

ВЕРИФІКАЦІЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ

Важливим етапом процесу розробки складних програмних систем (ПС) на сучасному етапі є комп'ютерне моделювання. Верифікація комп'ютерної моделі СІУ є важливим етапом методології модельної розробки ПС, що дозволяє оцінити комплексність ПС. Запропоновано аналітичну модель СІУ з дієвою аналітикою, якою передбачено основні складові елементи дієвої аналітики: ціль – сценарій – технологічне середовище – метадані – дані. Пропонується три критерії перевірки комп'ютерної моделі СІУ: цілісність, повнота, несуперечність. Розглянуто основні етапи перевірки сценарної моделі, відповідно до поставлених критеріїв.

An important stage in the development of complex software systems (PS) nowadays is a computer simulation. Verification of MIS computer model is an important step of model-driven methodology to assess the complexity of the PS. Analytical model of MIS with advanced analytics, which provides the basic components of an advanced analytics: goal- scenario - software factory - metadata - data. Proposed three criteria of MIS computer model verification: integrity, completeness, consistency. The main stages of verification scenario models are considered according to set criteria.

Вступ

Ефективність прийняття як стратегічних так і тактичних управлінських рішень напряму залежить від якості інформації, що аналізується. Фіксовані правила та підготовлена стратегія поступається більш інформативним та гнучким рішенням за допомогою достовірної інформації, що надається у необхідний час, чи в системі управління взаємодією з клієнтом, чи в системі управління ресурсами підприємства або в інших управлінських інформаційних системах.

Якість інформації може визначатись багатьма критеріями, але для прийняття рішень важливим фактором виступає оперативність забезпечення агрегованою інформацією в контексті предметної області, що є елементом технології дієвої аналітики в програмних системах інформаційного управління (СІУ). Протягом останніх років, починаючи з 2012, аналітична компанія Gartner [1,2] ставить дієву аналітику в десятку найбільш затребуваних інформаційних технологій. Для того щоб аналітика була дієвою, вона повинна мати змістовне наповнення, бути цілеспрямованою, а також надавати засоби моделювання та оптимізації сценаріїв розвитку ситуації або бізнес-процесів. Тому питання формування, реалізації та верифікації сценаріїв розвитку ситуації, розвитку бізнес-процесів та аналізу інформації є актуальною проблемою.

Постановка задачі

В процесі розробки СІУ з дієвою аналітикою (СІУ ДА) необхідно передбачити наступні складові елементи: ціль – сценарій – технологічне середовище – метадані – дані [3]. Сценарії аналізу інформації для здійснення дієвої аналітики мають реалізуватись в реальному часі, що потребує їх верифікації.

Важливим етапом процесу розробки складних програмних систем (ПС) на сучасному етапі є комп'ютерне моделювання, а для визначення рівня достовірності (validated modeling [4]) та коректності ПС проводиться верифікація її комп'ютерної моделі, аналіз поведінки комп'ютерної моделі та формування висновків за результатами моделювання.

Мета – дослідження та розробка аналітичної моделі СІУ ДА для визначення критеріїв верифікації комп'ютерної моделі СІУ.

Аналіз останніх наукових досліджень та праць

Методологія модельної розробки ПС дозволяє оцінити її комплексність через аналіз її комп'ютерної моделі на коректність, повноту та цілісність [5]. Базовим принципом модельної методології є те, що ПС відображаються однією або декількома моделями, кожній з яких відповідає своя метамодель (метаопис).

В зарубіжних працях виділяють дві основні методології розробки з використанням моделей:

1) модельна розробка (model-driven development, MDD);

2) модельне проектування (model-based development).

Обидві методології використовуються до розробки та проектування як фізичних об'єктів, так і до розробки ПС. Основною відмінністю є те, що в модельній розробці перехід від моделей до генерації програмного коду є автоматизованим, в той час як в модельному проектуванні моделі використовуються лише на етапі комп'ютерного моделювання систем. В рамках даної статті використовується та уточнюється методологія модельної розробки до створення СІУ ДА.

Модельною розробкою ПС займалися такі зарубіжні вчені як J.L.G. Dietz [6], Thomas Erl [7], Johan Den Haan [8] та ін. Узагальнюючі підходи цих авторів можна визначати такі етапи розробки ПС, які вони пропонують:

- реверсивне проектування – мануальна побудова організаційно-структурної моделі об'єкту автоматизації;

- функціональне проектування – модель сервісів вилучається з організаційної моделі;

- структурне проектування – модель компонент вилучається з моделі сервісів (вручну);

- розробка та управління – модель реалізації компонент є деталізацією моделі компонент;

- реалізація ПС за відповідними інформаційними технологіями.

В основі модельної розробки, що пропонується, лежить структурно-функціональний підхід, для його первинним є архітектура ПС, що визначається організаційно-структурною моделлю об'єкта автоматизації. Зміна організаційно-структурної моделі об'єкту автоматизації викликає необхідність реінжинірингу ПС, що є суттєвим недоліком цього підходу адже для дієвої аналітики первинним є сценарій аналізу даних, а не її організаційна структура (склад її компонентів та інформаційних потоків, що пов'язують компоненти між собою та з її оточенням). На етапі проектування СІУ ДА її організаційна структура створюється "під сценарій".

Найбільш близькою методологією до MDD у вітчизняних працях є модельне конструювання. Вивченням методів модельного конструювання програмних додатків займалися такі вчені як Самойлов В.Д [10] та Писаренко А.П. [11].

Самойлов В.Д. визначає модельне конструювання як інформаційну технологію конструювання моделей на базі структур з причинно-

наслідковими зв'язками (функціональні моделі). Сценарій в даній технології задає процес взаємодії користувача з системою та передбачає заздалегідь заплановану реакцію на дії користувача [12]. Модель предметного середовища, як складовий елемент модельного конструювання, описує алгебраїчні структури та обчислення та є відображенням основної функціональності комп'ютерної системи.

В якості функціонального елементу виступає оператор присвоєння. Комп'ютерна реалізація додатку на основі принципів модельного конструювання зводиться до побудови його моделі у вигляді послідовно-функціональних елементів. Запропонований підхід до конструювання допомагає неспеціалістам у програмуванні спростити алгоритмічне представлення предметної області.

Недоліки даного підходу полягають у наступному:

1. В описаному підході надається можливість створювати та змінювати функціональні моделі відповідно до графічної специфікації, але нема програмного середовища для імітації та верифікації сценарних моделей, що є важливою умовою вирішення поставленої задачі.

2. Не враховується інформаційна складова дієвої аналітики – знання та мета опис, в той час як функціональна складова представлена лише оператором присвоєння, що є недостатнім для розробки СІУ з дієвою аналітикою.

Виклад основного матеріалу дослідження

Двома основними вимогами розробки ПС, що базується на моделях є [9]:

1. Кожна модель повинна бути формальною (визначеною на добре відомій мові), на прикладі запропонованої послідовності моделей:

- організаційна модель – BPMN;

- модель сервісів – таблиця з властивостями (специфікація сервісів);

- модель компонент – SCA (Компонентна Архітектура Сервісів);

- модель реалізації компонент – набір з'єднаних DCL (предметно-орієнтована мова);

2. Кожна модель повинна взаємодіяти інформаційно з попередніми моделями.

Визначимо ці моделі для СІУ ДА. Узагальнена аналітична модель СІУ може бути визначена у наступному вигляді [13]:

$$MI^{MIS} = \bigcup_k \left\{ F_k^{MIS}, S_t^{MIS}, I_t^{nU}, Rg_k, V_k^{In}, V_k^{Out} \mid k = \overline{1, N} \right\},$$

де F_k^{MIS} - набір функцій k -ої задачі інформаційного управління;

S_t^{MIS} - структурні елементи СИУ;

I_t^{nU} - набір початкових налаштувань k -ої задачі інформаційного управління;

Rg_k - регламент виконання k -ої задачі інформаційного управління;

V_k^{In} - внутрішній інформаційний вплив на хід виконання k -ої задачі;

V_k^{Out} - зовнішній інформаційний вплив на хід виконання k -ої задачі

Але для СИУ ДА дана Узагальнена модель СИУ не враховує наявності або необхідності побудови сценаріїв розвитку бізнес-процесів аналізу інформації, що не дозволяє ефективно побудувати сценарії аналізу інформації, базуючись на технологічних (інформаційних) потужностях організації. Крім того, така аналітична модель не відповідає методології модельної розробки ПС та більш прийнятна за використанням структурно-функціонального підходу до проектування СИУ [14].

Тому з урахуванням параметрів узагальненої аналітичної моделі СИУ в якості концептуальної моделі СИУ ДА запропоновано аналітичну модель у вигляді послідовності наступних моделей СИУ ДА:

$$M^{MIS} : \left\{ Kn^M, D_i^M, Pr_i^M, Sc_i^M, C_i^M, Dv^M \mid i = \overline{1, N} \right\},$$

де Kn^M - модель знань, що визначає дві категорії знань: знання про технології СИУ: сервіси, інформаційні технології, модулі, програмні засоби, БД, БЗ, сховища даних, Big Data, знання про організаційну структуру: виконавці сценаріїв, бізнес-правила);

D_i^M - об'єктна модель i -ої предметної області, що відповідає за опис понять та метаданих для доступу до даних;

Pr_i^M - модель прецедентів використання, що є декларативним описом функціональних вимог до системи та логіки взаємодії користувача з елементами графічного інтерфейсу;

Sc_i^M - сценарна модель i -ої задачі аналізу інформації, що формалізує процес аналізу інформації та виражається в логічно-впорядкованій послідовності подій в процесі аналізу даних з метою отримання необхідної інформації для прийняття обґрунтованих рішень;

C_i^M - компонентна модель СИУ, як сукупність компонентів, необхідних для забезпечення функціональних та інших вимог, яка побудована і функціонує відповідно до певних правил створення компонентних конфігурацій і компонентного взаємодії [15].

Dv^M - модель реалізації компонент, що також включає опис інформаційної взаємодії об'єктів та елементів системи.

На рисунку 1 показано послідовність моделей СИУ ДА. На першому етапі будується модель знань Kn^M , що включає в себе знання про технологічну базу в організації: програмні модулі, комп'ютерні системи та інформаційні технології, що є в наявності, знання про виконавців (кадрів) та їх кваліфікацію та знання про методи обробки та аналізу даних. Такі знання надалі використовуються для побудови сценаріїв аналізу інформації, визначення елементів сценарію для яких необхідно розроблювати додаткові програмні засоби, сервіси та для яких необхідно залучити експерта з певної проблеми. На другому етапі будується об'єктна модель предметної області, що представляє собою набір понять спеціалізованої області дослідження [16]:

$$D^M = \bigcup_i \left\{ En_i, R_{ij} \mid i = \overline{1, N}; j = \overline{1, N}; i \neq j \right\},$$

де En_i - деяке поняття предметної області;

R_{ij} - зв'язок між i -им та j -им поняттями предметної області.

Згідно концепції побудови адаптивних об'єктних моделей [17] атрибути об'єктів та типи атрибутів є окремими від об'єкта елементами:

$$En = \bigcup_k \{At_k^{En}, Atp^{At}, Vl^{At} \mid k = \overline{1, N}\}$$

де At_k^{En} - атрибут поняття, що відноситься до визначеної предметної області;

Atp^{At} - тип відповідного атрибуту;

Vl^{At} - значення відповідного атрибуту (через засоби доступу до даних).

Сценарна модель відображає порядок та зміст проведення інформаційного управління на функціональному рівні.

$$Sc^M = \bigcup_i \{TSc_i, ASC_i, Ex_i, G_i \mid i = \overline{1, N}\}$$

де TSc_i - типовий сценарій виконання i -го завдання аналізу інформації;

ASC_i - розширений (вторинний) сценарій виконання i -го завдання аналізу інформації;

G_i - ціль сценарію виконання i -го завдання аналізу інформації, що має такі характеристики як: критерії, час та ресурси.

Сценарій аналізу інформації має загальний вигляд:

$$Sc = \bigcup_i \left\{ El_i, Ex_i, F^{El}(null \mid Ob_1, \dots, Ob_n) \mid i = \overline{1, N}; j = \overline{1, N}; i \neq j \right\}$$

де El_i - елемент сценарію аналізу інформації, що може бути дією, подією або зв'язком;

Ex_i - виконавець елементу сценарію, який може бути бізнес аналітиком, аналітиком даних, експертом, працівником організації та процесом;

$F^{El}(null \mid Ob_1, \dots, Ob_n)$ - функція k -ої задачі аналізу інформації, що може приймати як вхідні значення поняття предметної області або пусте значення.

Модель прецедентів відповідає за взаємодію користувача з графічним інтерфейсом при виконанні задач аналізу інформації. Модель прецедентів застосовується для виявлення вимог до поведінки системи, відомих також як функціональні вимоги:

$$Pr^M = \bigcup \left\{ Ac_i, P_i^{Ac}, Rl_{ij}^{Ac}, I_k^{nU}, F_i^p \mid i = \overline{1, N}, j = \overline{1, N} \right\}$$

де Ac_i - актор, що відноситься до учасників сценарію певної предметної області: $Ac_i \leq Ex_j$;

P_i^{Ac} - прецедент використання, що відповідає за послідовність дій користувачів (акторів) СИУ та реалізується певним сценарієм виконання i -го завдання контрольно-управлінського аналізу інформації: $P_i^{Ac} \geq Sc_j$;

F_i^p - екранні форми користувачів для взаємодії з СИУ;

Rl_{ij}^{Ac} - відношення між прецедентами використання:

$$Rl_{ij}^{Ac} = \{include, extend, generalize, normal\}$$

де *normal* – комунікаційний зв'язок між прецедентом та актором, який в ньому бере участь;

extend – включення додаткової поведінки в базовий прецедент, який про це не знає;

include – включення додаткової поведінки в базовий прецедент, що детально описує дане включення;

generalization – взаємозв'язок між загальним прецедентом та більш специфічними прецедентами, що наслідують та додають властивості до загального прецеденту;

Компонентна модель застосовується при визначенні архітектури реалізації сценаріїв у розподіленому середовищі й побудові комп'ютерної моделі системи реалізації сценаріїв. Та визначається як сукупність вимог до компонентів УІС та правил взаємодії і побудови компонентних конфігурацій.

Компонентна модель застосовується при визначенні архітектури реалізації сценаріїв у розподіленому середовищі й побудові комп'ютерної моделі системи реалізації сценаріїв.

Модель реалізації компонент Dv^M включає опис інформаційної взаємодії об'єктів та елементів системи та відображається у фабрику програмного забезпечення (software factory [18]):

$$Dv^M = \bigcup_i \{St_k^{MIS}, I_k^{nU}, V_i^{In}, V_i^{Out} \mid i = \overline{1, N}\}$$

де St_k^{MIS} - структурні елементи СИУ;

I_k^{nU} - набір початкових налаштувань k -ої задачі аналізу інформації;

V_k^{In} - сценарії взаємодії компонентів СИУ;

V_k^{Out} - сценарії взаємодії СІУ з зовнішніми середовищами.

Відповідно до другого принципу модельної розробки необхідно передбачити та визначити інформаційну взаємодію між моделями.

Верифікація моделей відбувається в фабриці програмного забезпечення, що реалізує моделі в СІУ.

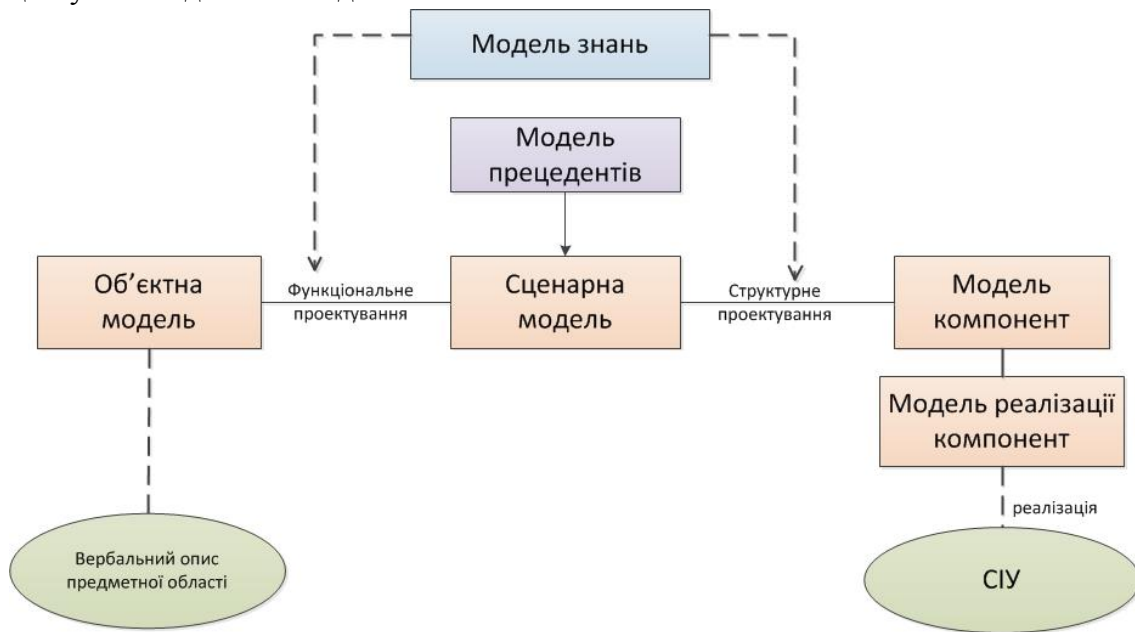


Рисунок 3. СІУ з дієвою аналітикою

Пропонується три критерії перевірки комп'ютерної моделі СІУ:

1. Цілісність – відносна незалежність системи від зовнішніх систем. Цілісність висловлює інтегрованість, самодостатність та автономність об'єктів системи, їх протипоставлення оточенню, що пов'язане з їх внутрішньої активністю. Цілісність характеризує якісну своєрідність об'єктів системи, що обумовлено притаманним їм специфічними закономірностями функціонування та розвитку.

2. Повнота – характеристика, що визначає кількість інформації, необхідної і достатньої для прийняття правильних рішень.

3. Несуперечність визначається як в класичній логіці та передбачає неможливість виведення з однієї сценарної моделі двох результатів, що виключають один одного.

Відповідно до критеріїв верифікації запропоновано наступні етапи перевірки сценарних моделей:

1. Перевірка синтаксису сценарію, а саме перевірка:

- повноти інформації по кожному елементу сценарію;
- наявності біль ніж одного елементу сценарію;
- взаємозв'язків між елементами;

– участі актору хоча б в одному елементі сценарію;

– того, що кожен елемент сценарію використовує ресурс (в якості ресурсу може виступати інформаційний ресурс або кількісне значення);

– наявності необхідних ресурсів для виконання елемента сценарію;

2. Перевірка семантики сценарію, а саме перевірка:

– відповідності сценарію загальній цілі та елемента сценарію підцілі;

– того, що виконані попередні умови для виконання елемента сценарію;

– того, що кожному елементу сценарію відповідає певна функція (модуль або сервіс);

3. Перевірка посилань на коректність.

Висновки

Розробка СІУ ДА вимагає її верифікації на етапі проектування. Описана аналітична модель висвітлює основні елементи СІУ ДА, на базі яких обрано три критерії верифікації: цілісність, повнота та несуперечність.

Наступним етапом необхідно розробити систему верифікацію комп'ютерної моделі СІУ ДА, враховуючи поставлені критерії верифікації.

Список литературы

1. Magic Quadrant for Business Intelligence and Analytics Platforms. — 2013, © Gartner Analytic
2. Barton D. et al. Making advanced analytics work for you //Harv. Bus. Rev. — 2012. — Т. 90. — С. 78-83.
3. Модель сценарно-целевого подхода при построении информационно-аналитической системы / Коваль А.В., Бойко Ю.Д., Зайцева Е.А.// Системный анализ и информационные технологии: материалы 16-й Международной научно-технической конференции SAIT 2014, Киев, 26-30 мая 2014 г. / УНК “ИПСА” НТУУ “КПИ”. — К.: УНК “ИПСА” НТУУ “КПИ”, 2014. — С. 105-107.
4. Thacker B. H. et al. Concepts of model verification and validation. — Los Alamos National Lab., Los Alamos, NM (US), 2004. — №. LA-14167.
5. France R., Rumpe B. Model-driven development of complex software: A research roadmap //2007 Future of Software Engineering. — IEEE Computer Society, 2007. — С. 37-54.
6. J.L.G. Dietz. Architecture – Building strategy into design. Academic Service, The Hague, The Netherlands, 2008.
7. Thomas Erl. Principles of Service Design. The Prentice Hall Service-Oriented Computing Series from Thomas Erl. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA, 2007.
8. Stein S. et al. Evaluation of OrViA framework for model-driven SOA implementations: An industrial case study //Business Process Management. — Springer Berlin Heidelberg, 2008. — С. 310-325.
9. <http://www.theenterpriseearchitect.eu/blog/2009/06/03/a-framework-for-model-driven-soa/>
10. Самойлов В.Д. Модельное конструирование компьютерных приложений. Киев. Наукова думка, 2007. 198 стр.
11. Писаренко, А. П. Компьютерные технологии моделирования для динамических тренажеров / А.П. Писаренко, В.Д. Самойлов, О.Я. Стеценко. - К. : Наукова думка, 1992. - 168 с.
12. Сценарные структуры ситуационных тренажеров / В.Д. Самойлов, О.П. Нетлюх // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім.Г.Є.Пухова НАН України. — К.: ПІМЕ ім. Г.Є.Пухова НАН України, 2009. — Вип. 52.
13. Додонов О. Г., Коваль О. В., Сенченко В. Р., Методологія побудови корпоративних інформаційно-аналітичних систем // Реєстрація, зберігання і обробка даних, Київ, - 2007. Том 9, № 4. 60–75 сс.
14. Юдицкий С. А. Сценарно-целевой подход к системному анализу. Автомат. и телемех., 2001, № 4, 163–175.
15. Формальные модели компонентного программирования /В.Н. Грищенко// Проблемы програмування. — 2003. — N 2. — С. 42—57.
16. Формування сценаріїв аналітичної діяльності / Коваль О.В., Зайцева К.А., Бойко Ю.Д. // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2014. — № 1. — С. 20–25.
17. Yoder J.W. Architecture and Design of Adaptive Object-Models / J.W. Yoder // SIGPLAN Notices 12. — 2001. — P. 50-60.
18. Greenfield J., Short K. Software factories: assembling applications with patterns, models, frameworks and tools //Companion of the 18th annual ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming, systems, languages, and applications. — ACM, 2003. — С. 16-27.