УДК 004.896

М. В. Євланов
Харківський національний університет радіоелектроніки

ЗАДАЧА СИНТЕЗУ ОПИСУ АРХІТЕКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

© Євланов М. В., 2014

Розглянуто сучасний підхід до представлення архітектури інформаційної системи. На основі визначень глобальних цілей Постачальника та Споживача ІТ-послуг розроблено математичні моделі синтезу опису архітектури інформаційної системи. Запропоновано формальний опис задачі синтезу опису архітектури як гри Постачальника та Споживача ІТ-послуг.

Ключові слова: інформаційна система, архітектура, вимога, ІТ-проект, ІТ-послуга.

This paper is devoted to the modern approach to presenting information system architecture. Based on the definition of global objectives Provider and User of IT-accommodation, developed a mathematical model of the synthesis of describe of information system architecture. A formal description of the task synthesis description architecture as the game Provider and User of IT-accommodation.

Key words: information system, architecture, requirement, IT-project, IT-accommodation.

Вступ

Основою сучасного представлення робіт з виконання процесів життєвого циклу інформаційних систем (ІС) та програмних продуктів є концепції управління проектами [1, 2]. Під проектом в [1] розуміють спробу дій з визначеними початковою та кінцевою датами, що здійснюється для створення продукту чи послуги відповідно до заданих ресурсів та вимог. Там також вказано, що проект може розглядатися як унікальний процес, в який входять координовані та контрольовані дії і який може бути комбінацією дій з процесів проекту та технічних процесів. Відповідно до цього визначення проект слід вважати ІТ-проектом, якщо його результатом є ІС, програмний продукт або якісь пов'язані з ними послуги. ІТ-проекти можуть розглядатися як окремі проекти, елементи програм створення та розвитку ІТ-інфраструктури підприємства чи його окремих бізнес-процесів.

Якщо результатом ІТ-проекту є ІС або пов'язані з нею послуги, то цей проект в загальному випадку повинен складатися з таких процесів [1]:

1) процес планування проекту;
2) процес оцінювання проекту;
3) процес контролю проекту;
4) процес прийняття рішень;
5) процес управління ризиками;
6) процес управління конфігурацією;
7) процес управління інформацією.

Якщо ж результатом ІТ-проекту є програмний продукт або пов'язані з ним послуги, то цей проект в загальному випадку повинен складатися з таких процесів [2]:

1) процес планування проекту;
2) процес управління та оцінювання проекту;
3) процес менеджменту рішень;
4) процес менеджменту ризиків;
5) процес менеджменту конфігурації;
6) процес менеджменту інформації;
7) процес вимірювань.

Зазначені процеси в загальному випадку ідентичні наведеним вище процесам, за винятком деяких відмінностей у формі їх подання.

Зазначимо, що планування, оцінювання та контроль є ключовими процесами практично для усіх видів управління, вони наявні в управлінні будь-якими діями, починаючи з рівня всієї організації і закінчуючи будь-яким процесом життєвого циклу ІС та його окремими діями [1].

Аналіз наведених процесів ІТ-проектів показує, що основою для планування ІТ-проектів створення ІС є результати технічного процесу синтезу архітектури системи [1]. Під архітектурою слід розуміти фундаментальні поняття і властивості системи в середовищі, що її оточує, які втілено в її елементах, відношеннях, а також в принципах її проектування та розвитку [3]. Це визначення, на думку авторів стандарту ISO/IEC 42010:2010, є максимально загальним визначенням, придатним для опису архітектур практично будь-яких систем. Нині для опису архітектури ІС використовують два основних механізми: архітектурний фреймворк та мови опису архітектури. Архітектурним фреймворком називають конвенції, принципи та методи опису архітектури, які встановлено в конкретній галузі використання спільнотою зацікавлених сторін. Мовою опису архітектури називають будь-яку форму виразу, яку можна використати в описі архітектури [3]. Але незалежно від механізму, який буде використовуватися під час планування ІТ-проекту створення ІС, виникає необхідність розв'язання задачі синтезу такого опису архітектури системи, який задовольняє як основні проектні обмеження, так і вимоги, що ставлять до створюваної ІС. Тому дослідження моделей і методів, які дають змогу формалізувати цей процес та розв'язувати задачу синтезу раціонального опису архітектури ІС, є актуальними як з теоретичного, так і з практичного погляду.

Аналіз основних особливостей архітектури інформаційної системи

Поки що не існує єдиного погляду на формальний опис архітектури ІС. Різні автори вживають цей термін із різним змістом або ж виділяють у складі архітектури різну кількість складових компонентів – від двох до семи чи більше [4–8]. Так, наприклад, в [5] пропонується розуміти термін «архітектура ІС» як концепцію, що визначає модель, структуру, виконувані функції та взаємозв'язок компонентів ІС. В [8] пропонується розглядати архітектуру ІС як сталу сукупність структурних, функціональних та споживацьких характеристик системи, що розробляється, наявність яких забезпечує системі такі властивості або якості: задана продуктивність системи (system performance); надійність функціонування (reliability); захищеність / безпека експлуатації системи (safety / security); можливість її ефективного супроводження та розвитку (maintenance and evolution). Іноді, визначаючи термін «архітектура ІС», додатково говорять про конкретні естетичні вимоги до створюваної ІС [6, 7]: добре спроектована ІС повинна задовольняти набір ознак привабливості для користувача (to be presentable for user). Важливою також є відмінність терміна «архітектура ІС» від терміна «структура системи»: якщо структура системи описує тільки статичні аспекти її побудови, то архітектура ІС визначає також і динаміку поведінки (behaivor) відповідної ІС, а також визначає інтерфейси її взаємодії з навколишнім середовищем [8].

Однак аналіз сучасного визначення терміна «архітектура системи», який зафіксовано у стандарті ISO/IEC 42010:2010, допомагає вказати на такі відмінні особливості того, що розуміють під цим терміном. Так, зазначений стандарт не накладає ніяких обмежень на визначення терміна «система» для користувачів цього стандарту. Розділення термінів «фундаментальні поняття або властивості» здійснено для підтримки двох різних філософій архітектури без надання переваги будь-якій з них. Йдеться про такі філософії [3]:

- архітектура як сукупність фундаментальних понять (концепція) – абстрактне визначення системи;
- архітектура як сприйняття – сприйняття властивостей системи.

З позиції будь-якої з цих філософій архітектура є абстракцією, а не артефактом. Для визначення артефактів, які можуть використовуватися для вираження та опису архітектури, стандарт ISO/IEC 42010:2010 вживає інший термін – «опис архітектури». На жаль, дуже поширений термін «архітектура», згідно з яким абстрактна ідея змішується з артефактами, що використовують цю ідею, – наприклад, у галузі архітектури підприємств [9].

Архітектура системи визначає систему в її навколишньому середовищі, бо саме середовище визначає сукупність впливів на систему. Одна з найчастіше згадуваних відмінностей між термінами «архітектура системи» та «проект системи» полягає в тому, що архітектура зовнішньо зосереджена на системі в середовищі, яке оточує цю систему, тоді як проект системи зосереджений на системі внутрішньо, не виходячи за її межі [3].

Різні спільноти, які вживають термін «архітектура», по-різному акцентують на тому, що покладено в основу системи за визначенням архітектури, – на елементах, відношеннях, принципах проектування та розвитку системи. Так, в архітектурі програмних продуктів часто зосереджуються на програмних компонентах як елементах системи та взаємодії цих компонентів як ключових відношеннях. Архітектура системи сконцентровує увагу на структурах окремих підсистем і таких відношеннях, як виділення цих підсистем В архітектурі підприємства основну увагу приділяють принципам побудови цього підприємства та його процесів.

Формулювання цілі статті

Розглянуті вище особливості сучасного визначення терміна «архітектура системи» дають змогу сформулювати підхід до використання архітектури ІС та її описів під час розв’язання задачі синтезу архітектури створюваної ІС. За цим підходом для розв’язання зазначених задач слід використовувати таку похідну інформацію:

- сукупність вимог до ІС;
- множину можливих архітектур ІС як сукупність знань та правил проектування системи.

Результатом розв’язання задачі синтезу архітектури створюваної ІС слід вважати опис архітектури створюваної ІС, який являє собою сукупність артефактів, що описують елементи та відношення цієї ІС відповідно до сукупності знань та правил вибраної архітектури системи. Тому доцільно цю задачу надалі називати «задача синтезу опису архітектури створюваної ІС».

Таке представлення задачі синтезу опису архітектури дає змогу поєднати цю задачу із типовими задачами планування ІТ-проекту створення ІС. Формальний опис ІТ-проектів ґрунтується на загальному для усіх проектів підході, який розглядає проект як залежність, що об’єднує такі характеристики:

- якість проекту, яка оцінюється, передусім як якість результатів виконання ІТ-проекту;
- вартість проекту;
- час виконання проекту;
- зміст проекту, який визначається набором дій, необхідних для досягнення кінцевого результату проекту.

Особливу увагу такому представленню ІТ-проекту необхідно приділяти на стадіях ініціації та планування, коли рішення, що приймаються за кожною з вказаних характеристик, визначають можливість успішного завершення проекту. Зазначимо, що, як показує практика, вартість ІТ-проекту та час його виконання на цих стадіях точно визначити доволі складно [10]. Що стосується змісту та якості виконання ІТ-проекту, то ці характеристики можна визначити відповідно до вимог до цього проекту.

Ці ознаки ІТ-проекту дають змогу виділити два основних типи задач, які розв’язують учасники ІТ-проекту на стадіях його ініціації та планування:

1. Визначення змісту та/або якості виконання ІТ-проекту, що є раціональними для висунутих вимог до вартості та часу виконання цього ІТ-проекту.

2. Визначення вартості та/або часу виконання ІТ-проекту, що є раціональними для Постачальника ІТ-послуг та для висунутих Споживачем ІТ-послуг вимог до змісту та якості цього ІТ-проекту.

Згідно з представленням сучасних ІС як сукупностей сервісів, що надає Споживачеві ІТ-послуг Постачальник [11], задача першого типу актуальніша, оскільки визначає доцільність інвестицій Споживача ІТ-послуг (чи зовнішніх щодо цього Споживача інвесторів) в розвиток своєї ІТ-інфраструктури створенням нової чи вдосконаленням наявної ІС. Задачі другого типу розв’язують, зазвичай, після отримання розв’язку задач першого типу. Під Споживачем та

Постачальником ІТ-послуг тут і надалі розумітимемо зацікавлені сторони ІТ-проекту, зміст ролей яких розглянув автор у [11, 12]. При цьому глобальною метою Постачальника ІТ-послуг слід вважати надання Споживачу ІТ-послуг такого набору ІТ-послуг, який найкраще відповідає комплексу вимог, визначених Споживачем ІТ-послуг та особливостями бізнес-процесів Споживача за обмежень на вартість, час виконання, якість та зміст робіт з надання цього набору ІТ-послуг Споживачеві. Глобальною метою Споживача ІТ-послуг необхідно вважати пошук та організацію взаємодії з таким Постачальником ІТ-послуг, який надає набір ІТ-послуг, що найповніше відповідає комплексу вимог, визначених Споживачем ІТ-послуг та особливостями бізнес-процесів Споживача за обмежень на вартість, час виконання, якість та зміст робіт з надання цього набору ІТ-послуг, вибраних Постачальником [11, 12].

Ці глобальні цілі Споживача та Постачальника ІТ-послуг дають змогу поставити задачу визначення змісту виконання ІТ-проекту, що є раціональними для висунутих вимог до вартості, якості та часу виконання цього ІТ-проекту, як частковий випадок розглянутої вище задачі синтезу опису архітектури ІС. Тому основною ціллю статті слід вважати розроблення моделей, які дадуть змогу формалізовано описати задачу синтезу опису архітектури створюваної ІС одночасно як задачу планування ІТ-проекту створення цієї ІС та як задачу визначення раціональної сукупності ІТ-послуг, що відповідають вимогам до створюваної ІС.

Аналіз отриманих наукових результатів

Основною похідною інформацією задачі синтезу опису архітектури ІС, як зазначено вище, є сукупність вимог до створюваної ІС, які поставив Споживач ІТ-послуг, що зафіксував та прийняв до виконання Постачальник ІТ-послуг. Тому основним показником, що визначає рівень досяжності глобальних цілей Постачальника та Споживача ІТ-послуг у результаті розв'язання задачі синтезу опису архітектури ІС, є показник, що характеризує ступінь задоволення вимог до створюваної ІС. Виходитимемо з того, що різнорідні вимоги до створюваної ІС, які поставив Споживач ІТ-послуг, являтимуть собою елементи множини вимог до конкретної ІС Tr_{IS}. В загальному випадку ця множина матиме такий вигляд [12]:

$$Tr_{IS} = (tr_1, tr_2, ..., tr_i, ..., tr_n), \quad (1)$$

де tr_i – узагальнений опис i-ї вимоги до ІС, окремої ІТ-послуги ІС чи окремого ІТ-сервісу ІТ-послуги ІС; i – ідентифікатор узагальненого опису вимоги tr_i, $i = \overline{1,n}$; n – кількість вимог, поставлених до ІС, її ІТ-послуг та ІТ-сервісів цих послуг.

Тоді ступінь задоволення кожної вимоги tr_i можна в загальному випадку описати оператором $r(tr_i)$, який ставить у відповідність опису вимоги tr_i число в діапазоні $[0...1]$. Ситуація $r(tr_i) = 0$ означає, що вимогу tr_i поставив Споживач ІТ-послуг, але не виконав Постачальник з тієї чи іншої причини. Ситуація $r(tr_i) = 1$ означає, що вимогу tr_i поставив Споживач і виконав Постачальник повністю. Ситуація $0 < r(tr_i) < 1$ означає, що вимогу tr_i поставив Споживач і виконав Постачальник лише частково.

Для оцінювання вартості виконання вимоги введемо оператор $pay(r(tr_i))$. У випадку, якщо $r(tr_i) = 0$, цей оператор ставить у відповідність опису вимоги tr_i нульове значення, якщо ж $0 < r(tr_i) \le 1$, цей оператор ставить у відповідність опису вимоги tr_i позитивне значення, що характеризує величину фінансових витрат $pay(r(tr_i))$ на виконання вимоги tr_i зі ступенем задоволення $r(tr_i)$.

Для оцінювання часу виконання вимоги введемо оператор $t(r(tr_i))$. У випадку, якщо $r(tr_i) = 0$, цей оператор ставить у відповідність опису вимоги tr_i нульове значення, якщо ж $0 < r(tr_i) \le 1$, цей оператор ставить у відповідність опису вимоги tr_i позитивне значення, що характеризує величину витрат часу $t(r(tr_i))$ на виконання вимоги tr_i зі ступенем задоволення $r(tr_i)$.

Для оцінювання якості виконання вимоги введемо оператор $q(r(tr_i))$. У випадку, якщо $r(tr_i)=0$, цей оператор ставить у відповідність опису вимоги tr_i нульове значення, якщо ж $0<r(tr_i)\le 1$, цей оператор ставить у відповідність опису вимоги tr_i позитивне значення, що характеризує якість $q(r(tr_i))$ виконання вимоги tr_i зі ступенем задоволення $r(tr_i)$.

Запропоновані узагальнені описи вимог та оператори дають змогу сформулювати узагальнений формалізований опис глобальної мети Постачальника ІТ-послуг як таку задачу:

$$F_{\Pr}=\sum_{i=1}^{n} r^{\Pr}(tr_i)\to \max, \tag{2}$$

$$\begin{cases} \sum\limits_{i=1}^{n} \alpha_i^{\Pr} pay\left(r^{\Pr}(tr_i)\right)\ge pay^*\left(\sum\limits_{i=1}^{n} r^{\Pr}(tr_i)\right); \\ \sum\limits_{i=1}^{n} \beta_i^{\Pr} t\left(r^{\Pr}(tr_i)\right)\le t^*\left(\sum\limits_{i=1}^{n} r^{\Pr}(tr_i)\right); \\ \sum\limits_{i=1}^{n} \gamma_i^{\Pr} q\left(r^{\Pr}(tr_i)\right)\ge q^*\left(\sum\limits_{i=1}^{n} r^{\Pr}(tr_i)\right), \end{cases} \tag{3}$$

де Pr – позначення Постачальника ІТ-послуг та відповідних ІТ-сервісів; $r^{\Pr}(tr_i)$ – ступінь задоволення вимоги до створюваної ІС tr_i з погляду Постачальника ІТ-послуг; α_i^{Pr} – нормативний коефіцієнт вартості виконання вимоги tr_i, який враховує індивідуальні особливості Постачальника ІТ-послуг; $pay^*\left(\sum\limits_{i=1}^{n} r^{\Pr}(tr_i)\right)$ – мінімально допустима для Постачальника ІТ-послуг величина вартості виконання множини вимог до ІС із визнаним ступенем задоволення; β_i^{Pr} – нормативний коефіцієнт тривалості виконання вимоги tr_i, який враховує індивідуальні особливості Постачальника ІТ-послуг; $t^*\left(\sum\limits_{i=1}^{n} r^{\Pr}(tr_i)\right)$ – максимально допустима для Постачальника ІТ-послуг тривалість виконання множини вимог до ІС із визнаним ступенем задоволення; γ_i^{Pr} – нормативний коефіцієнт якості виконання вимоги tr_i, який враховує індивідуальні особливості Постачальника ІТ-послуг; $q^*\left(\sum\limits_{i=1}^{n} r^{\Pr}(tr_i)\right)$ – максимально допустиме для Постачальника ІТ-послуг значення показника якості виконання множини вимог до ІС із визнаним ступенем задоволення.

Узагальнений формалізований опис глобальної мети Споживача ІТ-послуг у процесі синтезу опису архітектури ІС можна подати як задачу:

$$F_U=\sum_{i=1}^{n} r^{U}(tr_i)\to \max, \tag{4}$$

$$\begin{cases} \sum\limits_{i=1}^{n} \alpha_i^{U} pay\left(r^{U}(tr_i)\right)\le pay^*\left(\sum\limits_{i=1}^{n} r^{U}(tr_i)\right); \\ \sum\limits_{i=1}^{n} \beta_i^{U} t\left(r^{U}(tr_i)\right)\le t^*\left(\sum\limits_{i=1}^{n} r^{U}(tr_i)\right); \\ \sum\limits_{i=1}^{n} \gamma_i^{U} q\left(r^{U}(tr_i)\right)\ge q^*\left(\sum\limits_{i=1}^{n} r^{U}(tr_i)\right), \end{cases} \tag{5}$$

де U – позначення Споживача ІТ-послуг та відповідних ІТ-сервісів; $r^U(tr_i)$ – ступінь задоволення вимоги до створюваної ІС tr_i з погляду Споживача ІТ-послуг; α_i^U – нормативний коефіцієнт вартості виконання вимоги tr_i, який враховує індивідуальні особливості Споживача ІТ-послуг; $pay^*\left(\sum_{i=1}^{n} r^U(tr_i)\right)$ – мінімально допустима для Споживача ІТ-послуг вартість виконання множини вимог до ІС із визнаним ступенем задоволення; β_i^U – нормативний коефіцієнт тривалості виконання вимоги tr_i, який враховує індивідуальні особливості Споживача ІТ-послуг; $t^*\left(\sum_{i=1}^{n} r^U(tr_i)\right)$ – максимально допустима для Споживача ІТ-послуг тривалість виконання множини вимог до ІС із визнаним ступенем задоволення; γ_i^U – нормативний коефіцієнт якості виконання вимоги tr_i, який враховує індивідуальні особливості Споживача ІТ-послуг; $q^*\left(\sum_{i=1}^{n} r^U(tr_i)\right)$ – максимально допустиме для Споживача ІТ-послуг значення показника якості виконання множини вимог до ІС із визнаним ступенем задоволення.

Однак таке формальне представлення цілей Постачальника та Споживача ІТ-послуг має загальний характер. Відповідно до класифікації вимог до ІС, наведеної в [13], функції (2) та (4) мають вигляд:

$$F_{\Pr} = \sum_{i=1}^{a} r^{\Pr}(tr_i^B) + \sum_{i=a+1}^{b} r^{\Pr}(tr_i^{IB}) + \sum_{i=b+1}^{c} r^{\Pr}(tr_i^s) + \sum_{i=c+1}^{e} r^{\Pr}(tr_i^f) + \sum_{i=e+1}^{g} r^{\Pr}(tr_i^{nf}) + \sum_{i=g+1}^{k} r^{\Pr}(tr_i^{fw}) + \sum_{i=k+1}^{n} r^{\Pr}(tr_i^{nfw}) \to \max, \tag{6}$$

$$F_U = \sum_{i=1}^{a} r^U(tr_i^B) + \sum_{i=a+1}^{b} r^U(tr_i^{IB}) + \sum_{i=b+1}^{c} r^U(tr_i^s) + \sum_{i=c+1}^{e} r^U(tr_i^f) + \sum_{i=e+1}^{g} r^U(tr_i^{nf}) + \sum_{i=g+1}^{k} r^U(tr_i^{fw}) + \sum_{i=k+1}^{n} r^U(tr_i^{nfw}) \to \max, \tag{7}$$

де tr_i^B – бізнес-вимога, яка належить підмножині вимог $Tr^B \subset Tr_{IS}$; tr_i^{IB} – вимога до ІС як до аспекту бізнесу, яка належить підмножині вимог $Tr^{IB} \subset Tr_{IS}$; tr_i^s – вимога до ІС загалом, яка належить підмножині $Tr^s \subset Tr_{IS}$; tr_i^f – функціональна вимога до ІТ-послуги, яка належить підмножині $Tr^f \subset Tr_{IS}$; tr_i^{nf} – нефункціональна вимога до ІТ-послуги, яка належить підмножині $Tr^{nf} \subset Tr_{IS}$; tr_i^{fw} – функціональна вимога до ІТ-сервісу, яка належить підмножині $Tr^{fw} \subset Tr_{IS}$; tr_i^{nfw} – нефункціональна вимога до ІТ-сервісу, яка належить підмножині $Tr^{nfw} \subset Tr_{IS}$.

Для будь-яких з виділених підмножин множини Tr_{IS} повинно виконуватися правило

$$Tr_{IS}^x \cap Tr_{IS}^y = \varnothing. \tag{8}$$

Це правило визначає неможливість розглядання опису будь-якої вимоги до ІС як такої, що належить до двох чи більше груп вимог одночасно [13].

Тоді опис глобальної мети Постачальника ІТ-послуг можна подати так:

$$F_{\mathrm{Pr}} = \sum_{i=c+1}^{e} r^{\mathrm{Pr}}(tr_i^{\,f}) \to \max, \tag{9}$$

$$\begin{cases} \sum\limits_{i=c+1}^{e} \alpha_i^{\mathrm{Pr}} pay\left(r^{\mathrm{Pr}}(tr_i^{\,f})\right) \geq pay^{*}\left(\sum\limits_{i=c+1}^{e} r^{\mathrm{Pr}}(tr_i^{\,f})\right); \\ \sum\limits_{i=c+1}^{e} \beta_i^{\mathrm{Pr}} t\left(r^{\mathrm{Pr}}(tr_i^{\,f})\right) \leq t^{*}\left(\sum\limits_{i=c+1}^{e} r^{\mathrm{Pr}}(tr_i^{\,f})\right); \\ \sum\limits_{i=c+1}^{e} \gamma_i^{\mathrm{Pr}} q\left(r^{\mathrm{Pr}}(tr_i^{\,f})\right) \geq q^{*}\left(\sum\limits_{i=c+1}^{e} r^{\mathrm{Pr}}(tr_i^{\,f})\right); \end{cases} \quad \begin{cases} \sum\limits_{i=1}^{a} \mu_i^{\mathrm{Pr}} r^{\mathrm{Pr}}(tr_i^{B}) \geq \rho_{\mathrm{Pr}}^{B}; \\ \sum\limits_{i=a+1}^{b} \nu_i^{\mathrm{Pr}} r^{\mathrm{Pr}}(tr_i^{IB}) \geq \rho_{\mathrm{Pr}}^{IB}; \\ \sum\limits_{i=b+1}^{c} \chi_i^{\mathrm{Pr}} r^{\mathrm{Pr}}(tr_i^{s}) \geq \rho_{\mathrm{Pr}}^{s}; \\ \sum\limits_{i=e+1}^{g} \eta_i^{\mathrm{Pr}} r^{\mathrm{Pr}}(tr_i^{nf}) \geq \rho_{\mathrm{Pr}}^{nf}; \\ \sum\limits_{i=g+1}^{k} \varsigma_i^{\mathrm{Pr}} r^{\mathrm{Pr}}(tr_i^{fw}) \geq \rho_{\mathrm{Pr}}^{fw}; \\ \sum\limits_{i=k+1}^{n} \omega_i^{\mathrm{Pr}} r^{\mathrm{Pr}}(tr_i^{nfw}) \geq \rho_{\mathrm{Pr}}^{nfw}, \end{cases} \tag{10}$$

де μ_i^{Pr} – нормативний коефіцієнт повноти реалізації бізнес-вимоги tr_i^{B}, який враховує індивідуальні особливості Постачальника ІТ-послуг; ρ_{Pr}^{B} – мінімально допустимий для Постачальника ІТ-послуг рівень повноти реалізації підмножини бізнес-вимог до створюваної ІС; ν_i^{Pr} – нормативний коефіцієнт повноти реалізації вимоги до ІС як до аспекту бізнесу tr_i^{IB}, який враховує індивідуальні особливості Постачальника ІТ-послуг; ρ_{Pr}^{IB} – мінімально допустимий для Постачальника ІТ-послуг рівень повноти реалізації підмножини вимог до створюваної ІС як до аспекту бізнесу; χ_i^{Pr} – нормативний коефіцієнт повноти реалізації вимоги до ІС загалом tr_i^{s}, який враховує індивідуальні особливості Постачальника ІТ-послуг; ρ_{Pr}^{s} – мінімально допустимий для Постачальника ІТ-послуг рівень повноти реалізації підмножини вимог до створюваної ІС загалом; η_i^{Pr} – нормативний коефіцієнт повноти реалізації нефункціональної вимоги до ІТ-послуги tr_i^{nf}, який враховує індивідуальні особливості Постачальника ІТ-послуг; ρ_{Pr}^{nf} – мінімально допустимий для Постачальника ІТ-послуг рівень повноти реалізації підмножини нефункціональних вимог до ІТ-послуг створюваної ІС; ς_i^{Pr} – нормативний коефіцієнт повноти реалізації функціональної вимоги до ІТ-сервісу tr_i^{fw}, який враховує індивідуальні особливості Постачальника ІТ-послуг; ρ_{Pr}^{fw} – мінімально допустимий для Постачальника ІТ-послуг рівень повноти реалізації підмножини функціональних вимог до ІТ-сервісів створюваної ІС; ω_i^{Pr} – нормативний коефіцієнт повноти реалізації нефункціональної вимоги до ІТ-сервісу tr_i^{nfw}, який враховує індивідуальні особливості Постачальника ІТ-послуг; ρ_{Pr}^{nfw} – мінімально допустимий для Постачальника ІТ-послуг рівень повноти реалізації підмножини нефункціональних вимог до ІТ-сервісів створюваної ІС.

Опис глобальної мети Споживача ІТ-послуг можна подати так:

$$F_U = \sum_{i=c+1}^{e} r^U(tr_i^f) \to \max, \tag{11}$$

$$\begin{cases} \sum_{i=c+1}^{e} \alpha_i^U \, pay\left(r^U(tr_i^f)\right) \le pay^*\left(\sum_{i=c+1}^{e} r^U(tr_i^f)\right); \\ \sum_{i=c+1}^{e} \beta_i^U \, t\left(r^U(tr_i^f)\right) \le t^*\left(\sum_{i=c+1}^{e} r^U(tr_i^f)\right); \\ \sum_{i=c+1}^{e} \gamma_i^U \, q\left(r^U(tr_i^f)\right) \ge q^*\left(\sum_{i=c+1}^{e} r^U(tr_i^f)\right); \end{cases} \quad \begin{cases} \sum_{i=1}^{a} \mu_i^U r^U(tr_i^B) \ge \rho_U^B; \\ \sum_{i=a+1}^{b} \nu_i^{\Pr} r^{\Pr}(tr_i^{IB}) \ge \rho_{\Pr}^{IB}; \\ \sum_{i=b+1}^{c} \chi_i^U r^U(tr_i^s) \ge \rho_U^s; \\ \sum_{i=e+1}^{g} \eta_i^U r^U(tr_i^{nf}) \ge \rho_U^{nf}; \\ \sum_{i=g+1}^{k} \varsigma_i^U r^U(tr_i^{fw}) \ge \rho_U^{fw}; \\ \sum_{i=k+1}^{n} \omega_i^U r^U(tr_i^{nfw}) \ge \rho_U^{nfw}, \end{cases} \tag{12}$$

де μ_i^U – нормативний коефіцієнт повноти реалізації бізнес-вимоги tr_i^B, який враховує індивідуальні особливості Споживача ІТ-послуг; ρ_U^B – мінімально допустимий для Споживача ІТ-послуг рівень повноти реалізації підмножини бізнес-вимог до створюваної ІС; ν_i^U – нормативний коефіцієнт повноти реалізації вимоги до ІС як до аспекту бізнесу tr_i^{IB}, який враховує індивідуальні особливості Споживача ІТ-послуг; ρ_U^{IB} – мінімально допустимий для Споживача ІТ-послуг рівень повноти реалізації підмножини вимог до створюваної ІС як до аспекту бізнесу; χ_i^U – нормативний коефіцієнт повноти реалізації вимоги до ІС загалом tr_i^s, який враховує індивідуальні особливості Споживача ІТ-послуг; ρ_U^s – мінімально допустимий для Споживача ІТ-послуг рівень повноти реалізації підмножини вимог до створюваної ІС загалом; η_i^U – нормативний коефіцієнт повноти реалізації нефункціональної вимоги до ІТ-послуги tr_i^{nf}, який враховує індивідуальні особливості Споживача ІТ-послуг; ρ_U^{nf} – мінімально допустимий для Споживача ІТ-послуг рівень повноти реалізації підмножини нефункціональних вимог до ІТ-послуг створюваної ІС; ς_i^U – нормативний коефіцієнт повноти реалізації функціональної вимоги до ІТ-сервісу tr_i^{fw}, який враховує індивідуальні особливості Споживача ІТ-послуг; ρ_U^{fw} – мінімально допустимий для Споживача ІТ-послуг рівень повноти реалізації підмножини функціональних вимог до ІТ-сервісів створюваної ІС; ω_i^U – нормативний коефіцієнт повноти реалізації нефункціональної вимоги до ІТ-сервісу tr_i^{nfw}, який враховує індивідуальні особливості Споживача ІТ-послуг; ρ_U^{nfw} – мінімально допустимий для Споживача ІТ-послуг рівень повноти реалізації підмножини нефункціональних вимог до ІТ-сервісів створюваної ІС.

Такий підхід до опису вимог до ІС дає змогу розглядати задачу синтезу опису архітектури ІС згідно із визначеним вище підходом як дві задачі одночасно:

- задача синтезу раціонального опису функціональної структури ІС як сукупності ІТ послуг на основі описів функціональних вимог до ІТ-послуг створюваної ІС;
- задача синтезу раціональної ієрархічної структури робіт ІТ-проекту створення ІС як сукупності ІТ-послуг, наявність яких у створюваній ІС зумовлена функціональними вимогами, що поставив Споживач та прийняв Постачальник ІТ-послуг.

Зазначимо, що між Постачальником та Споживачем ІТ-послуг під час синтезу опису архітектури створюваної ІС відсутні форми попередніх домовленостей, які обмежують вибір Споживача або розробки Постачальника ІТ-послуг. Це дає змогу розглядати задачу синтезу раціонального опису архітектури створюваної ІС як сукупності ІТ-послуг у вигляді гри Постачальника зі Споживачем ІТ-послуг, яка має такі особливості:

- за кількістю гравців – гра двох осіб;
- за кількістю стратегій – скінченна гра, кількість чистих стратегій якої визначається кількістю типових функціональних модулів ІС, що пропонує Постачальник Споживачеві ІТ-послуг;
- за типом взаємовідношень гравців – безкоаліційна гра, до закінчення якої Постачальник та Споживач ІТ-послуг не можуть діяти сумісно (наприклад, не можуть затверджувати документ «Технічне завдання на розробку інформаційної системи») [14];
- за характером виграшів – гра з нульовою сумою (загальний капітал Постачальника та Споживача ІТ-послуг перерозподіляється між ними залежно від результатів гри);
- за виглядом функції виграшу – біматрична гра, оскільки функції виграшів Постачальника (9) та Споживача ІТ-послуг (12) різні.

В загальному випадку така гра для Постачальника та Споживача ІТ-послуг має вигляд:

$$\Gamma_{IS} = <\{\mathrm{Pr}, U\}, \{X_j\}_{j\in\{\mathrm{Pr},U\}}, \{f_j\}_{j\in\{\mathrm{Pr},U\}}>, \quad (13)$$

де Γ_{IS} – позначення гри Постачальника та Споживача ІТ-послуг; $\{\mathrm{Pr}, U\}$ – множина гравців, які беруть участь у грі Γ_{IS}; $\{X_j\}_{j\in\{\mathrm{Pr},U\}}$ – множина стратегій гри Γ_{IS}; $\{f_j\}_{j\in\{\mathrm{Pr},U\}}$ – множина функцій виграшів гри Γ_{IS}, яка складається з виразів (9) та (11) за умови виконання обмежень (10) та (12) відповідно.

Висновки і перспективи подальших наукових розвідок

Використання теоретико-ігрової моделі для розв'язання задачі синтезу опису архітектури ІС може надати значні переваги порівняно із іншими підходами до розв'язання цієї задачі внаслідок використання змішаних стратегій, за якими Постачальник пропонує Споживачеві ІТ-послуг не типові функціональні модулі створюваної ІС, а окремі ІТ-послуги, з яких складаються функціональні модулі системи, що будуть повністю адаптовані до вимог Споживача. Визначений у результаті набір ІТ-послуг створюваної ІС характеризуватиметься такими особливостями:

- максимально відповідає вимогам, що поставив Споживач ІТ-послуг;
- приносить Постачальнику ІТ-послуг бажаний прибуток від повторного використання ІТ-послуг та відповідних ІТ-сервісів;
- забезпечує реалізацію безперервних технологічних ланцюжків збору, зберігання та обробки даних у межах єдиної цілісної ІС;
- гарантує відсутність у створюваній ІС ІТ-послуг, які не є обов'язковими і не відповідають поставленим вимогам.

Отже, уможливлюється формування на формальному рівні опису архітектури створюваної ІС як сукупності артефактів, що потім можуть бути використані як специфікації процесів автоматизованого синтезу інформаційного та програмного забезпечень створюваної ІС.

1. ГОСТ ИСО/МЭК 15288–2005. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. Введ. 01–01–2007. – М.: Стандартинформ, 2006. 2. ГОСТ ИСО/МЭК 12207–2010. Системная и

программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. Введ. 01–03–2012. – М.: Стандартинформ, 2011. 3. [Електронний ресурс] Сайт «ISO/IEC/IEEE 42010 Website». – http://www.iso-architecture.org/ieee-1471/index.html. 4. Захман Дж. Бизнес и информационные технологии: лекция / Дж. Захман. – http://www.intuit.ru/department/ itmngt/entarc/1/. 5. Информационная система // [Електронний ресурс] Сайт «Глоссарий.ru». – http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi? RIt(uwsg.outt:l!xoxyls:. 6. Соммервил И. Инженерия программного обеспечения. – М.: Вильямс, 2002. 7. Foegen M. Die Rolle der Architektur in der Anwendungsentwicklung / M. Foegen, J. Batterfeld // Informatik-Spektrum. Springer. – 2001. – № 5(24). 8. Архитектуры, модели и технологии программного обеспечения информационно-управляющих систем: монография / Ткачук Н. В., Шеховцов В. А., Кукленко Д. В., Сокол В. Е. Под ред. М. Д. Годлевского. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2005. 9. Zachman J. A. Architecture is Architecture // [Електронний ресурс] Сайт «Zachman International». – http://test.zachmaninternational.com/index.php/ea-articles/68-architecture-is-architecture-is-architecture. 10. COCOMO II Model Definition Manual // Сайт «Center for Systems and Software Engineering». – ftp://ftp.usc.edu/pub/soft_engineering/COCOMOII/cocomo99.0/modelman.pdf. 11. Евланов М. В. Глобальные цели поставщика и потребителя ИТ-услуг / М. В. Евланов, О. Е. Неумывакина, А. Ю. Карамышева // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 5/2 (59). 12. Левыкин В. М. Паттерны проектирования требований к информационным системам: моделирование и применение / В. М. Левыкин, М. В. Евланов, М. А. Керносов. – Харьков: ООО «Компанія СМІТ», 2014. 13. Евланов М. В. Определение понятия «требование к информационной системе» // Вісник Академії митної служби України. Серія «Технічні науки». – 2012. – № 2. 14. Chase R. B. Production and operations management: manufacturing and services / R. B. Chase, N. J. Aquilano, R. F. Jacobs. – Boston: Irwin, 1998.