. / Дэвид Марка, Клемент МакГоуэн. – М.: МетаТехнология, 1993. – 240 с.

62. Методологии IDEF и ARIS [Электронный ресурс] // Материалы сайта консультационно-внедренческой фирмы: БИГ-Петербург. – Режим доступа: <http://www.big.spb.ru/support/>.

63. Краснухин, А. Методологии проектирования сложных изделий [Электронный ресурс] / А. Краснухин // Открытые системы. – 2003. – №6. – Режим доступа: http://citforum.univ.kiev.ua/consulting/articles/complex_project.

64. Егоров, С.Я. Автоматизированная информационная система поддержки проектных решений по компоновке промышленных объектов. Ч. 2: Структура и функционирование системы [Текст] / С.Я. Егоров, В.Г. Мокрозуб, В.А. Немтинов, М.С. Громов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. – №1. – С. 33 – 39.

65. Гайнутдинова, Т.Ю. Программный комплекс решения задач проектирования авиационных конструкций [Текст] / Т.Ю. Гайнутдинова // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2007. – №2. – С. 67 – 68.

66. Краюшкин, В.А. Система PLM – корпоративная информационная среда предприятия по автоматизации совокупности процессов проектирования, изготовления, сопровождения и утилизации

изделия [Текст] / В.А. Краюшкин, И.Е. Лешихина, М.А. Пирогова // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. – №1. – С. 3 – 23.

67. Филин, Г.С. Локальная информационная система календарного планирования производства группы сложных изделий машиностроения [Текст] / Г.С. Филин, М.С. Стенгач // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. – №3. – С. 17 – 25.

68. Цырков, А.В. Механизмы организационно-технологической поддержки комплексных проектов создания сложных технических систем [Текст] / А.В. Цырков, А.А. Островерх, М.А. Мокеев // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. – №4. – С. 9 – 17.

69. Тавер, Е.И. Анализ информации для установления показателей качества [Текст] / Е. И. Тавер // Управление качеством. —2006. – №12. – С. 46-50.

70. Мазур, И. И. Управление проектами [Текст] /И.И. Мазур, В.Д. Шапиро, Н.Г. Ольдерогге; под общ. ред. И. И. Мазур. – М.: Экономика, 2001. – 574 с.

71. Буш, Г.Я. Методы технического творчества [Электронный ресурс] // Г.Я. Буш. – Рига: Лиесма, 1972. – Режим доступа: <http://www.metodolog.ru/00937/00937.html>.

72. Балобанов, А.Е. Стратегическое планирование развития университета [Электронный ресурс] / А.Е. Балобанов, А.К. Ключев // Университетское управление: практика и анализ. – 2002. – №2. – Режим доступа: <http://www.umj.ru/index.php/pub/inside/293>.

73. Галицын, В.А. Оценка рыночной стоимости [Электронный ресурс] / В. А. Галицын, материалы сайта: Прогноз финансовых рисков. – Режим доступа: <http://www.bre.ru/risk/14385.html>.

74. Алгулиев, Р.М. Пути повышения точности методов оценки рисков информационной безопасности [Текст] / Р.М. Алгулиев, Я.Н. Имамвердиев, С.А. Деракшанде // Информационные технологии. – 2010. – №12. – С. 6 – 11.

75. Бушуева, Н.В. Оценка показателя VaR (Value at Risk, стоимость под риском) методом Монте-Карло [Текст] / Н.В. Бушуева // Управление риском. – 2010. – №2. – С. 43 – 54.

76. Недосекин, А.О. Нечётко-множественный анализ риска фондовых инвестиций [Текст]/ А.О. Недосекин. – СПб.: Сезам, 2002. – 181 с.

77. Авдеева, Е.С. Нечёткая модель SWOT-анализа для оценки рисков проекта внедрения КИС на предприятии [Текст] / Е.С. Авдеева, В.Г. Чернов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2010. – №12. – С. 46 – 54.

78. Латкин, М.А. Оценка уровня негативного воздействия проектных рисков [Текст] / М.А. Латкин // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2008. – №3 (30). – С. 88 – 92.

79. Муллахметов, Х.Ш. Оценка эффективности систем контроля [Текст] / Х.Ш. Муллахметов // Управление риском. – 2008. – №2. – С. 2 – 8.

80. Бендиков, М.А. Оценка реализуемости инновационного проекта [Текст] / М.А. Бендиков // Менеджмент в России и за рубежом. – 2001.— №2. – С. 27 - 43.
81. Ньюэлл, М. Стоимостные оценки проекта [Электронный ресурс] / Майкл Ньюэлл // Директор ИС. – 2002. – №2. – Режим доступа к журн.: <http://www.osp.ru/cio/2002/02/172066/>.
82. Скворцов, М.А. Модель организации и планирования конструкторских работ [Текст] / М.А. Скворцов, Д.Н. Елисеев, Г.В. Фисичев // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2006. – №4. – С. 37 – 43.
83. Яцкевич, А.И. Практика управления проектами на предприятиях машиностроения [Текст] / А.И. Яцкевич // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2006. – №1. – С. 3 – 10.
84. Колдовский, В. Разработка ПО: оценка результата [Электронный ресурс] / В. Колдовский // Компьютерное обозрение. - 21 сентября 2006. – Режим доступа к журн.: <http://itc.ua/node/25631>.
85. Сивец, С. Как сдать «экзамен совести» или О проблеме согласования результатов оценки [Электронный ресурс] / С. Сивец // Актуальные вопросы оценки бизнеса и имущественных прав: материалы Междунар. конф. 25-27 сентября 2003 г. – Алушта, 2003. – Режим доступа: <http://www.binfo.zp.ua/articles/22.shtml>.
86. Никитин, Н.В. Расчетно-логическая система исследования технической реализуемости вариантов кораблей и судов на стадии автоматизированного исследовательского проектирования [Текст] / Н.В. Никитин // Программные продукты и системы. – 1993. – №4. – С. 12 – 16.
87. Клир, Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач [Текст]: пер. с англ. / Дж. Клир. – М.: Радио и связь, 1990. – 544 с.
88. Болгаров, А.Д. Разработка формализованного описания структуры, содержания и процессов формирования и управления мегапроектом [Текст] / А.Д. Болгаров, Е.А. Дружинин, Е.А. Коврикова // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2007. – №3 (22). – С. 134 – 141.
89. Товб, А. Стандарт управления проектами уровня предприятия [Электронный ресурс] / А. Товб, Г. Ципес // Материалы сайта: Корпоративный менеджмент. – Режим доступа: <http://www.cfin.ru/management/practice/supremum2002/24.shtml>.
90. ГОСТ 34.601-90. Автоматизированные системы. Стадии создания. – Взамен ГОСТ 24.601-86; введ. 01.01.92. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 7 с.
91. Отраслевые решения SAP [Электронный ресурс] / Материалы сайта: SAP СНГ. – Режим доступа: <http://www.sap.com/cis/industries/index.epx>.
92. Буч, Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++ [Текст]: пер. с англ. / Гради Буч; под общ. ред. И. Романовского, Ф. Андреева. – 2-е изд. – М., СПб.: Бинум, Невский диалект, 1998. —560 с.

93. Вишневский, В.М. Теоретические основы проектирования [Текст] / В.М. Вишневский. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2003. – 512 с.
94. Иванов, А.Ю. Проектный подход, границы его применимости и возможности их расширения [Электронный ресурс] / А. Ю. Иванов, З. А. Кучкаров, М. Е. Степанов // Материалы сайта: Аналитический центр «Концепт». – Режим доступа: <http://www.acconcept.ru/publish/publications.php?id=1&num=56>.
95. Структура декомпозиции работ (WorkBreakdownStructure) [Электронный ресурс] // Материалы сайта: Корпоративный менеджмент. – Режим доступа: <http://www.cfin.ru/itm/project/wbs.shtml>.
96. Таран, С. KPI и BSC: факторы успешного применения // Материалы сайта: HR-портал [Электронный ресурс] / С. Таран. – 2003. – Режим доступа: <http://www.hr-portal.ru/node/506>.
97. Глущенко, И.И. Оценка эффективности системы управления инновационными проектами [Текст] / И.И. Глущенко // Менеджмент в России и за рубежом. – 2006. – №3. – С. 53 – 60.
98. Технологии инициирования и планирования проекта [Электронный ресурс] // Материалы сайта: ISO портал. – Режим доступа: <http://www.staratel.com/iso/Management/Article/TlandP/TlandP.htm>.
99. Булычёв, Н.Е. К вопросу о критериях декомпозиции бизнес-процессов [Электронный ресурс] / Н.Е. Булычёв. – 2003. – Режим доступа: <http://www.cfin.ru/forum/messages/2869/6358.unk>.
100. Карпов, Л.Е. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов [Электронный ресурс] / Л.Е. Карпов, В.Н. Юдин // Материалы Института системного программирования РАН. – 2007. – Режим доступа: <http://www.citforum.ru/consulting/BI/karpov/>.
101. Карпов, Л.Е. Методы добычи данных при построении локальной метрики в системах вывода по прецедентам / Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин // Институт системного программирования РАН. – 2006. – № 18. – Режим доступа к журн.: http://citforum.ru/consulting/BI/data_mining/.
102. Aamodt, A. Case-Based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches [Текст] / A. Aamodt, E. Plaza // AI Communications. – 1994. - Vol. 7, № 1. – P. 39 – 59.
103. Берман, А.Ф. Использование прецедентов для обоснования мероприятий по предотвращению отказов механических систем [Текст] / А.Ф. Берман, О.А. Николайчук, А.И. Павлов, А.Ю. Юрин // Искусственный интеллект. Одиннадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ – 2008: Материалы конф. Нац. науч. конф. 29 сентября – 3 октября 2008 г. – Дубки, 2008. – М.: Ленанд, 2008. – Т.2. – С. 106 - 113.
104. Трофимов, И.В. Планирование на базе рассуждений по прецедентам [Электронный ресурс] / И. В. Трофимов. 2007. – Режим доступа: <http://aicenter.botik.ru/planning/index.php?ptl=materials/071cbp.htm>.
105. Самоучитель по экспертным системам // Московский государственный университет [Электронный ресурс] // Материалы сайта

кафедры систем автоматизации проектирования МГСУ. – Режим доступа: <http://sapr.mgsu.ru/biblio/ex-syst/index.html>.

106. Юдин, А.Ю. Обоснование мероприятий по предотвращению отказов механических систем [Электронный ресурс] / А.Ю. Юдин, А.И. Павлов // Материалы сайта Института вычислительных технологий Сибирского отделения РАН. – Режим доступа: <http://www.ict.nsc.ru/ws/YM2003/6217/>.

107. Варшавский, П.Р. Реализация метода правдоподобных рассуждений на основе прецедентов для интеллектуальных систем поддержки принятия решений [Электронный ресурс] / П.Р. Варшавский // Десятая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ – 2006: материалы конф. Нац. науч. конф. 25-28 сентября 2006 г. – Обнинск, 2006. – Режим доступа: <http://www.raai.org/resurs/papers/kii-2006/>.

108. Методы классификации и прогнозирования. Метод опорных векторов. Метод "ближайшего соседа". Байесовская классификация [Электронный ресурс] // Материалы сайта: Интернет-Университет Информационных Технологий. – Режим доступа: http://www.intuit.ru/department/database/datamining/10/datamining_10.html.

109. Юдин, В.Н. Мера близости в системе вывода на основе прецедентов [Текст] / В.Н. Юдин // Сборник докладов 12-й Всероссийской конференции: Математические методы распознавания образов (ММО – 12). – М.: МАКС Пресс, 2005. – С. 241 – 244.

110. Варшавский, П.Р. Методы и программные средства поиска решения на основе аналогий в интеллектуальных системах поддержки принятия решений: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.11 / Варшавский Павел Романович; Московский энергетический институт (Технический университет). – М., 2005. – 20 с.

111. Некрасов, О. Б. Моделі, методи і технологія інформаційної підтримки процесів проектування й модифікації технічної продукції інформаційної підтримки процесів проектування та модифікації технічної продукції: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 0.513.06 / Некрасов Олександр Борисович; Херсонський нац. техн. ун-т. – Х., 2009. – 20 с.

112. Котов, А.С. Иерархическая теоретико-множественная модель задачи выбора технологического решения [Текст] / А.С. Котов, О.Ю. Шевченко // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – №1 (42). – С.149 – 153.

113. Лещенко, Ю.А. Применение теории прецедентов для решения задач управления качеством в приборостроительном производстве [Текст] / Ю.А. Лещенко, О.В. Малеева, А.Б. Лещенко // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2008. – №1 (28). – С. 132 – 138.

114. Глухов, В.В. Экономика знаний [Текст]: учеб. пособие для вузов / В.В. Глухов, С.Б. Коробко, Т.В. Маринина. – СПб.: Питер, 2003. – 530 с.

115. Яшина, Е.С. Планирование портфеля научно-технических проектов с использованием аналогичных технических и управленческих

решений [Текст] / Е.С. Яшина, Л.Н. Лутай // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – №3. – С.141 – 145.

116. Местецкий, Л.М. Математические методы распознавания образов: конспект лекций [Электронный ресурс] / Л.М. Местецкий, МГУ, 2002. – Режим доступа: http://www.ict.edu.ru/lib/index.php?a=elib&c=getForm&r=resDesc&d=light&id_res=4695.

117. Трофимов, И.В. Значимый контекст рассуждений в задаче планирования: эксперименты и перспективы [Текст] / И.В. Трофимов // Десятая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ – 2006: материалы конф. Нац. науч. конф. 25-28 сентября 2006 г. – Обнинск, 2006. — С. 700 — 708.

118. Трофимов, И.В. Планирование в средах с большим количеством объектов [Текст] / И.В. Трофимов // Международная научно-техническая конференция "Интеллектуальные системы" (AIS'05) и "Интеллектуальные САПР" (CAD-2005): сб. науч. тр. – М., 2005. – С. 276 – 282.

119. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности [Текст] / С.А. Айвазян. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 606 с.

120. Жамбю, М. Иерархический кластер-анализ и соответствия [Текст]: моногр. / М. Жамбю. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 342 с.

121. Выбор метода кластеризации [Электронный ресурс] / Материалы сайта: Market journal. – Режим доступа: <http://www.market-journal.com/marketingovyeissledovanija/209.html>.

122. Объект и признак [Электронный ресурс] / Материалы сайта: Биометрика. – Режим доступа: www.biometrica.tomsk.ru/cluster_2.htm.

123. Вырковский, А. Часовых дел мастер [Электронный ресурс] / А. Вырковский // Секрет фирмы. – 2005. – №10. – Режим доступа: <http://www.kommersant.ru/doc.aspx?fromsearch=9f2b8508-a59b-463f-93ec-a488d445a0a8&docsid=861714>.

124. Ньюэлл, М. Структура декомпозиции работ [Текст] / Майкл Ньюэлл // Директор ИС. – 2001. – №3. – С. 44 – 47.

125. Машиностроение. Энциклопедия. Проектирование конструкции и системы самолётов и вертолётов [Текст] / А.М. Матвеев, А.М. Акимов, М.Г. Акопов и др.; под общ. ред. А.М. Матвеев. – М.: Машиностроение, 2004. – Т. IV-21, Кн. 2. – 752 с.

126. Катренко, А.В. Дослідження операцій [Текст]: підручник / А.В. Катренко. – Л.: Магнолія – 2006, 2009. – 352 с.

127. Виленский, П.Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика [Текст]: учеб. пособие / П.Л. Виленский, В.Н. Лившиц, С.А. Смоляк; Ин-т системного анализа РАН, Центральный экономико-математический ин-т РАН, Академия народного хозяйства. – 2-е изд. – М.: Дело, 2002. – 888 с.

128. Латкин, М.А. Оценка длительности и стоимости проектов с учётом негативного воздействия рисков [Текст] / М.А. Латкин,

В. М. Илюшко // *Авиационно-космическая техника и технология.* – 2008. – №3. – С. 94 – 98.

129. Филин, С. Неопределённость и риск. Место инновационного риска в классификации рисков [Текст] / С. Филин // *Управление риском.* – 2000. – №4. – С. 25 – 30.

130. Романов, В. Рискообразующие факторы: характеристика и влияние на риски [Текст] / В. Романов, А. Бутуханов // *Управление риском.* – 2001. – №3. – С. 10 – 12.

131. Nedosekin, A. Fuzzy Financial management [Текст]: monogr. / Alexey Nedosekin. – Moscow: AFA Library, 2003. – 184 с.

132. Демидов, Б.А. Методический подход к оцениванию риска модернизации образцов вооружения и военной техники в условиях нестохастической неопределённости [Текст] / Б.А. Демидов, М.В. Науменко, О.А. Хмелевская // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи.* – 2009. – №3. – С.127 – 135.

133. Силаков, А.В. Анализ ценовых факторов при оценке товарных рисков промышленного предприятия на примере текстильного производства [Текст] / А.В. Силаков, А.В. Силаков // *Управление риском.* – 2007. – №2. – С. 4 – 10.

134. Секерин, А.Б. Нечётко-множественная модель управления риском экономической несостоятельности производственного предприятия [Текст] / А.Б. Секерин, С.П. Строев, В.Д. Селютин // *Управление риском.* – 2008. – №2. – С. 28 – 35.

135. Курчеева, Г.И. Анализ рисков малого предприятия с учётом состояния отрасли [Текст] / Г.И. Курчеева, Л.Н. Стребкова // *Управление риском.* – 2007. – №3. – С. 21 – 25.

136. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений [Текст]: пер. с англ. / Л. Заде; под ред. Н.Н. Моисеева, С.А. Орловского. – М.: Мир, 1976. – 166 с.

137. Пивкин, В. Я. Нечёткие множества в системах управления [Текст]: метод. пособие / В. Я. Пивкин, Е. П. Бакулин, Д. И. Кореньков; под общ. ред. Ю. Н. Золотухина. – Н.: Новосибирский гос. ун-т, 1995. – 42 с.

138. Гладков, В.Ю. Об использовании аппарата нечетких множеств и теории возможностей для оценки качества строительства автомобильной дороги [Электронный ресурс] / В.Ю. Гладков // *Дороги и мосты: сб. утв. ФГУП РОСДОРНИИ 01.01.2006.* – М.: Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). – 2006. – Вып. 16/2. – Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data1/48/48877/index.htm>.

139. Линцова, Ю. А. Управление рисками инвестиционных проектов судоходных компаний [Текст] / Ю. А. Линцова // *Управление риском.* – 2007. – №1. – С. 33 – 35.

140. Основы теории нечётких множеств. Нечёткие числа и операции над ними [Электронный ресурс] / Материалы сайта: Интернет-Университет Информационных технологий. – Режим доступа: http://www.intuit.ru/department/ds/fuzzysets/7/fuzzysets_7.html.

141. A Guide to the project management body of Knowledge (PMBOK® Guide) [Текст] / Project Management Institute, Inc. - Fourth Edition. – 2008. - 459 p.
142. Щеголь, В.А. Риски в инновационных проектах создания космической техники [Текст] / В.А. Щеголь, Е.В. Коновалова // Авиационно-космическая техника и технология. – 2008. – №5 (52). – С. 96 – 98.
143. Проектирование конструкций самолётов [Текст]: учеб. для вузов / Е.С. Войт, А.И. Ендогур, З.А. Мелик-Саркисян, И.М. Алявдин. – М.: Машиностроение, 1987. – 416 с.
144. Дюбуа, Д. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике [Текст]: пер. с фр. / Д. Дюбуа, А. Прад. – М.: Радио и связь, 1990. – 288 с.
145. Житомирский, Г.И. Конструкция самолетов [Текст]: учеб. для вузов / Г.И. Житомирский. – М.: Машиностроение, 1991. – 400 с.
146. Блюмин, С.Л. Модели и методы принятия решений в условиях неопределённости [Текст]: моногр. / С.Л. Блюмин, И.А. Шуйкова. – Липецк: ЛЭГИ, 2001. – 138 с.
147. Розанова, Е. Управление рисками – начинаем и выигрываем [Электронный ресурс] / Е. Розанова // Материалы сайта: Energy Consulting. - Режим доступа: <http://www.ec-group.ru/press/press/detail.php?ID=247>.
148. Методы оценки риска инновационных проектов [Электронный ресурс] / Материалы сайта: Market journal. – Режим доступа: <http://www.market-journal.com/ekonomikaupravlenija/58.html>.
149. Отрасль: промышленные предприятия [Электронный ресурс] // Материалы сайта финансово-страхового консультанта: «Планета страхования». Режим доступа: <http://www.i-planet.ru/index/corporate/departments/making/>.
150. Адамчук, Н. Управление риском на предприятии и страхование [Текст] / Н. Адамчук, Д. Алёшин // Управление риском. – 2001. – №1. – С. 32 – 39.
151. Цветкова, Л. И. Методологические основы управления инвестиционными рисками [Текст] / Л. И. Цветкова, В. В. Иванов // Управление риском. – 2004. – №4. – С. 55 – 63.
152. Ребрин, Ю.И. Основы экономики и управления производством [Текст]: консп. лекций / Ю.И. Ребрин; Таганрогский гос. радиотехнический ун-т. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. – 145 с.
153. Иванько, А.Ф. Автоматизация проектирования систем и средств управления [Текст]: учеб. пособие / А.Ф. Иванько, М.А. Иванько, В.Г. Сидоренко, Г.Б. Фалк. – М.: Изд-во МГУП, 2001. – 148 с.
154. ГОСТ 15.101.98. Система разработки и поставки продукции на производство. Порядок выполнения научно-исследовательских работ. – Взамен ГОСТ 15.101-80; введ. 01.07.2000. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 11 с.

Навчальне видання

Федорович Олег Євгенович

Яшина Олена Сергіївна

Лутай Людмила Миколаївна

**ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ АРХІТЕКТУРИ
ІНФОРМАЦІЙНИХ УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМ**

Редактор Т.Г. Кардаш

Зв. план, 2012

Підписано до друку 22.08.2012

Формат 60x84 1/16. Папір. офс. №2. Офс. друк

Ум. друк. арк.7.1. Обл.-вид. арк. 8. Наклад 300 пр.

Замовлення 210. Ціна вільна

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

<http://www.khai.edu>

Видавничий центр «ХАІ»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

izdat@khai.edu

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001