

## ДОМЕННИЙ АНАЛІЗ — ШЛЯХ ДОКАЗОВОЇ ПОБУДОВИ ГАЛУЗЕВИХ ОСВІТНІХ СТАНДАРТІВ

Сидоров М. О., Мендзєбровський І. Б., Малін І. В.

Національний авіаційний університет

Malin.Igor@Gmail.com

*У статті подано результати дослідження, в яких отримано сформовану модель доменної області освіти спеціалістів напряму «Програмна інженерія», а також шаблон для побудови інших освітніх стандартів, який можна реалізувати у вигляді автоматизованої експертної системи. Для побудови освітніх стандартів будь-якої галузі система буде універсальною за умови формулювання відповідних замінних сутностей, а саме, моделі, компонент, мови.*

*The article presents results of a study in which returned the established model of blast field of education experts as "Software Engineering", as well as a template for building other educational standards, which can be implemented as an automated expert system. To build the educational standards of any industry the system will be universal if the formulation of relevant entities substituted, namely, models, components, language.*

### Вступ

Основою підготовки фахівців в Україні є освітній стандарт, що розробляється, під час створення нового навчального напряму чи спеціальності. Цей стандарт містить документи освітньо-кваліфікаційної характеристики і освітньо-професійної програми, що визначають уміння, якими повинен володіти фахівець, та структури дисциплін, що формують відповідні уміння. На цих документах ґрунтується побудова навчального процесу будь-якого вищого навчального закладу, тож його наповнення є дуже важливим і повинно бути обґрунтовано. Нині розробка галузевих стандартів освіти базується на досвіді експертів предметної області. У зв'язку з цим узгодження і прийняття стандарту стає складним і суперечливим процесом, оскільки в його побудові бере участь значна кількість фахівців.

У статті задля більш ґрунтовного вирішення цього завдання, пропонується застосування доменного аналізу, що знайшов поширення в інженерії програмного забезпечення та в інших інженерних галузях.

Доменний аналіз буде проводитись на прикладі навчання фахівців за напрямом 050103 «Програмна інженерія» Міністерства освіти і науки України.

Існуючий стандарт розроблено шляхом залучення ряду фахівців предметної області з використанням їх професійного досвіду для виділення і структуризації необхідних дисциплін та умінь спеціальності напряму підготовки. Цей експертний підхід, безумовно, має раціональне зерно, але в даному випадку відсутня будь-яка інша основа, що доводить коректність визначення дисциплін напряму та умінь фахівця. Для більш ґрунтовного доказу застосований метод доменного аналізу.

### Метод доменного аналізу

Метод доменного аналізу, а зокрема, — метод організаційного доменного моделювання — це спосіб аналізу зв'язаних систем у домені для ви-

ділення їх схожих і відмінних частин [1]. Цей аналіз є методом систематичного повторного використання компонентів [2]. Домен — область вивчення, що визначається певними характеристиками, термінологією, функціональністю.

Організаційне доменне моделювання — систематичний підхід до доменної інженерії, розроблений для практичного застосування в доменах, де застосовне повторне використання і включає в себе формальні і неформальні практики проведення доменного аналізу [3].

Зокрема, доменний аналіз використовується у побудові систем з повторно-використовуваних програмних компонентів, аналізу існуючих та побудови нових інженерних рішень [4]. Також доменний аналіз може бути застосований і для будь-якої іншої предметної області, де необхідна структуризація компонентів систем домену. Таку модель доменного аналізу показано на рис. 1.

### Постановка задачі та підхід до її вирішення

У цьому випадку особливості проведення доменного аналізу розглядаються на прикладі напряму підготовки «Програмна інженерія» та зв'язаних з ним доменах, а в ролі повторно використовуваних компонентів — умінь. Сутності визначені таким чином тому що кваліфікація кожного спеціаліста як модель складається з ряду обов'язкових (основних) для напряму та додаткових для спеціалізації умінь та навичок.

Розглядаючи мету роботи з цього ракурсу, дослідження, в результаті, зможе створити модель підготовки фахівця і набір обов'язкових/додаткових умінь і відповідних їм дисциплін, як складових компонентів підготовки фахівця. На базі результатів дослідження пропонується методика систематичної доказової побудови галузевих стандартів освіти. Доменна область підготовки фахівців ІТ зокрема фахівців напряму «Програмна інженерія», включає в себе велику кількість систем і пов'язаних доменів, які тією чи іншою мірою впливають на уміння фахівця певної галузі.



Рис. 1. Модель доменного аналізу

Зв'язані домени включають, але не обмежуються доменом «Програмна інженерія», існуючими рекомендаціями знань області (SWEBOOK, Guidelines for Software Engineering Education), існуючою системою освіти і її особливостями, законодавством.

Завданням роботи є визначення умінь і відповідних їм дисциплін для стандарту освіти напряму «Програмна інженерія». Застосування доменного аналізу до цієї області дасть можливість визначити перелік умінь фахівця, ґрунтуючись не тільки на думці експертів, а й на формалізованих моделях домену, взаємодії систем у домені та зв'язаних доменів.

Таким чином, буде враховано потреби як виробництва (предметної області програмної інженерії), так і стандартів знань (SWEBOOK), а також особливості української системи освіти. За результатами, отриманими в процесі дослідження, слід виділити обов'язкові (основні) і другорядні (додаткові) дисципліни (тобто загальні (обов'язкові) та варіативні компоненти підготовки фахівців напряму «Програмна інженерія»). Це реалізується шляхом виділення компонентів умінь у доменній області та належності їх до побудованої моделі домену освіти напряму «Програмна інженерія».

Подальшою перспективою використання такого підходу є побудова універсальних моделей доменних областей напрямів освіти в ІТ (можливо, системи освіти в цілому), а також доменної мови для формалізації вимог напрямів підготовки, та експертної системи (шаблону) для автоматичного складання дисциплін за заданими критеріями.

Організаційне доменне моделювання виконується в три етапи, що виконуються послідовно [3]:

#### 1. Планування домену:

- 1.1. Визначення цілей моделювання;
- 1.2. Визначення меж доменної області;
- 1.3. Фокусування (дефініція) домену.

#### 2. Моделювання домену:

- 2.1. Накопичення інформації;
- 2.2. Розробка описових моделей домену;
- 2.3. Деталізація моделі домену.

#### 3. Розробка базису компонентів:

- 3.1. Визначення базису компонентів;
- 3.2. Побудова базису компонентів;
- 3.4. Реалізація базису компонентів.

Кожен з етапів складається з набору методик, що забезпечують практичне виконання доменного аналізу, застосованого до досліджуваної області.

#### Опис підходу

Розглянемо детальніше запропонований підхід до проведення доменного аналізу.

На етапі *планування домену* проводиться визначення і опис границь досліджуваного домену для відокремлення від інших (можливо також зв'язаних) доменів. Стосовно проблеми дослідження, доменом дослідження є домен освіти напряму «Програмна інженерія» або ж домен прикладної області «Програмна інженерія». Цей етап складається з трьох послідовних підетапів.

#### Визначення цілей моделювання

Мета цього підетапу — виділення цілей, стосовно яких проводиться моделювання, враховуючи інтереси всіх зацікавлених у цьому процесі сторін. Це можуть бути роботодавці, доменні експерти, викладачі, держава. Завданням є підвищення ефективності освіти спеціалістів, доведення існуючого вирішення моделі підготовки фахівців, або його спростування. На цьому етапі відбувається побудова діаграм зв'язків між заці-

кавленими сторонами і виділеними цілями моделювання. Первинні списки осіб і цілей можуть бути отримані з контексту досліджуваної проблеми. Зв'язки між особами і цілями також виділяються безпосередньо з контексту проблеми та можуть бути як позитивними, так і негативними, як одиночними так і множинними (один до одного, один до багатьох).

Результатом цього етапу є визначений набір цілей, зацікавлених осіб, зв'язків між ними. Ці сутності належать до моделі зацікавлених сторін проекту, що слугує первинним базисом для встановлення конкретних і досяжних цілей моделювання повторно-використовуваного розв'язання. У цьому випадку це буде список умінь і дисциплін з напряду підготовки. Важливо визначити дійсні цілі дослідження, а не посередні, оскільки це сприятиме визначенню меж дослідження. Діаграми, побудовані на цьому етапі, будуть використовуватися на інших етапах процесу організаційного доменного моделювання.

### **Визначення меж доменної області**

Завданням цього підетапу є визначення меж досліджуваного домену, а також виділення зв'язаних сутностей, їх відношення до досліджуваної сутності і навпаки. Межі домену визначаються таким чином, щоб вони відповідали і не суперечили цілям, виділеним попереднім етапом. Обраний домен називається сфокусованим доменом. Зважаючи на предмет дослідження і цілі дослідження, можна вважати, що сфокусованим доменом буде зв'язок доменів програмної інженерії та освіти. Вважається, що вибір сфокусованого домену є одним з найважливіших стратегічних рішень на початку проведення моделювання. Також на даному етапі може бути виділений організаційний контекст, тобто набір доменів, пов'язаних з досліджуваним доменом і між собою. Вони становлять непрямий (потенційно — прямий) інтерес у дослідницькому проекті. Наприклад, домени освіти інших технічних спеціальностей, що за характером роботи схожі на домен дослідження. Результатом цього етапу є визначені досліджувані домени, що підтверджуються проектними цілями.

### **Фокусування домену дослідження**

Мета цього етапу полягає в більш формальному та вузькому визначенні меж домену дослідження. Межі повинні відповідати стратегічним і концептуальним критеріям, виділеним раніше. Подальші методики застосовні на цьому етапі: повторна перевірка виділеного домену на прикладах «з життя», прототипування доменної моделі, перевірка на відповідність виділеним цілям і критеріям. Наприклад, аналітик може перевірити, чи є межі доменів освіти програмної інженерії достатніми для розкриття цілей дослідження,

чи повинна майбутня модель досліджуваного домену містити сутності з інших доменів, що не були включені у сфокусований домен за тих чи інших причин. Практично цей етап є етапом верифікації попередніх результатів. Аналітик, маючи вже більш конкретне уявлення про домен дослідження, може спробувати зробити начерки доменної моделі, що б зрозуміти, чи відповідає вибраний підхід цілям, визначеним на ранніх етапах дослідження. Якісною межею домену вважається межа з такими характеристиками:

- ясність — принципи, за якими була обмежена доменна область, повинні бути зрозумілі людям, що не брали участь у визначенні меж домену (моделювання);

- чіткість визначення на всіх рівнях — наявність чіткого розуміння критеріїв, за якими доменна область обмежується, на кожному рівні абстракції допомагає у вирішенні спірних питань, що можуть виникнути в процесі моделювання;

- здатність до розвитку — межа домену не може бути побудована абсолютно правильно на ранньому етапі, тому при побудові межі варто враховувати, що в неї можуть бути внесені зміни в ході роботи. Варто уникати надмірно чітких та виняткових описів межі домену;

- новизна — межа доменної області може включати ті поняття, які спочатку здавалися не пов'язаними, і навпаки, виключати ті поняття, які здавалися частиною області.

Результатом цього етапу є визначення домену, що описує межу домену дослідження щодо інших пов'язаних доменів, яка надалі в процесі роботи постійно оновлюється і вдосконалюється. Тобто, вона описує домен освіти програмної інженерії з боку усіх інших зв'язаних доменів і також може мати додатково описані обмеження.

Наступний етапом є етап *моделювання домену*.

### **Накопичення інформації по домену**

Цей підетап характеризується найбільшим залученням третіх осіб у процес доменного аналізу. Систематичне збирання інформації, на якій буде побудована доменна модель, виконується з використанням різноманітних джерел інформації. Здебільшого аналізується документація (ОКХ, ОПІ, SWEBOOK, SEEducationGuidelines,...), проводяться опитування інформаторів (експертів доменної області — програмна інженерія, роботодавців, викладачів, студентів, спеціалістів зв'язаних областей, науковців).

Інформатори повинні бути відібрані з різних областей і покривати сфокусований домен і зв'язані домени. Планується проводити предметні розмови з експертами предметної області та анкетування інших осіб для отримання необхідної інформації. Також розглядатимуться документи стандартів освіти України і світові стан-

дарті напряму програмної інженерії. Джерела інформації повинні бути оцінені командою аналітиків і структуровані за релевантністю (типом, важливістю, надійністю, структурованістю джерела і т. п.) для виділення контексту доменної області та структуризації отриманої інформації за виділеними артефактами.

Результатом цього етапу є складання досьє домену — запис всієї зібраної інформації на цьому кроці, що є базисом для наступного кроку модулювання.

### Розробка описових моделей домену

Інформація, зібрана раніше, обробляється з метою побудови формальних моделей, що виділяють спільність (загальне) і варіативність (відмінне) серед поданих (досліджених) систем домену. У цьому випадку повинні бути наведені обов'язкові уміння в доменній області програмної інженерії та навички, специфічні для тієї чи іншої системи в домені (спеціалізації).

Загальна картина відмінностей між системами надає необхідну інформацію для етапу побудови базису корисних компонентів. На цьому етапі одержується максимальний результат від вивчення кількох зв'язаних систем одночасно. Це допомагає визначити загалом контекст системних артефактів і об'єднати моделі систем домену в одну модель.

На цьому кроці має бути розроблений ряд незв'язаних моделей, що описують різні системи та області, що вивчаються домену.

Кожна модель визначається з використанням цілей дослідження, визначених раніше. Також визначається мова доменної області, тому що вона надалі буде використана в побудові множини моделей систем. Доменна мова повинна бути застосовна до опису складових домену, їх зв'язків та поведінки. Порівнюючи з природною мовою, словникові терміни (словник) визначають термінологію мови.

Концепції в домені складають семантику мови, а властивості (*features*) співвідносяться з самими реченнями в мові домену. На відміну від природної мови, доменна мова, отримана у результаті доменного моделювання, створює тільки кінцевий набір положень, які можуть описувати елементи домену.

Аналітики повинні фокусуватися на описовому моделюванні, намагаючись максимально передати ступінь всіх залежностей через доменну мову.

### Деталізація моделі домену

Використовуючи результати попереднього етапу, а саме — набори індивідуальних моделей, які, будучи об'єднаними, надають описову модель для загальних і варіативних характеристик у межах обраних репрезентативних систем домену та надають всю необхідну інформацію для виді-

лення загальних і варіативних компонентів. Основними цілями під етапу є:

- перевірка моделей, створених раніше;
- розробка теорії, або ж моделі, що пояснює обмеження або інші особливості репрезентативних систем домену. Ці особливості повинні бути обґрунтовані;
- визначення зв'язків між функціями домену, спільного і відмінного.

Тобто, кінцевим результатом етапу моделювання домену стосовно даної предметної області буде модель навчання за напрямом «Програмна інженерія», доменна мова, що описує вимоги до спеціалістів чи до підготовки, та розуміння, які частини кожної із систем у домені є спільними, тобто можуть бути повторно використаними, а які є відмінними, тобто специфічними для кожної із систем домену.

Отже, які навички є обов'язковими для всіх спеціалістів предметної області, та варіативними залежно від більш вузькою спеціалізації фахівця.

**Визначення базису повторно-використовуваних компонентів** на основі описових і функціональних моделей проводиться з метою отримання основних компонентів (умінь), необхідних для функціонування систем домену (освіти програмної інженерії, або ж професії цього напряму).

Побудову базису компонентів спрямовано на створення моделі компонентів (тобто умінь, навичок), що визначає набір характеристик, можливих для даного домену чи системи (тобто ті навички, які дійсно потрібні в програмній інженерії). Також повинні бути визначені зовнішні та внутрішні обмеження компонентів.

Наприклад, те чи інше уміння не може бути вивчене спеціалістом раніше, ніж будуть вивчені деякі інші уміння, від яких воно залежить. Це і є однією зі складових архітектури компонентів.

Розробка базису компонентів стосовно до домену визначає модульне і дисциплінарне наповнення того чи іншого вміння.

Цей процес уже був проведений під час побудови стандарту освіти напряму «Програмна інженерія» при переході від умінь до змістовних модулів і дисциплін [6].

Тобто цей перехід відображає дисциплінарну змістовність того чи іншого уміння спеціаліста відповідно до предметної області освіти (шляхом визначення дисциплін і модулів, що відповідають кожному з умінь).

Результатом цього етапу буде готовий набір сутностей: доменної моделі, доменної мови, базису компонентів (умінь) і їх реалізації (модулів, дисциплін), що потім будуть використані для побудови ОКХ, ОПП згідно з вимогами до спеціалістів галузі.

Модель практичного використання результатів доменного аналізу подано на рис. 2.

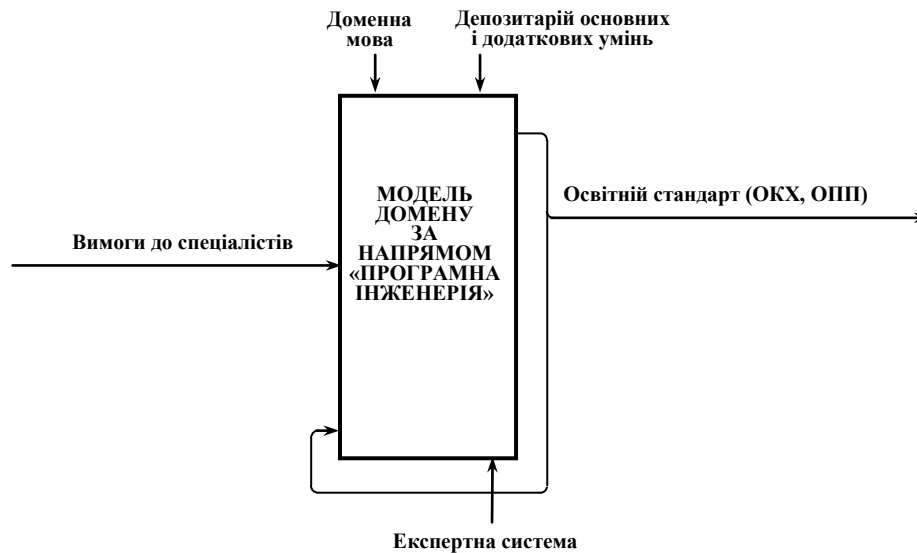


Рис. 2. Модель використання результатів дослідження

### Висновки

Таким чином, у результаті проведення доменного аналізу матимемо сформовану модель доменної області освіти спеціалістів напрямку «Програмна інженерія», а також шаблон для побудови інших освітніх стандартів, який можна реалізувати у вигляді автоматизованої експертної системи. Шаблон у такому випадку буде виступати в ролі повторно використовованого компонента моделі освіти. Для універсалізації цього підходу модель домену, базис компонентів і доменна мова прикладної області (в нашому випадку це модель області «Програмна інженерія») можуть виступати в ролі замічних модулів для експертної системи. Таким чином, система буде універсальна для побудови освітніх стандартів будь-якої галузі, за умови того, що для неї побудовані відповідні замічні сутності (модель, компоненти, мова)

Шляхом проведення доменного аналізу щодо доменної галузі програмної інженерії вдасться сформулювати список умінь, змістовних модулів і дисциплін за напрямом підготовки і винести поради щодо вдосконалення існуючих ОКХ, ОПП спеціальності, якщо результати дослідження відрізняться від існуючого рішення.

### ЛІТЕРАТУРА

1. *Neighbors*, JM Software Construction using Components. Technical Report 160. Irvine: Department of Information and Computer Sciences, University of California, 1980. — 180 p.
2. *Dennis de Champeaux*, Douglas Lea, and Penelope Faure. Domain Analysis, chapter 13, Object-Oriented System Development : Addison Wesley, 1993. — 120 p.
3. *Lockheed Martin Tactical Defense Systems*. Organization Domain Modeling (ODM) Guidebook, Version 2.0. Manassas: 1996. STARS-VC-A025/001/00. — 320 p.
4. *Kelly T., Lamand W., Whittle B.* Diary of a domain analyst: a domain analysis case-study from avionics, Rolls-Royce University Technology Centre, University of York, 2001. — 80 p.
5. *Arango and G., Prieto-Diaz R.* Domain analysis: Concepts and research directions. In R. Prieto-Diaz and G. Arango, editors, Domain Analysis: Acquisition of Reusable Information for Software Construction. IEEE Computer Society Press, May 1989. — 53 p.
6. *Бондаренко М.* Модель випускника бакалаврату «Програмна інженерія» / М. Бондаренко, М. Сидоров, Т. Морозова, І. Мендзевровський. — К. : Вища шк., № 4. — К., 2009. — Р. 52—62.

Стаття надійшла до редакції 16.10.09.