

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

ВАСИЛЬЄВ Олександр Олександрович

УДК 004.4+004.03:69

**МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ЗАСОБИ СТВОРЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ
ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ В БУДІВНИЦТВІ НА ОСНОВІ РОЗВИТКУ
КОНЦЕПЦІЇ «КОНФІГУРАТОРІВ»**

Спеціальність 05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі інформаційних технологій Київського національного університету будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Задоров В'ячеслав Борисович,
Київський національний університет
будівництва і архітектури
Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри інформаційних технологій

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Оксіюк Олександр Глібович,
Київський національний університет
імені Тараса Шевченка
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри кібербезпеки та захисту інформації

кандидат техн. наук, доцент
Січко Тетяна Василівна,
Вінницький національний аграрний університет
Міністерства освіти і науки України,
доцент кафедри економічної кібернетики

Захист відбудеться « 28 » травня 2015 р. о 12⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.056.01 при Київському національному університеті будівництва і архітектури за адресою: 03680, м. Київ, Повітрофлотський просп., 31, ауд. 466.

З дисертацією можна ознайомитись в науково-технічній бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою: 03680, м. Київ, Повітрофлотський просп., 31.

Автореферат розісланий « 24 » квітня 2015 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
доктор технічних наук, професор

С.В.Цюцюра

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. Специфіка інформатизації в будівництві визначається суттєвими особливостями галузі, як складного інвестиційно-будівельного комплексу, значним впливом держави на створення та регулювання системи норм і правил; особливостями будівель та споруд, наявністю складних виробничих та управлінських систем, що взаємодіють на протязі життєвого циклу підготовки, будівництва та експлуатації будівель та споруд. Інформаційні технології, що розробляються та впроваджуються в будівництві, мають функціональні та структурні ознаки, що відображують специфіку галузі. На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій з'являються можливості для створення більш гнучких комплексних інтелектуальних інформаційних систем (ІІС) інформаційних технологій задач моделювання процесів підготовки будівництва вимагає пошуку нових шляхів створення більш ефективних методів, моделей і засобів системної їх інтеграції та гнучкої структуризації. Інтегрування і структурування складних багатофункціональних програмних комплексів з підготовки будівництва для різних фаз життєвого циклу створення і експлуатації будівель і споруд вимагають нових підходів. Взаємозалежність вирішення проблем конфігурування комплексів програм для вирішення функціональних задач підготовки будівництва вимагає підвищення інтелектуальності інформаційних технологій в будівництві за рахунок розвитку концепції конфігурування складних програмних комплексів. Підтримка високої конкурентоспроможності учасників життєвого циклу створення і експлуатації будівель і споруд можлива за рахунок створення та розвитку в структурі їх інформаційної системи підсистеми інформаційного моделювання ієрархічної варіантної бази моделей будівельних процесів для моделювання ефективних планових рішень. Таким чином, дисертаційна робота, присвячена вирішенню розглянутих проблем, є актуальною і безпосередньо належить до наукової спеціальності – інформаційні технології.

Зв'язок роботи з актуальними програмами, планами, темами. Дана робота відповідає напрямку удосконалення підходу щодо створення сучасних інформаційних технологій з підготовки та управління будівництвом в проектно-будівельних організаціях, що посідає значне місце у Державній стратегії регіонального розвитку на період до 2015 року, затвердженій розпорядженням Кабінету Міністрів України від 28.08.2012 № 627-р. відповідно до цілей і пріоритетів розвитку економіки, визначених у Державній програмі економічного і соціального розвитку України на 2012 рік та основних напрямках розвитку на 2013 і 2014 роки.

Дисертаційна робота пов'язана з дослідженнями Київського національного університету будівництва і архітектури, м. Київ, за темою «Створення системи перевірки ступеню унікальності наукових робіт» (державна реєстрація 0114U000126, 2014р.), у межах якої автор є співвиконавцем окремих розділів і застосовує розроблені в дисертації методи, моделі та засоби.

Мета дослідження. Створення нових методів, моделей та засобів конфігурування сучасних інтелектуальних ІС в будівництві на основі варіативного моделювання функціональних структур ієрархічних інформаційних моделей.

Об'єкт дослідження. Інформаційні технології конфігурування та аналітично-імітаційного моделювання інформаційних систем у будівництві.

Предмет дослідження. Методи, моделі та засоби створення інформаційних систем у будівництві.

Методи дослідження. Теорія системного аналізу та синтезу об'єктів комп'ютеризації для дослідження існуючих рішень, систематизації і постановки проблеми, мови інформаційного і математичного моделювання та програмування для створення авторської мови, метод об'єктно-орієнтованого програмування для забезпечення гнучкості опису логіки та залежностей між модулями авторської мови, методи імітаційного моделювання для оцінки та вибору квазіоптимальної стратегії підходу до зведення будівельного об'єкту, метод аналізу ієрархій для формування переліку конфігурацій та їх властивостей, які найбільше задовольняють користувача в умовах конкретних ситуацій.

Завдання дослідження. В рамках мети дослідження необхідно:

- проаналізувати проблеми створення інтегрованих інформаційних систем з підготовки будівництва, існуючі конфігуратори інформаційних систем, приклади технологій на базі цифрової моделі об'єкта будівництва, існуючі розробки в напрямку інтеграції інформаційних моделей об'єктів будівництва;
- запропонувати концепцію конфігуратора побудови моделей інформаційної системи, що враховує специфіку будівництва на передпроектній та проектній стадії створення готового будівельного продукту;
- розробити інформаційну модель об'єкту будівництва та мову програмування та імітаційного моделювання для інтеграції та агрегування функціонально спрямованих програмних продуктів в рамках запропонованої базової ІС підготовки будівництва;
- вдосконалити метод створення інтелектуальних інформаційних систем в будівництві на базі конфігуратора, ядром якого є авторська мова;
- створити та експериментально перевірити засоби конфігурування інформаційних систем в будівництві.

Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає в розробці моделей і методів створення інтелектуальних інформаційних систем в будівництві, а саме у тому, що на основі багатофункціональної *абстрактної інформаційної моделі об'єкта будівництва (АІМО)* створена мова програмування і моделювання будівельних технологій АІМО, яка є ядром розробленого конфігуратора нової, запропонованої автором, архітектури.

Вперше:

- розроблена архітектура і структурна модель конфігуратора інтелектуальних інформаційних систем в будівництві з трьома паралельно функціонуючими частинами (конфігуруючої системи, аналітичної системи модельної конфігурації і конфігурованої системи), що дозволяє ефективно поєднувати програмні компоненти у єдине ціле у відповідності з вимогами користувача;
- запропонована багатофункціональна *абстрактна інформаційна модель об'єкта будівництва* та створена мова програмування і моделювання будівельних технологій АІМО, яка об'єднує можливості мов імітаційного

моделювання складних процесів і універсальних мов програмування та відрізняється сфокусованістю на задачах повного циклу будівництва, що дозволяє отримати найбільш ефективний процес програмування і моделювання, генерування варіантів об'ємно-планувальних, конструктивних і організаційно-технологічних рішень, їх оцінки та вибору в системі підготовки і будівництва.

Отримав подальший розвиток метод об'єктно-орієнтованого програмування, використаний для формування ієрархічної структури мовних конструкцій АІМО, який відрізняється тим, що доданий процес інстанціювання в контексті мови АІМО, як перехідна ланка між компіляцією та імітаційним моделюванням, що дозволяє розгортати відношення в ієрархії і відношення вміщення вузлів ієрархічної структури у повну систему.

Вдосконалено:

- модель аналізу і комплексної оцінки проектних рішень в системі підготовки і управління будівництвом, яка відрізняється гнучкістю і дозволяє точно прораховувати варіанти і приймати обґрунтовані рішення;
 - модель оптимізації головної функції імітаційного моделювання віртуальної машини АІМО, яка адаптована під АІМО, відрізняється точністю та дозволяє отримувати оптимальні результати;
 - систему обліку ризиків при виконанні моделювання цільових процесів будівництва, яка відрізняється тим, що адаптована під АІМО та дозволяє детально і гнучко описувати додаткові умови;
 - метод створення інтелектуальних інформаційних систем в будівництві, який відрізняється тим, що базується на використанні конфігуратора, ядром якого є мова АІМО, що дозволяє об'єднувати в одне ціле програмні компоненти і забезпечувати потреби користувачів у сконфігурованій системі з використанням мови АІМО як засобу інтеграції програмних компонент з високою швидкістю виконання.
- Практичне значення одержаних результатів.** Проект і базова реалізація інструментальної ІТ, та мова АІМО, використана в експериментальному програмному продукті РМВ (the Patterns-maker of Building) з використанням створеного *конфігуратора інформаційних технологій в будівництві* (КІТ-Б) має широкі можливості у вирішенні задач підготовки будівництва.

Розроблені в дисертаційній роботі методи, моделі та засоби побудови ІС в будівництві були використані для проведення багатокритеріальної оптимізації і для подальшого обрання на підставі моделей оптимальних варіантів рішень будівельних об'єктів з економічним ефектом близько 200 тис. грн. за рахунок ефективного використання людських ресурсів на об'єкті будівництва інвестиційно-будівельної компанії «Центробуд» (Акт №309 від 15.12.2014).

За допомогою системи моделювання на мові АІМО була сформована ієрархічна модель об'єкту будівництва компанії «Черкасиміськбуд» з реорганізацією процесу будівництва (Акт №171 від 19.12.2014).

На основі концепції конфігураторів та системи моделювання на мові АІМО була розроблена інструментальна ІТ, використана для створення та вибору моделей будівництва та прийняття на підставі цих моделей

організаційних рішень щодо виконання робіт на об'єктах компанії «Грандбуд» у найкоротші терміни з оптимальними значеннями обраних критеріїв (Акт № 35 від 16.12.2014).

Особистий внесок здобувача. Всі основні результати дисертаційної роботи отримані автором особисто. Внесок автора в праці, написані у співавторстві, конкретизовано у списку публікацій.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати роботи доповідались та обговорювались на: IX Міжнародній науково-технічній конференції «Новітні комп'ютерні технології (NOCOTE'2011)» (Київ – Севастополь, 2011р.); Міжнародних наукових конференціях «Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2013 та ISDMCI'2014)» (Євпаторія, 2013 р. і Залізний Порт, 2014 р.); Другій і Третій міжнародних науково-практичних конференціях «Сучасні інформаційні системи і технології (AIST–2013 р. і AIST–2014 р.)» (Суми, 2013 і 2014); Міжнародній науково-практичній конференції «Математичне моделювання процесів в економіці і управлінні інноваційними проектами (ММП–2013)» (Алушта, 2013 р.); Дев'ятій конференції «Математичне моделювання і інформаційні технології» (Одеса, 2009); а також на наукових конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів КНУБА (Київ, 2007р. і 2010р.).

Публікації. За ініціативи автора опубліковано 7 наукових праць, що відображають основні результати роботи, з них: 1 – наукова стаття у міжнародному виданні; 5 – наукових статей у фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз; 6 – тез доповідей на міжнародних наукових конференціях; 1 – тези доповіді на науково-практичній конференції; 4 – доповіді на науково-практичних конференціях.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається з переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 107 найменувань на 10 сторінках (з них 24 англійською мовою) та 7 додатків на 34 сторінках. Основний зміст викладений на 147 сторінках роботи машинописного тексту. Робота містить 57 рисунків і 23 таблиці. Загальний обсяг – 242 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність теми дисертаційної роботи, формулюється мета, об'єкт, предмет, методи, задачі дослідження, визначається наукова новизна і практична значимість отриманих результатів, особистий внесок та результати апробації здобувача.

У першому розділі представлені результати аналізу проблеми створення інтегрованих ІС з підготовки будівництва. На сьогодні не існує інформаційних систем і технологій, в яких би комплексно вирішувалися всі питання оптимізації витрат ресурсів і часу в будівництві відповідно до вимог часу.

В результаті проведених досліджень виявлено, що проблеми інтеграції функціонально-орієнтованих прикладних промислових інструментальних програмних продуктів з підготовки будівництва обумовлюють висновок, що створення сучасних інтелектуальних комп'ютерних інформаційних технологій і на їх основі ефективно функціонуючих бізнес-систем повинно базуватися на

поєднанні концепції розвитку засобів циклічного аналізу функціонування бізнес-систем і програмних засобів та концепції синтезу програмних продуктів, що забезпечують ефективне функціонування бізнес-систем. Одним з таких підходів є концепція *конфігуратора*.

Проаналізовані існуючі визначення конфігуратора, які частково описують це поняття, та існуючі конфігуратори реальних ІС, їх складові і режими роботи. Констатується відсутність чіткого визначення загальної структури конфігураторів. Проведено дослідження методів, моделей і способів реалізації концепції конфігураторів. Запропонована класифікація конфігураторів за рівнем складності, виділені і проаналізовані два основні підходи до створення масштабного конфігуратора, що задовольняє вимоги до сучасних інтелектуальних ІТ для складних бізнес-систем.

Розглянута цифрова модель об'єкта (ЦМО) або Building Information Model (BIM) як підхід до управління життєвим циклом створення і експлуатації будівель і споруд. Проаналізовані приклади найбільш потужних технологій, що базуються на BIM та отримали суспільне визнання. BIM має дві головні переваги перед іншими підходами: дозволяє автоматично виконувати аналіз проекту і моделювати процеси, а також підтримує розподілені групи даних, тому можна ефективно їх використовувати впродовж всього життєвого циклу будівлі, що виключає надмірність, повторне введення і втрату даних.

Аналіз існуючих розробок в напрямку інтеграції інформаційних моделей об'єктів будівництва та програмних продуктів, які створюють технологічні лінії проектування та управління будівництвом, показує, що актуальним є подальший пошук рішень, оснований на ефективному структуруванні знань та даних. Проведено дослідження методів, моделей і способів структурного моделювання, теорії мереології і таксономії ієрархій для обрання правил і концепцій оперування даними з метою інтеграції функціонально-спрямованих ІС з підготовки будівництва на основі концепції конфігураторів. Підходи обробки текстів, в основі яких лежить таксономічне відношення *частина-ціле*, відповідають відношенням у інформаційних моделях предметної області підготовки і управління будівництвом. Структурна мереологічна ієрархія є однією з ключових частин моделі даних та знань з теми інтеграції програмних компонент з підготовки та управління будівництвом. Оцінюючи сучасні досягнення області технологічного планування і управління проектів найбільш відповідним елементом можна вважати структуру декомпозиції робіт (Work Breakdown Structure – WBS), що відповідає ієрархічним принципам мереології, прикладом для дослідження методів, моделей і способів структурного моделювання об'єктів і процесів предметної області підготовки будівництва, способів планування і технологічного моделювання. Визначені основні підходи до імітаційного моделювання будівельного виробництва, констатується, що серед способів опису моделей імітаційного моделювання саме використання мов моделювання забезпечує найбільшу гнучкість, і таким чином можна задовольнити вимоги імітаційного моделювання предметної області автора. Найбільш широко використовувані в даний час мови імітаційного моделювання і інструментальні засоби, що їх реалізують, підрозділяються на

три великі групи: мови імітаційного моделювання безперервних динамічних систем, мови імітаційного моделювання дискретних систем, мови імітаційного моделювання просторово-часових процесів.

Проведений якісний аналіз ризиків будівельного проекту і аналіз сучасних методів кількісного аналізу ризиків і моделювання. Виділено метод моделювання Монте-Карло, що є поєднанням методів аналізу чутливості і аналізу формулювано задачу розвитку концепції конфігураторів для поєднання різнопланових компонент ІС області підготовки та управління будівництвом у єдине ціле і отримання цілісного блоку компонент, що задовольняють вимогам конкретної конфігурації, а також створення нових методів, моделей та засобів обробки і зберігання даних у інформаційній моделі об'єкта, яка названа автором – *Абстрактна інформаційна модель об'єкта (АІМО)*, отже створення мови програмування і моделювання задач повного циклу будівництва АІМО.

У другому розділі описана створена мова моделювання повного циклу будівництва АІМО. Концепція інформаційного моделювання об'єктів і процесів повного циклу будівництва включає чотири основні ієрархії вкладення в інформаційній моделі об'єкту будівництва: об'ємно-планувальну, конструктивну, технологічну і організаційну, що перетинаються. За допомогою цих ієрархій можна задати об'єкт будь-якої складності при використанні інших, допоміжних систем і ієрархій. Перетинання ієрархій дозволяє забезпечити властивості інформаційної моделі будівельного об'єкту, які раніше не зустрічалися в такому вигляді. Ієрархічні інформаційні моделі враховують таксономічні зв'язки між рівнями різних ієрархій та відношення мереології.

Основою архітектури створеної інформаційної технології з підготовки будівництва та управління будівельним виробництвом на основі концепції конфігураторів є ЦМО або BIM — інформаційна модель будівлі.

Базуючись на стандарті *SWEBOK (Software Engineering Body of Knowledge)* автором було розроблено принципову схему конфігуратора, який складається з трьох частин: системи, яка піддається конфігурації (конфігурованої системи); системи, яка визначає конфігурацію (аналітичної системи модельної конфігурації); та системи, яка виконує конфігурування (конфігуруючої системи). Як найбільш ефективна модель реалізації конфігуратора був обраний підхід до створення конфігуратора у розподіленні по розміщенню і реалізації, оскільки для складних змінюваних систем найважливішим критерієм є можливість вибору оптимального використання математичного методу аналізу ієрархій у конфігуруючій системі як інструменту для формування переліку конфігурацій та їх властивостей, які найбільше задовольняють користувача в умовах конкретних ситуацій.

Процес підбору конфігурацій може бути поділений на *простий* або *одинарний процес підбору конфігурацій*, тобто процес підбору оптимального одинарного програмного компоненту, та *складений процес підбору конфігурацій*, тобто процес підбору множини програмних компонентів.

Наведене математичне представлення використання методу аналізу ієрархій для вибору компонентів конфігуруючої підсистеми інтегрованої інформаційної системи підготовки будівництва. Математично пакет

програмного забезпечення представляється як множина P компонентів програмного забезпечення (1):

$$\text{Пакет} = P(PZ_1, PZ_2, PZ_3, \dots, PZ_N). \quad (1)$$

Головна функція генерації групи пакетів $F_{\text{ПАК.ГЕНЕР.}}$ базується на наборі вхідного програмного забезпечення (2) і (3):

$$\text{Пакети} = P(\text{Пакет}_1, \text{Пакет}_2, \text{Пакет}_3, \dots, \text{Пакет}_N), \quad (2)$$

$$\text{Пакети} = F_{\text{ПАК.ГЕНЕР.}}(\text{Пакет}_1, \text{Пакет}_2, \text{Пакет}_3, \dots, \text{Пакет}_N). \quad (3)$$

Глобальні ваги альтернатив знаходяться методами дистрибутивного, ідеального та мультиплікативного синтезів, які підтримуються конфігураційним декомпозицію критеріїв підбору портфелю програмних компонентів для прикладу комплексу функціональних задач з підготовки будівництва на передпроектному етапі інвестиційної оцінки будівельного проекту розроблена концепція мови АІМО. Принципи побудови АІМО: моделювання ієрархічної структури будівельних процесів, ведення і розвиток кошторисно-виробничої нормативної бази будівельних процесів, формування організаційно-технологічних моделей зведення об'єктів будівництва, ресурсний аналіз нормативів будівельних процесів і моделей АІМО, оцінки і порівняння моделей АІМО, формування, аналіз, оцінювання календарних планів, моніторинг ходу виконання планових завдань зі зведення об'єктів. Мова АІМО складається з компілятора, віртуальної машини або засобу моделювання та візуалізації. Мова АІМО – це мовна технологія моделювання складних процесів і універсальних мов програмування, базується на гнучкому підході до опису предметної області на базі таксономічної і мереологічної ієрархій, і дозволяє описати: статичні моделі – опис конструктивів (будівель, фрагментів), опис ресурсів та динамічні моделі – опис технології зведення конструктивів. Складові дані та знання можна поділити на скомпільовану і модельовану частину. Головна задача компілятора АІМО – перетворити вихідний код конструктивних і технологічних моделей, а також ресурсів у ієрархічну структуру даних. Використовується принцип ООП для формування ієрархічної структури. Базовим елементом ієрархічної структури є вузол *Node*. Наведений опис алгоритму ініціалізації модельованої частини мови АІМО, що означає створення необхідних об'єктів, які приймають участь у імітаційному моделюванні – мереологічної ієрархії, виходячи з інформації, заданої у скомпільованій частині мови АІМО множинами зв'язків, полів та логіки коду. Множина зв'язків (*relations*): $Rel = (Rel_h, Rel_c)$, де Rel_h – відношення в ієрархії, що дозволяють задавати таксономічну ієрархію, Rel_c – відношення вміщення, що дозволяють задавати мереологічну ієрархію. Відношення в ієрархії і відношення вміщення характеризуються аксіомами: відношення в ієрархії формуються механізмом наслідування класів, відношення вміщення реалізуються завдяки опису класу або простору імен.

АІМО підтримує різні підтипи вузлів, основними з яких є конструктивні, технологічні та ресурсні вузли. Кожен з підтипів вузлів має додаткові елементи у множинах полів, логіки коду і множинах зв'язків, які зумовлені специфікою

конкретного підтипу вузла.

В конструктивних вузлах можна задавати довільну кількість атрибутів. За умовчанням вузли мають поля площі та об'єму. Ресурсні вузли мають передвстановлене поле вартості одиниці ресурсу, а кожен організаційно-технологічний вузол характеризується зв'язком з конструктивним вузлом, організацію і технологію створення якого він описує.

Процес інстанціювання. Інстанціювання є перехідною ланкою між компіляцією і імітаційним моделюванням і призначене для розгортання відношення в ієрархії Rel_h та відношення вміщення Rel_c у повну систему.

У термінах об'єктно-орієнтованого програмування процес інстанціювання схожий на процес створення екземплярів класу, при якому ініціалізуються дані для поточного класу і ланцюжка батьківських класів: $Inst = Instantiate(N)$, де *Instantiate* – головна функція інстанціювання (мається на увазі розгортання відношень: побудування по шаблону класу екземпляра об'єкта), $Instantiate = (Instantiate_{Node^1}, Instantiate_{Node^2}, \dots, Instantiate_{Node^N})$, N – множина вузлів (*Node*) та підтипів.

Імітаційне моделювання віртуальної машини АІМО реалізує процес оцінки та вибору квазіоптимальної стратегії підходу до зведення будівельного об'єкту та детального плану будівництва або окремих його складових з оцінками строків, обсягів ресурсів, бюджету, ризиків тощо.

Для формалізації імітаційного моделювання ПЦБ або його складових введемо такі позначення (4):

$$F(F_{o1}, F_{o2}, \dots, F_{on}) \rightarrow \min, \quad (4)$$

F – головна функція оптимізації (комбінований критерій), F_{oi} – функції-критерії оптимізації, $i = \overline{1, n}$, $F = \sum_{i=1}^n F_{oi} k_i$, де k_i – вага кожного критерію.

Прикладами критеріїв оптимізації ПЦБ є мінімізація потреби у фінансових потоках, матеріальних, трудових ресурсах, час виконання робіт.

Система також дозволяє задавати користувацькі критерії, що виникають при виконанні робіт ПЦБ, наприклад, пріоритет використання певних ресурсів. Конструктивні і організаційно-технологічні ієрархічні моделі проекту будівництва забезпечують такі дані:

1. $IR_{w_{ij}}$ – інтегральна потреба i -ї роботи у j -му ресурсі (в одиницях), $1 \leq i \leq N_w$ (N_w – кількість робіт, загальна), $1 \leq j \leq N_R$ (N_R – кількість ресурсів, загальна). Загальна кількість робіт може значно перевищувати кількість робіт, описаних на мові АІМО, оскільки АІМО дозволяє багаторазово використовувати фрагменти і шаблони конструктивних і організаційно-технологічних ієрархій, які на даному етапі розгортаються у плоску (не ієрархічну) множину атомарних робіт.

2. LW_i – множина обмежень i -ї роботи ($1 \leq i \leq N_w$), $LW_i = (LW_{iTimeMin}, LW_{iTimeMax}, LW_{iTimeStart} \dots)$, де $LW_{iTimeMin}$ – обмеження для i -ї роботи, а

саме, її мінімальна тривалість, $LW_{iTimeMax}$ – обмеження для i -ї роботи, її максимальна тривалість, $LW_{iTimeStart}$ – директивне обмеження для часу початку i -ї роботи.

3. LW_{ij} – множина обмежень відношень пари i -а робота, j -а робота (обмеження може включати довільну кількість робіт – не тільки пару) $1 \leq i \leq N_w, 1 \leq j \leq N_w$, $LW_{ij} = (LW_{ijOrder}, LW_{ijAlter}, \dots)$, $LW_{ijOrder}$ – обмеження порядку слідування робіт i та j (початок однієї роботи вимагає закінчення іншої, одночасність робіт, тощо), $LW_{ijAlter}$ – можливість альтернативності робіт i та j . АІМО дозволяє задавати альтернативні роботи з гнучкою системою пріоритетів функція імітаційного моделювання (5):

$$M_{Res} = M(IRW_{ij}, LW_i, LW_{ij}, LSR_i, LSC, \dots), \quad (5)$$

де LSR_i – множина обмежень потоку i -го ресурсу ($1 \leq i \leq N_R$), LSC – множина обмежень потоку фінансування $M_{Res} = (RW_{ij}(t), Ts_i, TFi, \dots)$, $RW_{ij}(t)$ – інтенсивність споживання j -го ресурсу (в одиницях) у момент часу t у рамках i -ї роботи, Ts_i – розрахунковий час початку i -ї роботи, TFi – розрахунковий час закінчення i -ї роботи. Інтенсивність споживання j -го ресурсу (в одиницях) у момент часу t у рамках i -ї роботи $RW_{ij}(t)$ – одна з основних компонент вихідних даних функції імітаційного моделювання, яка забезпечує повну загальну інформацію щодо використання ресурсів кожної роботи у рамках модельованої структури ПЦБ або його складових. Як вихідні дані функція імітаційного моделювання видає конкретизовану модель виконання робіт ПЦБ або його складових з визначеними значеннями часу початку і закінчення кожної роботи поряд з іншими даними. Отримані дані можуть бути надалі представлені у табличній, графічній, ієрархічній формі. Відображення у ієрархічній формі забезпечується за рахунок здатності АІМО пов'язувати результуючі дані моделювання з вихідними даними.

Обмеження потоку ресурсів: $LSR_i = (LSR_{i1}, LSR_{i2}, \dots, LSR_{iNo})$, N_o – кількість обмежень, $LSR_{ij} = (t_s, t_f, S_{Max}, \dots)$, $1 \leq i \leq N_R$, $1 \leq j \leq N_o$, t_s – час початку обмеження, t_f – час кінця обмеження, S_{Max} – ліміт обмеження (інтегральний, за період).
Перевірка критерію (для обмеження наявного обсягу j -го ресурсу):

$$\sum_{i=1}^{N_w} \int_{t_s}^{t_f} RW_{ij}(t) dt \leq LSR_{jk}$$
, це заданий інтегральний графік поставок матеріальних ресурсів, у користувачькому представленні можна задати складову залишків ресурсів на початок періоду, $1 \leq i \leq N_w$, $1 \leq j \leq N_R$, $1 \leq k \leq N_o$.

Обмеження потоку фінансування: $P_i(t)$ – вартість одиниці i -го ресурсу у момент часу t , $1 \leq i \leq N_R$, або одинице-дня, якщо це людський чи машинний ресурс.

Критерій: $\sum_{i=1}^{N_W} \sum_{j=1}^{N_R} R_{w_{ij}}(t) \cdot P(t) \leq LSc_k(t)$, $1 \leq i \leq N_W$, $1 \leq j \leq N_R$, $1 \leq k \leq N_{Sc}$, де

$LSc_k(t)$ – функція обмеження потоку фінансування для часу t , N_{Sc} – кількість обмежень потоку фінансування.

Система розраховує інтенсивність фінансування як суму інтенсивностей усіх робіт, які виконуються у даний момент часу. Інтенсивності робіт обчислюються як добуток інтенсивності споживання j -го певного ресурсу (в одиницях) у момент часу t в рамках i -ї роботи $R_{w_{ij}}(t)$ на вартість одиниці ресурсу $P_i(t)$ у момент часу t . АІМО дозволяє задавати довільне правило формування вартості ресурсів в залежності від часу.

Критерії оптимізації. АІМО підтримує широкі можливості завдання критеріїв оптимізації, які можуть формуватися на основі будь-яких даних, доступних в рамках імітаційного моделювання. Нижче наведені основні наперед визначені критерії.

Потоки ресурсів. Мінімізація пікового значення: $Max \Big|_{t=0}^{Maxt} \left(\sum_{i=1}^{N_W} R_{w_{ij}}(t) \right) \rightarrow \min$

для j -го ресурсу, $Maxt$ – повний час моделювання, $1 \leq j \leq N_R$. Критерій може широко використовуватися у випадках завдання користувачем обмежень постачальників, складів, логістики у забезпеченні ресурсами робіт ПЦБ.

Стабільність потоку: $Max \Big|_{t=0}^{Maxt} \left(\sum_{i=1}^{N_W} R_{w_{ij}}(t) \right) - Min \Big|_{t=0}^{Maxt} \left(\sum_{i=1}^{N_W} R_{w_{ij}}(t) \right) \rightarrow \min$.

Критерій може бути корисним для забезпечення рівномірності споживання ресурсів, що є важливим для логістики підприємства.

Оптимізація по часу. Основною оптимізацією по часу є оптимізація загального часу виконання комплексу робіт (зведення об'єкту, його окремих частин тощо): $Maxt \rightarrow \min$, $Maxt$ – повний час моделювання.

Мінімізація тривалості для певної роботи: $T_{F_i} - T_{S_i} \rightarrow \min$, $1 \leq i \leq N_W$, T_{S_i} – час початку i -ї роботи, T_{F_i} – час закінчення i -ї роботи. Даний критерій є гнучким механізмом формування особливих обмежень користувача, які визначаються внутрішніми або зовнішніми чинниками підприємства.

Оптимізація по інтегральній кількості ресурсів: $\sum_{i=1}^{N_W} \int_{t_S}^{t_F} R_{w_{ij}}(t) dt \rightarrow \min$

для j -го ресурсу $1 \leq j \leq N_R$, t_S , t_F – час початку і кінця періоду оптимізації.

Оптимізація по інтегральним фінансовим затратам за певний період:

$\sum_{i=1}^{N_W} \sum_{j=1}^{N_R} \int_{t_S}^{t_F} R_{w_{ij}}(t) \cdot P_j(t) dt \rightarrow \min$, $P_j(t)$ – вартість одиниці j -го ресурсу у момент

часу t , $1 \leq i \leq N_W$, $1 \leq j \leq N_R$, t_S , t_F – час початку і кінця періоду оптимізації.

Оптимізація по інтегральній кількості ресурсів та оптимізація по інтегральним фінансовим затратам за певний період є альтернативами

оптимізації по інтенсивності потоку споживання ресурсів, що дозволяє користувачеві формувати особливі обмеження на тривалий період часу.

Для оптимізації головної функції імітаційного моделювання віртуальної машини АІМО використовується динамічне програмування.

При виконанні імітаційного моделювання конструктивно-технологічних моделей, написаних на мові АІМО, використовується загальний метод динамічного програмування поряд з методом розгалужень і обмежень, оснований на принципі лавиноподібного розгалуження згідно з принципом Беллмана, а також метод імітаційного моделювання Монте-Карло.

Мова АІМО забезпечує гнучку систему обліку та врахування ризиків при моделюванні організаційно-технологічних рішень виконання цільових комплексів будівельних робіт, яка дозволяє формувати всі вихідні дані у вигляді розподілів вірогідностей і отримувати інтегрований аналіз та фінальні результати. Ризики можуть аналізуватися окремо, по групах або повністю всі. Після моделювання можуть бути набуті значення критеріїв оцінки ризику – вартості, термінів тощо. Удосконаленням є адаптація під АІМО, більш детальний, точний опис ризиків. АІМО дозволяє гнучко описувати додаткові умови, які неможливо описати в інших середовищах з більш жорсткими правилами опису розглянуті алгоритми імітаційного моделювання, що використовуються віртуальною машиною АІМО. Наведено порівняння АІМО з класичною структурою декомпозиції робіт WBS. Моделі АІМО, на перший погляд, являють собою WBS, оскільки в ієрархічному вигляді описують технології зведення будівельного об'єкта. Проте, однією з ключових конкурентних переваг АІМО є наявність «розумної» декомпозиції з перерахунком графіка робіт для оптимізації планування для поточного рівня деталізації технологічного дерева. Висока гнучкість АІМО і можливість виходу за рамки «WBS 100% rule» обумовлює те, що ієрархію АІМО неможливо однозначно відобразити за допомогою діаграм і графіків відображення робіт, а також з допомогою класичних методів моделювання складних систем, оскільки модель АІМО не має фіксованої структури. Структура видозмінюється залежно від контексту і міри декомпозиції, і класичними методами і моделями може бути переданий лише «знімок» певного стану структури АІМО. Тому, для повного використання можливостей АІМО при описі моделей необхідно користуватися мовою АІМО, тоді як для завдання спрощених або обмежених моделей АІМО використовується небагато інших мов програмування. Мова АІМО забезпечує гнучкості опису логіки та залежностей між модулями. Існує аналогія між екземпляром класу в С++ і модельованим вузлом АІМО. Певним недоліком реалізації АІМО можна вважати дещо повільнішу продуктивність у порівнянні з С++. Перевагою мови АІМО є сфокусованість на задачах ПЦБ, що дозволяє отримати найбільш ефективний процес програмування і моделювання, а також те, що реалізація в АІМО дозволяє виконувати зберігання і операції з динамічною логікою в безпечнішому вигляді, оскільки об'єктна модель модельованого вузла АІМО забезпечує інтерфейс і контроль доступу.

В третьому розділі описане проектування інтегрованих ІС з підготовки будівництва із застосуванням конфігураційного управління. Розробка

конфігуратору інформаційних технологій у будівництві (КІТ-Б) – *Configurator of IT – the Patterns-maker of Building (C-IT PMB)* здійснена відповідно до розділу *Configuration Management* стандарту *SWEBOK*.

Основні цілі КІТ-Б: підвищення рівня якості інформаційної технологічності конфігурованих ІТ за рахунок підвищення інтелектуальності програмних продуктів, забезпечення ефективної інтеграції програмних продуктів для вирішення задач проектування, підготовки будівельних проектів, і управління будівництвом. Узагальнена схема функціональної структури

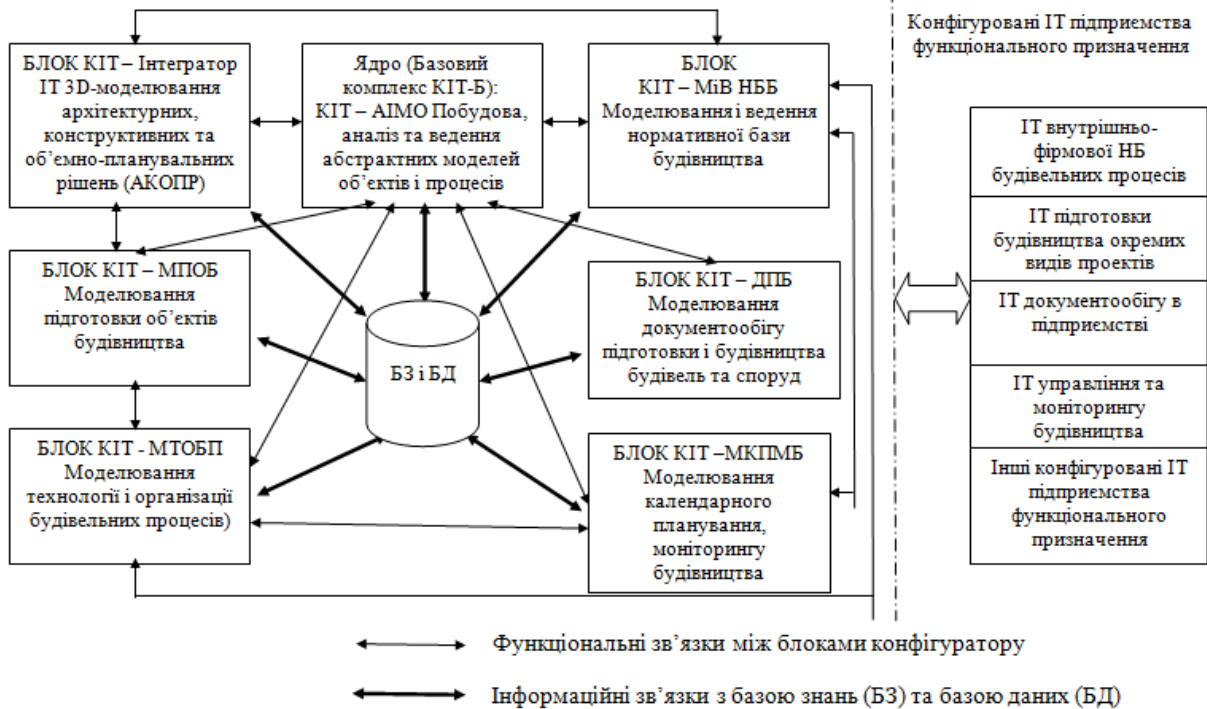


Рис. 1. Функціональна структура КІТ-Б

На основі розвитку концепції конфігураторів створюється прикладна інструментальна інформаційна технологія для вирішення задач організаційно-технологічної підготовки в будівництві РМВ, ядром якої є мова АІМО.

Схема роботи мови АІМО на стадії підготовки будівництва показана на рис. 2.



Рис. 2. Схема роботи мови АІМО на стадії підготовки будівництва
В системі РМВ є три головні ролі, під які може конфігуруватися система:

автор, адміністратор, користувач. РМВ у розгорнутому варіанті складається з декількох основних частин: РМВ – сервер, РМВ – клієнт, додаткові складові.

Складові РМВ-сервера, який виконує ключові функції: менеджер компонентів (база компонентів), менеджер конфігурацій, менеджер білінга, менеджер статистики, менеджер контролю якості, менеджер службових і загальних сервісів. Трьома основними ключовими елементами, що беруть участь у моделюванні, є технології, конструктив і ресурси, кожен з яких має свої принципи оптимізації. Прогресивніші способи опису формальних мов є опис в нотації Бекуса – Наура (БНФ, Backus–Naur form), яка є набором «продукцій», що відповідають зразку: <символ> ::= <вираз, що містить символи>, де вираз, що містить символи – це послідовність або послідовності символів, розділених вертикальною рискою |, що повністю перелічують можливий вибір символів з лівої частини формули. Опис мови АІМО в нотації БНФ наведено в додатку Б.

До алфавіту мови АІМО можна віднести літери латинського алфавіту, ключові слова, арифметичні оператори, а також спеціальні символи. Список ключових слів мови: namespace – опис простору імен; construction – опис конструктиву; technology – опис технології; resource – опис ресурсів; inparam – опис вхідних параметрів; instance – опис екземпляру конструкції; default – опис блоку коду за умовчанням; param – опис параметрів; resourceusage – використання ресурсів; for – цикл з лічильником; while – цикл з умовою; if та else – умовні оператори. У роботі обґрунтовані основні поняття (сутності), використані для побудови АІМО, здійснено їх аналіз та опис.

Сутності, призначені для зберігання структури об'єкта. *ObPlanNode* (об'ємно-планувальний вузол) – базова сутність, яка дозволяє зберігати об'ємно-планувальну структурну ієрархію. *ConstrNode* (конструктивний вузол) – базова сутність, яка дозволяє зберігати конструктивну структурну ієрархію. *BlockContent* – сутність, що належить конструктивному вузлу. В АІМО введено поняття конструктивного будівельного блоку, що забезпечує класифікацію і розділення конструктивних даних. Сутність *BlockContent* дозволяє зберігати дані по конкретному блоку. *BlockConstraint* – сутність, що дозволяє задати прив'язку блока конструктивного вузла до іншого конструктивного вузла. *ObPlanConstrLink* – сутність, що дозволяє зв'язати вузли об'ємно-планувальної ієрархії з вузлами конструктивної. Зв'язок відбувається шляхом завдання масиву об'ємно-планувальних вузлів і масиву конструктивних вузлів, що в нього входять. *ObPlanConstrLink2* – ця сутність забезпечує зворотній зв'язок, коли батьківські і дочірні вузли міняються місцями.

Сутності, призначені для зберігання плану робіт. *Work* – базова сутність, яка дозволяє зберігати структурну ієрархію робіт. *Event* – подія. *WorkRequiredInfo* – ці сутності дозволяють задати набір конструктивних вузлів, які мають бути завершені до того, як буде виконуватися дана робота. *WorkDoingInfo* – ці сутності дозволяють задати набір конструктивних вузлів, над якими власне виконується робота. *CustomProperties* – сутність, що дозволяє зберігати будь-яку кількість будь-яких параметрів. *PropertyItem* – сутність, що визначає опис параметра. *RawData* – сутність, що дозволяє зберігати *сирі дані*, по суті, набір байт. *Об'єднуюча сутність.* *VIMRootNode* – головна (коренева) сутність АІМО.

Віртуальна машина мови АІМО виконує задачу імітаційного моделювання підготовки і управління будівельним об'єктом, що дозволяє отримати план, строки виконання робіт та повну картину будівництва, а також виконати оптимізацію за певними критеріями. Трьома основними ключовими елементами, що беруть участь у моделюванні, є технології, конструктив і ресурси, кожен з яких має свої критерії оптимізації. Схема роботи віртуальної маш:



Рис. 3. Схема роботи віртуальної машини мови АІМО

Розроблені інформаційна і логічна модель АІМО, діаграма розгортання системи на цільових персональних комп'ютерах та схема роботи користувача з системою. В роботі описана організація тезауруса предметної області. Кожен термін означає клас елементів предметної області. Елемент може бути частиною іншого елемента або складатися з елементів нижчого рівня. Такі зв'язки є мереологічними (типу «ціле — частина»). Між класами можуть існувати також таксономічні та класифікаційні зв'язки (ієрархія класів). Надане таке спрощене визначення статті тезауруса для терміна у формі Бекуса–Наура як структури ролі (оврама фрейму) предок: <ідСуперКласу> нащадки: <ідПідкласу>+ [власники: <ідКласуВласника>+] структура <атрибут>+) <атрибут> ::= <роль>:<ідКласуАтриб><домен><обмеження> [необов'язкове] ;

Автором було розроблене візуальне інтегроване середовище розробки (Integrated Development Environment – IDE) (рис. 4). Середовище АІМО IDE дозволяє у зручному форматі писати код опису моделей на мові АІМО і переглядати результати компіляції та імітаційного моделювання у візуальному представленні.

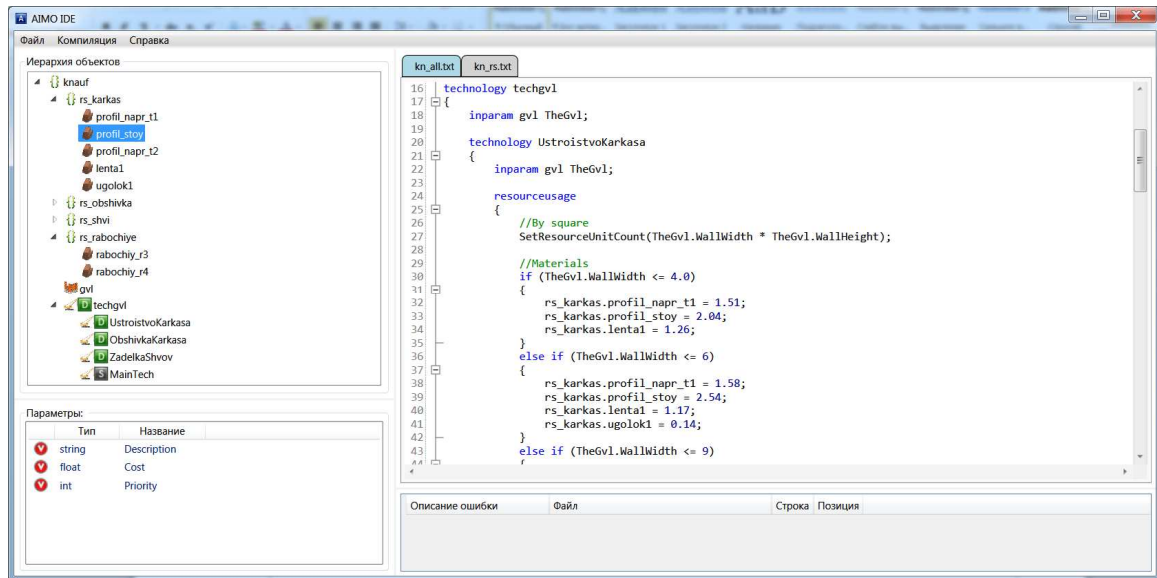


Рис. 4. Головне вікно AIMO IDE

В четвертому розділі описана розробка і тестування базової версії інтегрованої ІС з підготовки будівництва на прикладі вирішення окремих задач моделювання всіх етапів технології зведення гіпсокартонних перегородок Knauf та моделювання виконання робіт для умовного будівельного об'єкту. В роботі наведений приклад опису технології зведення перегородок Knauf на мові AIMO. Неформальний опис ієрархії типів перегородок Knauf разом з іншими поняттями будівництва (TunC361, TunC362, TunC363, TunC365, TunC366, TunC367, TunC111, TunC112, TunC113, TunC115.1, TunC115.2, TunC116, TunC118)

Опис понять перегородок Knauf типу C361 у табличній формі наведений у додатку В.

Для демонстрації можливостей розроблена модель на мові AIMO, яка наочно демонструє такі можливості завдання моделей: формування ієрархічної моделі конструктиву будівлі (у даній моделі задана об'ємно-планувальна ієрархія); формування ієрархічної моделі технології будівлі, прив'язаної до об'ємно-планувальної ієрархії (у даній моделі задані опоряджувальні роботи); формування переліку використовуваних ресурсів, людських і матеріальних; гнучке завдання вище описаних ієрархій; класифікаційні і структурні ієрархії, і результат їх пересічення; мінімізацію дублювання інформації. Продемонстровані такі можливості моделювання віртуальної машини: гнучкий вплив на кінцевий результат моделювання властивостей структурної ієрархії та на моделювання пріоритетів ресурсів з оптимізацією, виходячи з вартостей; вибір найбільш відповідних ресурсів з ряду альтернатив; гнучка система оптимізації при моделюванні, як приклад – орієнтація на досягнення мінімальних результатів при мінімальному витраті. у такому вигляді: кошторис в табличному вигляді з повним переліком споживаних ресурсів і їх описом (вартість, ціна); графіки інтегральної і виробничої потреби використовуваних ресурсів; перегляд розрахованих робіт у вигляді лінійного ієрархічного графіка за допомогою зовнішнього інструменту (в роботі – програми, розробленої автором (рис. 5)); потреби в тих або інших ресурсах прямо пропорційні розмірам структури, і подібна залежність є базовим функціоналом в AIMO. Проте, AIMO

дозволяє програмувати довільні залежності використання ресурсів від будь-яких властивостей структурної ієрархії.

Оптимізація відбувається в рамках, окреслених при описі елементів моделі (мінімальний і максимальний час робіт, критерії пріоритетів, обмеження тощо). В дисертаційній роботі наведений опис порівняння мови КАРТС і мови АІМО на прикладі технології часткового зведення цоколю 5-поверхової будівлі. На мові АІМО опис конструктивної і технологічної ієрархій технології має значно більший розмір внаслідок ряду чинників: концептуально мова АІМО закладає принципи розгорнутого завдання ієрархій для досягнення спрощення процесу формування логіки конструктивної і технологічної ієрархій для об'єктів, у тому числі для об'єктів з високою мірою параметризації умовних елементів; докладне завдання конструктивної і технологічної ієрархій дозволяє гнучко управляти процесами; процес формування логіки простий, мова гнучка, і навіть процеси з високою мірою параметризації можуть бути задані з високою мірою наочності; також переслідується мета дотримуватися стандартів насиченості вихідного тексту популярних мов програмування (С#, Java), що дозволяють описувати контрольовані системи великих розмірів.

В роботі наведений аналіз результатів моделювання реального будівельного об'єкту на мові АІМО. Розроблена система інтерактивного моделювання, метою якої є демонстрація можливостей мови АІМО для завдань стратегічного і оперативного аналізу технологій, підтримки інтерактивного підходу до формування і модифікації конструктивних і технологічних елементів поряд зі збереженням гнучкості мови програмування.

Послідовність роботи з системою інтерактивного моделювання включає такі елементи: розробка базової логіки конструктивних і технологічних елементів на мові АІМО, тобто формування ключових елементів конструктивно-технологічних карт KNAUF; компіляція і підготовка до моделювання, а саме формування компілятором АІМО конструктивно-технологічної моделі на базі текстового коду; інтерактивне моделювання. Мова АІМО може працювати як у циклічному, так і інтерактивному режимі (рис. 5), останній є більш ефективним, адже дозволяє прискорити ітерацію моделювання за рахунок більш швидкого виконання операцій інтерактивного моделювання, об'єднаних у замкнений цикл операцій.

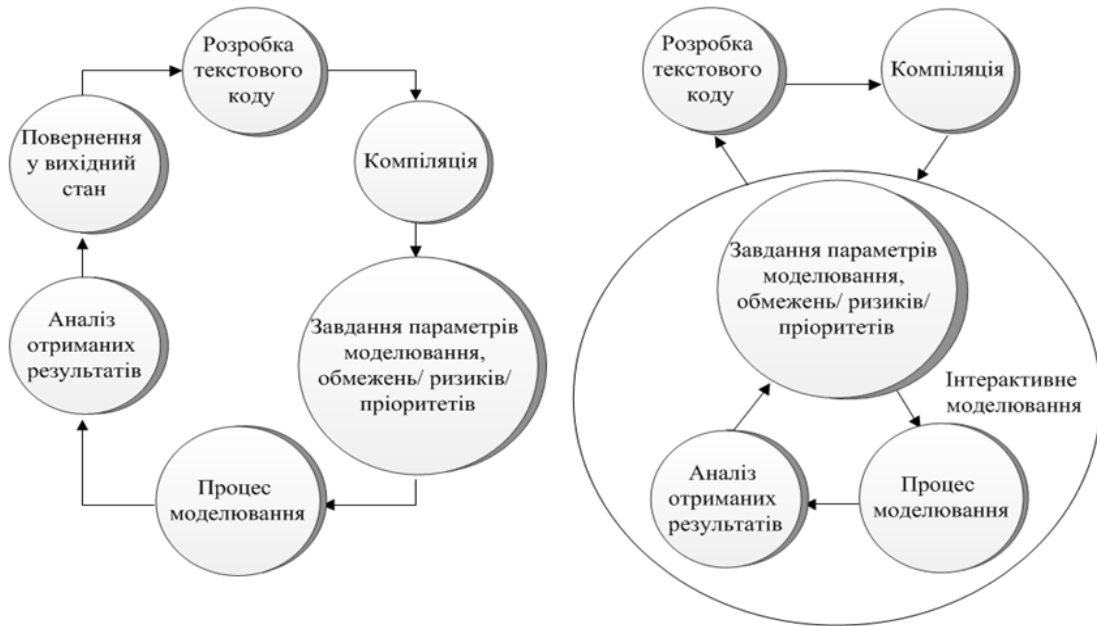


Рис. 5. Імітаційне моделювання в мові АІМО в циклічному та в інтерактивному режимі

На рис. 6 показана візуалізація перегородки KNAUF C361, представлений фрагмент плану об'єкту будівництва.

Спеціальна система візуалізації дозволяє у інтерактивному режимі формувати логіку роботи технологічних карт, динамічно змінювати і варіювати вхідні і вихідні дані елементів, переглядати кошториси та графіки потреб, виконуючи інтерактивне моделювання. На кресленнях показана каркасна будівля вільного планування з колонами усередині. Встановлюються стінові гіпсокартонні перегородки. Модуль побудови календарних планів робіт, потреби в ресурсах створює конкретні плани і графіки поставок ресурсів для менеджерів робіт. Система забезпечує стикування різних модулів та прискорення роботи в цілому.

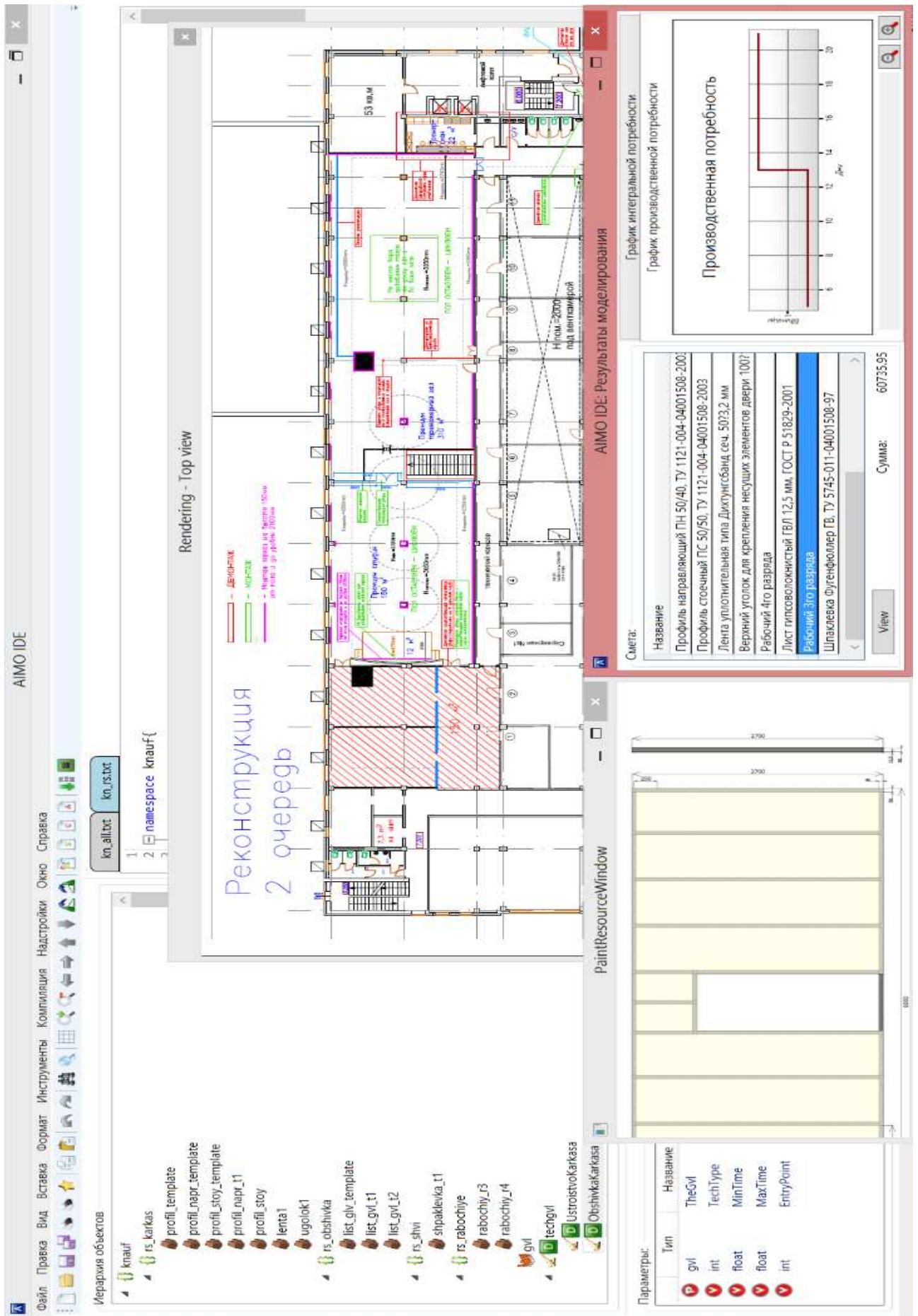


Рис. 6. Интерфейс режима интерактивного моделирования в среде AIMO IDE

ВИСНОВКИ

В дисертації вирішена актуальна науково-прикладна задача розробки методів, моделей та засобів створення інтелектуальних ІС в будівництві на основі розвитку концепції «конфігураторів», запропонована багатофункціональна *абстрактна інформаційна модель об'єкта (АІМО)* та створена мова програмування і моделювання будівельних технологій АІМО, яка є ядром розробленого конфігуратора нової архітектури.

В роботі були отримані такі наукові та практичні результати:

1. Проаналізовані проблеми інтеграції функціонально-орієнтованих прикладних промислових інструментальних програмних продуктів з підготовки будівництва, структура існуючих конфігураторів інформаційних систем, цифрова модель об'єкта як підхід до управління життєвим циклом створення і експлуатації будівель і споруд, існуючі розробки в напрямку інтеграції інформаційних моделей об'єктів будівництва та різних програмних продуктів, які створюють технологічні лінії проектування та управління будівництвом; теорії мереології і таксономії ієрархій для обрання правил і концепцій оперування даними, основні підходи до імітаційного моделювання будівельного виробництва. За результатами аналізу встановлено актуальність розробки нових методів, моделей та засобів для створення, зберігання та обробки баз даних і знань щодо інтерфейсів підключення зовнішніх компонент, а також обробки, зберігання та створення даних у абстрактній інформаційній моделі об'єкта будівництва. ~~Вивчена~~ ~~створена~~ ~~схема~~ ~~архітектури~~ ~~сучасних~~ ~~інтелектуальних~~ ~~інформаційних~~ ~~систем~~ ~~в~~ ~~будівництві~~ ~~на~~ ~~базі~~ ~~запропонованої~~ ~~концепції~~ ~~конфігуратора~~ ~~з~~ ~~трьома~~ ~~паралельно~~ ~~функціонуючими~~ ~~частинами~~ (конфігуруючої системи, аналітичної системи модельної конфігурації і конфігурованої системи), що дозволяє забезпечити ефективну інтеграцію існуючих програмних продуктів для вирішення задач проектування, підготовки ~~та управління будівництвом~~ *інформаційна модель об'єкту* будівництва та створена мова програмування і моделювання будівельних технологій АІМО, яка дозволяє генерувати варіанти об'ємно-планувальних, конструктивних і організаційно-технологічних рішень, здійснювати їх оцінку та вибір в системі підготовки і управління будівництва, та відрізняється сфокусованістю на задачах повного циклу будівництва, що дозволяє отримати найбільш ефективний процес програмування і моделювання, і наочно демонструє такі можливості завдання моделей: формування ієрархічної моделі конструктиву будівлі (об'ємно-планувальної ієрархії), формування ієрархічної моделі технології будівлі, прив'язаної до об'ємно-планувальної ієрархії, формування переліку використовуваних ресурсів, гнучке завдання класифікаційних і структурних ієрархій, мінімізацію дублювання інформації.

4. Вдосконалений метод створення інтелектуальних інформаційних систем в будівництві, який відрізняється тим, що базується на концепції конфігуратора, ядром якого є мова АІМО, і дозволяє поєднувати програмні компоненти інформаційної системи у будівництві для отримання цілісного блоку у відповідності з вимогами користувача, та зберігати і обробляти дані в універсальному форматі мови АІМО.

5. Мова АІМО використана в експериментальному програмному продукті РМВ (the Patterns-maker of Building), який розроблений з вдосконаленням методу конфігураторів, з використанням створеного конфігуратора інформаційних технологій в будівництві (КІТ-Б), що дозволило створити проект і базову реалізацію інструментальної інформаційної технології для демонстрації можливостей у вирішенні задач організаційно-технологічної підготовки в будівництві. При цьому продемонстровані такі можливості моделювання віртуальної машини АІМО: гнучкий вплив на кінцевий результат моделювання властивостей структурної ієрархії; гнучкий вплив на кінцевий результат моделювання пріоритетів ресурсів поряд з оптимізацією виходячи з вартостей; вибір найбільш відповідних ресурсів з ряду альтернатив; гнучка система оптимізації при моделюванні, як приклад – орієнтація на досягнення цілей дисертаційної роботи в умовах бюджетних обмежень будівництва інвестиційно-будівельної компанії «Центробуд», будівельних компаній «Черкасиміськбуд» і «Грандбуд».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у зарубіжних виданнях:

1. Vasyliiev O. Language of Building Processes Modeling АІМО (Abstract Information Model of Object), as a Basis of Configurator [Електронний ресурс] / Oleksandr Vasyliiev // International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering (IJIRCCE). – December 2014. – Vol. 2, Issue 12. – P. 7107-7115. – Режим доступу: http://ijircce.com/upload/2014/december/2_Language.pdf. [Міжнародні наукометричні бази (МНБ): Google, ResearchBib, Index Copernicus, DOAJ, DRJI тощо].

Статті у фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз:

2. Задоров В. Б. Інтеграція інформаційних моделей в проектуванні та управлінні будівництва на основі узагальненого формату знань та даних [Текст] / В. Б. Задоров, О. О. Васильєв // Управління розвитком складних систем. – 2011. – Вип. 5. – С. 52 – 60. [МНБ: Ulrich's, Index Copernicus, BASE].

Особистий внесок здобувача: принципова схема зв'язків між об'ємно-планувальним, конструктивним, технологічним і організаційним проектуванням, багатofункціональна абстрактна інформаційна модель об'єкта (АІМО), аналіз та опис її сутностей.

3. Задоров В. Б. К развитию концепции «конфигураторов» для построения архитектуры информационных технологий организационных антропогенных систем [Текст] / В. Б. Задоров, А. А. Васильев // Управління розвитком складних систем. – 2011. – Вип. 6. – С. 107 – 116. [МНБ: Ulrich's, Index Copernicus, BASE].

Особистий внесок здобувача: архітектура і принципова структура сучасного конфігуратору інтелектуальних інформаційних систем в будівництві на базі запропонованої структури конфігуратора з трьома паралельно функціонуючими частинами (конфігуруючої системи, аналітичної системи модельної конфігурації і конфігурованої системи).

4. Задоров В. Б. Мова моделювання будівельних технологій «АІМО» [Текст] / В. Б. Задоров, О. О. Васильєв, І. В. Дерев'янка // Управління розвитком складних систем. – 2013. – Вип. 13. – С. 90 – 96. [МНБ: Ulrich's, Index Copernicus, BASE] *внесок здобувача: аналіз та опис сутностей абстрактної інформаційної моделі об'єкта (АІМО); елементи мови моделювання будівельних технологій АІМО, правила, простори імен, алфавіт, опис конструктивів, ресурсів, технологій мови АІМО.*

5. Задоров В. Б. Математичні моделі об'єктів і процесів будівництва в середовищі мови імітаційного моделювання «АІМО» [Текст] / В. Б. Задоров, О. О. Васильєв // Управління розвитком складних систем. – 2013. – Вип. 14. – С. 106 – 115. [МНБ: Ulrich's, Index Copernicus, BASE].

Особистий внесок здобувача: основні елементи мови АІМО (Абстрактна інформаційна модель об'єкта); математична модель мови АІМО; схема внутрішньої частини віртуальної машини мови АІМО; математичне представлення задачі динамічного програмування організаційно-технологічних процесів; система обліку ризиків при виконанні моделювання цільових процесів будівництва; проект і базова реалізація інструментальної інформаційної технології для демонстрації можливостей у вирішенні задач організаційно-технологічної підготовки в будівництві, яка створена на основі концепції конфігураторів і ядром якої є мова АІМО.

6. Задоров В. Б. Метод аналізу ієрархій як метод конфігурації складних систем [Текст] / В. Б. Задоров, О. О. Васильєв // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 3, №2 (69). – С. 23 – 29. [МНБ: Ulrich's, DRIVER, BASE, Index Copernicus, WorldCat, PИИЦ, DOAJ, EBSCO, ResearchBib тощо] *Особистий внесок здобувача: архітектура і принципова структура сучасного конфігуратору інтелектуальних інформаційних систем в будівництві на базі запропонованої структури конфігуратора з трьома паралельно функціонуючими частинами (конфігуруючої системи, аналітичної системи модельної конфігурації і конфігурованої системи), авторський підхід та метод створення конфігуратора.*

Тези доповідей міжнародних наукових конференцій

7. Задоров В. Б. К развитию концепции конфигураторов при создании информационных технологий в строительстве / В. Б. Задоров, О. О. Васильєв // Новітні комп'ютерні технології: матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції: Київ – Севастополь, 13 – 16 вересня 2011р. – К.: Мінрегіон України, 2011. – С. 29 – 31.

Особистий внесок здобувача: структура, архітектура, проект конфігурування функціональних інформаційних технологій з використанням конфігуратора інформаційних технологій в будівництві (КІТ-Б).

8. Задоров В. Б. Мова «АІМО» як засіб моделювання керованих складних систем / В. Б. Задоров, О. О. Васильєв // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: Матеріали міжнародної наукової конференції (ISDMCI'2013), Євпаторія, 20 – 24 травня 2013 р. – Херсон: ХНТУ, 2013. – С. 130 – 131.

Особистий внесок здобувача: основні елементи мови АІМО (Абстрактна інформаційна модель об'єкта); метод оптимізації головної функції імітаційного моделювання віртуальної машини АІМО.

9. Задоров В. Б. Архітектура конфігуратора РМВ інформаційних систем в будівництві / В. Б. Задоров, О. О. Васильєв // Сучасні інформаційні системи і технології: матеріали Другої міжнародної науково-практичної конференції (АІСТ–2013), м. Суми, 21 – 24 травня 2013 р. – Суми: Сумський державний університет, 2013. – С. 57 – 58.

Особистий внесок здобувача: архітектура і структура конфігуратора РМВ (Pattern-Maker Building) інформаційних систем в будівництві; прикладна інструментальна інформаційна технологія для вирішення задач організаційно-технологічної підготовки в будівництві РМВ, яка створена на основі концепції конфігураторів і ядром якої є мова АІМО (Абстрактна інформаційна модель об'єкта).

10. Васильєв О. О. Моделювання зведення будівлі на мові «АІМО / О. О. Васильєв // Международная научно-практическая конференция «Математическое моделирование процессов в экономике и управлении инновационными проектами (ММП–2013)», Алушта, 9 – 15 сентября 2013 г. Тезисы докладов. – Харьков: ХНУРЭ, 2013. – С. 29 – 30.

11. Васильєв О. О. Використання методу аналізу ієрархій у конфігураторі інформаційних технологій у будівництві / О. О. Васильєв // Сучасні інформаційні системи і технології: матеріали Третьої міжнародної науково-практичної конференції (АІСТ–2014), м. Суми, 14 – 16 травня 2014 р. – Суми: видавничо-виробниче підприємство «Мрія–1», 2014. – С. 72 – 73.

12. Васильєв О. О. Підбір конфігурації за допомогою методу аналізу ієрархій у складних системах / О. О. Васильєв // Интеллектуальные системы принятия решений і проблеми обчислювального інтелекту: Матеріали міжнародної наукової конференції (ISDMCI'2014), Залізний Порт, 28 – 31 травня 2014 р. – Херсон: ХНТУ, 2014. – С. 46 – 48.

Доповіді на науково-практичних конференціях та конференціях КНУБА

13. Васильєв О. О. Програма оптимізації сітьових графіків по критерію «Ресурси» / О. О. Васильєв // Девятая конференция «Математическое моделирование и информационные технологии», 20 – 22 октября 2009 года. Сборник тезисов. Приложение к журналу «Холодильная техника и технологии». – Одесса, 2009. – С. 26 – 27.

14. Васильєв О. О. Компілятор об'єктно-орієнтованих сценаріїв / О. О. Васильєв // Наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів. Тези доповідей. 6 – 9 листопада 2007 року, м. Київ. – К.: КНУБА, 2007. – С. 102.

15. Васильєв О. О. Принципи побудови ІТ нормативного організаційно-технологічного моделювання в підготовці будівництва / О. О. Васильєв // Збірник тез студентських доповідей 71-ї науково-практичної конференції. Київ, 16 – 19 березня 2010 року. – К.: КНУБА, 2010. – С. 239 – 241.

16. Васильєв О. О. Аналіз сучасних програмних комплексів в області підготовки і управління будівництвом / О. О. Васильєв // Наукова конференція

молодих вчених, аспірантів і студентів. Тези доповідей. 16 – 18 листопада 2010 року, м. Київ. – Ч.1. – К.: КНУБА, 2010. – С. 147 – 148.

17. Васильєв О. О. Аналіз підходів до створення ІТ на основі концепції конфігураторів / О. О. Васильєв // Збірник тез студентських доповідей 72-ї науково-практичної конференції. Київ, 22 – 25 березня 2011 року. – К.: КНУБА, 2011. – С. 76 – 77.

АНОТАЦІЯ

ВАСИЛЬЄВ О. О. Методи, моделі та засоби створення інтелектуальних інформаційних систем в будівництві на основі розвитку концепції «конфігураторів». – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, 2014.

Дисертація присвячена розробці методів, моделей і засобів створення інтелектуальних інформаційних систем в будівництві на базі концепції конфігуратора запропонованої автором архітектури, ядром якого є мова програмування і моделювання будівельних технологій *АІМО (Абстрактна інформаційна модель об'єкта)*. Створена математична модель перетворення даних в ієрархічну структуру і віртуальна машина як система імітаційного моделювання з оптимізацією за множиною критеріїв. Отримав розвиток метод об'єктно-орієнтованого програмування для формування ієрархічної структури даних і процес інстанціювання. Вдосконалено аналіз і оцінка проектних рішень, оптимізація функції імітаційного моделювання та система обліку ризиків. Результати застосовані в експериментальному програмному продукті вирішення задач підготовки будівництва.

Ключові слова: інформаційна система, конфігуратор, аналітична система модельної конфігурації, інформаційна модель об'єкта, мова програмування і моделювання, віртуальна машина.

АННОТАЦИЯ

ВАСИЛЬЕВ А. А. Методы, модели и средства создания интеллектуальных информационных систем в строительстве на основе развития концепции «конфигураторов». – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, 2014.

Диссертация посвящена созданию новых методов, моделей и средств конфигурирования современных интеллектуальных информационных систем в строительстве на основе вариативного моделирования функциональных структур иерархических информационных моделей.

Предложена классификация конфигураторов по уровню сложности, выделены и проанализированы два основных подхода к созданию масштабного конфигулятора, который удовлетворяет требования к современным интеллектуальным ИТ для сложных бизнес-систем.

На основе стандарта SWEBOOK (Software Engineering Body of Knowledge) автором впервые была разработана архитектура и принципиальная

структурная модель современного конфигуратора интеллектуальных информационных систем в строительстве на базе предложенной структуры конфигуратора с тремя параллельно функционирующими частями (конфигурирующей системы, аналитической системы модельной конфигурации и конфигурированной системы).

Предложено использование математического метода анализа иерархий в конфигурирующей системе как инструмента для формирования перечня конфигураций и их свойств, которые наиболее удовлетворяют пользователя в условиях конкретных ситуаций.

Рассмотрена цифровая модель объекта (ЦМО) или Building Information Model (BIM) как подход к управлению жизненным циклом создания и эксплуатации зданий и сооружений. Предложена *многофункциональная абстрактная информационная модель объекта (АИМО)*, которая расширяет и углубляет возможности BIM, и создан язык программирования и моделирования строительных технологий АИМО, который объединяет возможности языков имитационного моделирования сложных процессов и универсальных языков программирования, и состоит из компилятора, виртуальной машины, как средства моделирования, и визуальной среды разработки. Развитием АИМО является генерирование вариантов объемно-планировочных, конструктивных и организационно-технологических решений, их оценки и выбора в системе подготовки строительства. Создана математическая модель преобразования исходных данных в иерархическую структуру данных языка АИМО. Создана виртуальная машина языка АИМО как система имитационного моделирования полного цикла строительства с многокритериальной оптимизацией по множеству критериев.

В АИМО в сравнении с классической структурой декомпозиции работ WBS (Work Breakdown Structure) используется «умная» декомпозиция с пересчетом графика работ для оптимизации планирования для текущего уровня детализации технологического дерева, а также высокая гибкость и возможность выхода за рамки «WBS 100% rule».

В работе получил дальнейшее развитие метод объектно-ориентированного программирования, использованный для формирования иерархической структуры языка АИМО, а также процесс инстанционирования в контексте языка АИМО, как переходное звено между компиляцией и имитационным моделированием. В сравнении с C++ преимуществом языка АИМО является направленность на задачи строительства, результатом чего является эффективный процесс программирования и моделирования. Реализация в АИМО позволяет выполнять сохранение и операции с динамической логикой в более безопасном виде, поскольку объектная модель моделируемого узла АИМО обеспечивает взаимодействие комплексной оценки проектных решений в системе подготовки и управления строительством, оптимизации главной функции имитационного моделирования виртуальной машины АИМО, а также система учета рисков, при выполнении моделирования целевых процессов строительства. Усовершенствован метод создания

интеллектуальных информационных систем в строительстве на основе концепции конфигуратора, ядром которого является язык АИМО.

Проект и базовая реализация инструментальной ИТ, язык АИМО, использованный в экспериментальном программном продукте РМВ (the Patterns-maker of Building) с усовершенствованием метода конфигураторов, с использованием созданного конфигуратора информационных технологий в строительстве (КИТ-Б), имеет широкие возможности в решении задач организационно-технологической подготовки в строительстве.

Разработанные в диссертационной работе методы, модели и средства построения ИС в строительстве были использованы для проведения многокритериальной оптимизации и для последующего выбора на основании моделей оптимальных вариантов решений строительных объектов с экономическим эффектом около 200 тыс. грн. за счет эффективного использования человеческих ресурсов на объекте строительства инвестиционно-строительной компании «Центробуд».

С помощью системы моделирования на языке АИМО была сформирована иерархическая модель объекта строительства компании «Черкасиміськбуд» с реорганизацией процесса строительства.

На основе концепции конфигураторов и системы моделирования на языке АИМО была разработана инструментальная ИТ, использованная для создания и выбора моделей строительства и принятия на основании этих моделей организационных решений относительно выполнения работ на объектах компании «Грандбуд».

Ключевые слова: информационная система, конфигуратор, аналитическая система модельной конфигурации, информационная модель объекта, язык программирования и моделирования, виртуальная машина.

ABSTRACT

VASYLIEV O. O. Methods, models and facilities of creation of the intellectual informative systems in building on the basis of «configurators» conception development. – Manuscript.

Thesis for the degree of candidate of technical sciences in specialty 05.13.06 – Information technologies. – Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, 2014.

The thesis is devoted to the development of methods, models and facilities of creation of the building intellectual information systems on the base of conception of configurator of the offered by the author architecture, the kernel of which is programming and modeling *AIMO* language (*Abstract information model of object*). The mathematical model of data transformation in a hierarchical structure and virtual machine as system of an imitation modeling with optimization criteria set were created. Principle of the object-oriented programming for forming of data hierarchical structure and instantiation process were developed. Analysis and estimation of project decisions, optimization of imitation modeling function and risks account system were improved. Results were applied in an experimental software product of decision of building preparation tasks.

Keywords: information system, configurator, analytical system of model configuration, information model of object, programming and modeling language, virtual machine.