

С. В. ПОПЕРЕШНЯК

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри інформатики та програмної інженерії
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: 0000-0002-0531-9809

А. С. ВЕЧЕРКОВСЬКА

кандидат технічних наук,
доцент кафедри програмних систем і технологій
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ORCID: 0000-0003-2054-2715

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБКИ ВИМОГ ДО ХМАРНИХ ПРОГРАМ ТА СЕРВІСІВ

В роботі приділено увагу розробці вимог, так як це є одним з найскладніших і важливих етапів розробки будь-якого бізнес-процесу або проекту. Це дослідження намагається з'ясувати характеристики та аспекти інженерних вимог, які застосовуються хмарними обчисленнями. Розглянуто нотацію моделювання бізнес-процесів (BPMN), що якісно впливає на фіксацію процесу та внесення відповідних змін для покращення бізнес-операцій. Акцентовується увага, що BPMN можна використовувати як метод розробки вимог у хмарних бізнес-операціях. Крім того, у цій роботі представлено інженерну структуру вимог для послуг і хмарних обчислень, а також обговорюватиметься еталонна архітектура для послуг і хмарних обчислень. Розробка програмного забезпечення в хмарному середовищі включає деякі основні проблеми, такі як композиція програмного забезпечення, програмування, орієнтоване на запити та програмування, орієнтоване на інтерфейс програмування додатків, доступність вихідного коду, модель виконання та керування програмами. Щоб скористатися перевагами та зробити хмарні обчислення більш корисними, ці проблеми необхідно вирішити в різних процесах і методологіях розробки програмного забезпечення. Розглянуто еталонну архітектуру для обслуговування та хмарних обчислень. В роботі, також, наведено детальну архітектурну схему для інженерної структури вимог для обслуговування та хмарних обчислень, яка пояснює, як кожна окрема сутність пов'язана одна з одною, як працює процес та описано всі процеси та завдання інженерної структури вимог для обслуговування та хмарних обчислень, які можна розділити на три різні етапи, щоб забезпечити більш чітке бачення. В роботі розглянуто процес розробки вимог до хмарних програм. Під час розробки додатків розробку вимог вважають найважливішим етапом. Однією з ключових причин є те, що при розробці програм можна зіткнутися з найпоширенішими та трудомісткими помилками, а також з найдорожчими для супроводження та виправлення.

Ключові слова: хмарні обчислення, моделювання бізнес-процесів (BPM) і нотація моделювання бізнес-процесів (BPMN), інженерна структура вимог (REF), сервіс і хмарні обчислення (SCC).

S. V. POPERESHNYAK

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Informatics
and Software Engineering
National Technical University of Ukraine
“Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”
ORCID: 0000-0002-0531-9809

A. S. VECHERKOVSKAYA

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Software Systems and Technologies
Taras Shevchenko Kyiv National University
ORCID: 0000-0003-2054-2715

STUDY OF THE DEVELOPMENT OF REQUIREMENTS FOR CLOUD PROGRAMS AND SERVICES

In the work, attention is paid to the development of requirements, as this is one of the most difficult and important stages of the development of any business process or project. This study attempts to find out the characteristics and aspects of the engineering requirements applied by cloud computing. The business process modeling notation (BPMN) is considered, which qualitatively affects the fixation of the process and the introduction of appropriate changes to improve business operations. It is emphasized that BPMN can be used as a requirement development method in cloud business operations.

In addition, this paper presents a requirements engineering framework for services and cloud computing, and discusses a reference architecture for services and cloud computing. Software development in the cloud environment includes some basic issues such as software composition, query-oriented programming and API-oriented programming, source code availability, execution model, and application management. To take advantage of and make cloud computing more useful, these challenges must be addressed in different software development processes and methodologies. The reference architecture for maintenance and cloud computing is considered. The paper also provides a detailed architecture diagram for the service requirements engineering framework and cloud computing, which explains how each individual entity is related to each other, how the process works, and describes all the processes and tasks of the service requirements engineering framework and cloud computing, which can be divided into three different stages to provide a clearer vision. The paper considers the process of developing requirements for cloud programs. During application development, requirements development is considered the most important stage. One of the key reasons is that the most common and time-consuming bugs to encounter in software development are also the most expensive to maintain and fix.

Key words: cloud computing, business process modeling (BPM) and business process modeling notation (BPMN), requirements engineering framework (REF), service and cloud computing (SCC).

Постановка проблеми

Хмарні обчислення – це новий термін, який використовується для корисних обчислень, з наголосом на пропонуванні IT-ресурсів через Інтернет в обмін на локальне зберігання та експлуатацію ресурсів. В існуючій літературі існує безліч різних еталонних архітектур, моделей і фреймворків для хмарних обчислень. Зазвичай еталонна структура для хмарних обчислень намагається запропонувати базову лінію, яка полягає в розробці деяких сумісних хмарних служб, а також їх інтеграції в існуючі інфраструктури Інтернету та приватних корпорацій [1]. На регулярній основі еталонна структура повинна пропонувати проект або архітектурний шаблон, який можуть використовувати інші, які бажають прийняти подібні рішення. Еталонна модель полягає в поясненні концепцій і зв'язків, які підтримують еталонну архітектуру, тоді як термін еталонна структура відноситься до обох (архітектура + еталонна модель) [2]. Архітектура хмарних обчислень хмароподібного рішення представляє структуру такої системи. Термін також стосується належної документації архітектурної системи хмарного обчислювального рішення, що полегшує спілкування між інвесторами, приймає початкові рішення, а також дозволяє повторно використовувати компоненти дизайну та шаблони для інших подібних проектів [3].

Розробка абстрактних вимог (RE) – це найскладніший і важливий етап розробки будь-якого бізнес-процесу або проекту. Це дослідження намагається з'ясувати характеристики та аспекти інженерних вимог, які застосовуються хмарними обчисленнями. Нотація моделювання бізнес-процесів (BPMN) вплинула на фіксацію процесу та внесення відповідних змін для покращення бізнес-операцій [4].

Розглянемо, як BPMN можна використовувати як метод розробки вимог у хмарних бізнес-операціях. Крім того, у цій роботі представлено інженерну структуру вимог для послуг і хмарних обчислень (BPMN-REF-SCC), а також обговорюватиметься еталонна архітектура для послуг і хмарних обчислень. Розробка програмного забезпечення в хмарному середовищі включає деякі основні проблеми, такі як композиція програмного забезпечення, програмування, орієнтоване на запити та програмування, орієнтоване на інтерфейс програмування додатків (API), доступність вихідного коду, модель виконання та керування програмами. Щоб скористатися перевагами та зробити хмарні обчислення більш корисними, ці проблеми необхідно вирішити в різних процесах і методологіях розробки програмного забезпечення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Провівши аналіз останніх досліджень і публікацій за даною тематикою можна побачити, що в роботах [5]–[14] розглядають лише три основні моделі обслуговування хмарних технологій. Автори вважають, що ці дослідження не враховують повністю технічні та технологічні можливості хмарних обчислювальних технологій, оскільки моделі обслуговування хмарних технологій відображають структуру не лише хмарних технологій, а й інформаційних технологій загалом. Тому ці дослідження мають обмежений характер.

Деякі з дослідників уже випробували переважаючі інструменти, мови та інші методології в середовищі хмарних обчислень, розглядаючи методології розробки вимог, які зазвичай зосереджені на об'єктно-орієнтованих результатах і сервісорієнтованих інструментах. Основною проблемою хмарних обчислень є відсутність стандарту, який може допомогти зустрітися з головними цілями, які охоплюють різні характеристики хмарних обчислень.

На сьогоднішній день актуальність теми підтверджується тим, що все більше підприємств переходять від використання фізичних ресурсів до використання сервісів, що надають хмарні провайдери. Основними причинами цього переходу є можливість зменшити витрати на розгортання та підтримку інфраструктури, спрощення її обслуговування та збільшення ефективності використання її елементів.

Формулювання мети дослідження

Мета статті: перевірити продуктивність використання бізнесу щодо оптимального використання часу та вартості перед розгортанням послуг у хмарі.

Викладення основного матеріалу дослідження

Інженерна структура вимог для обслуговування та хмарних обчислень (REF-SCC) – це структура, яка може бути використана для проектування та впровадження сервісних обчислень для розгортання як веб-сервісу [4]. Це дослідження має показати, як REF-SCC може вирішити міграцію послуг і хмарних обчислень. Переміщення служб у хмару стосується переміщення настільної програми в хмарну програму, де будь-який користувач може використовувати послуги через Інтернет. Моделювання та симуляція за допомогою BPMN включені в процес розробки вимог REF-SCC, оскільки це забезпечує валідацію та тестування, що показано на рисунку 1.

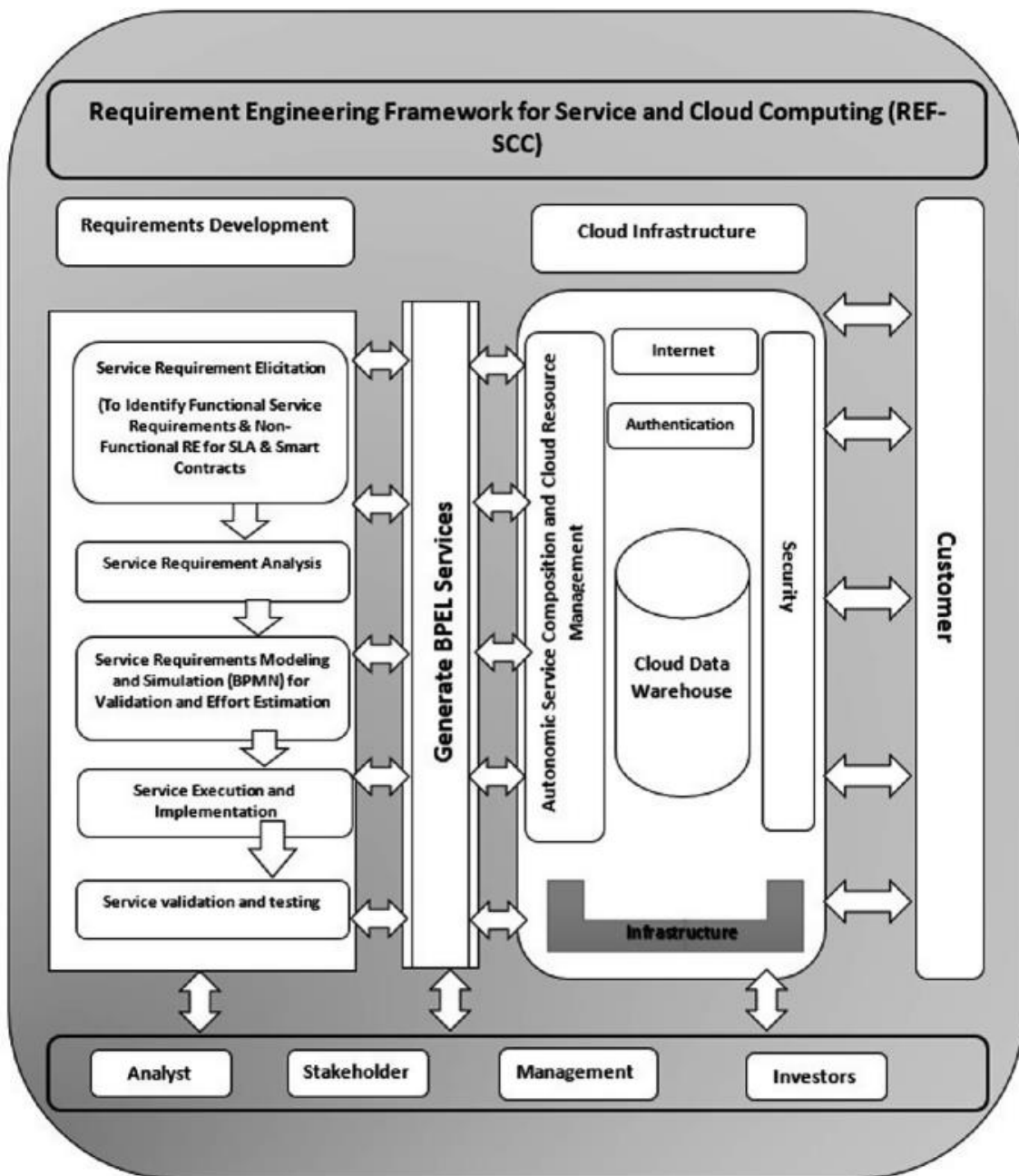


Рис. 1. Інженерна структура вимог до послуг і хмарних обчислень

Посилаючись на рисунок 1, рівень розробки вимог складається з підпроцесів, де вимоги до послуг необхідно виявити, проаналізувати, змодельовати, імітувати, виконати, реалізувати, перевірити та протестувати за допомогою BPMN і з безпосереднім залученням зацікавлених сторін, постачальників хмарних технологій та інших працівників підприємства.

Після управління вимогами та проектування послуг наступним завданням є створення послуг за допомогою хмарного провайдера.

Еталонна архітектура для обслуговування та хмарних обчислень. Нижче наведено детальну архітектурну схему для REF-SCC, яка пояснює, як кожна окрема сутність пов'язана одна з одною, як працює процес та описано всі процеси та завдання REF-SCC, які можна розділити на три різні етапи, щоб забезпечити більш чітке бачення. Еталонна архітектура (рисунок 2) складається з наступного.

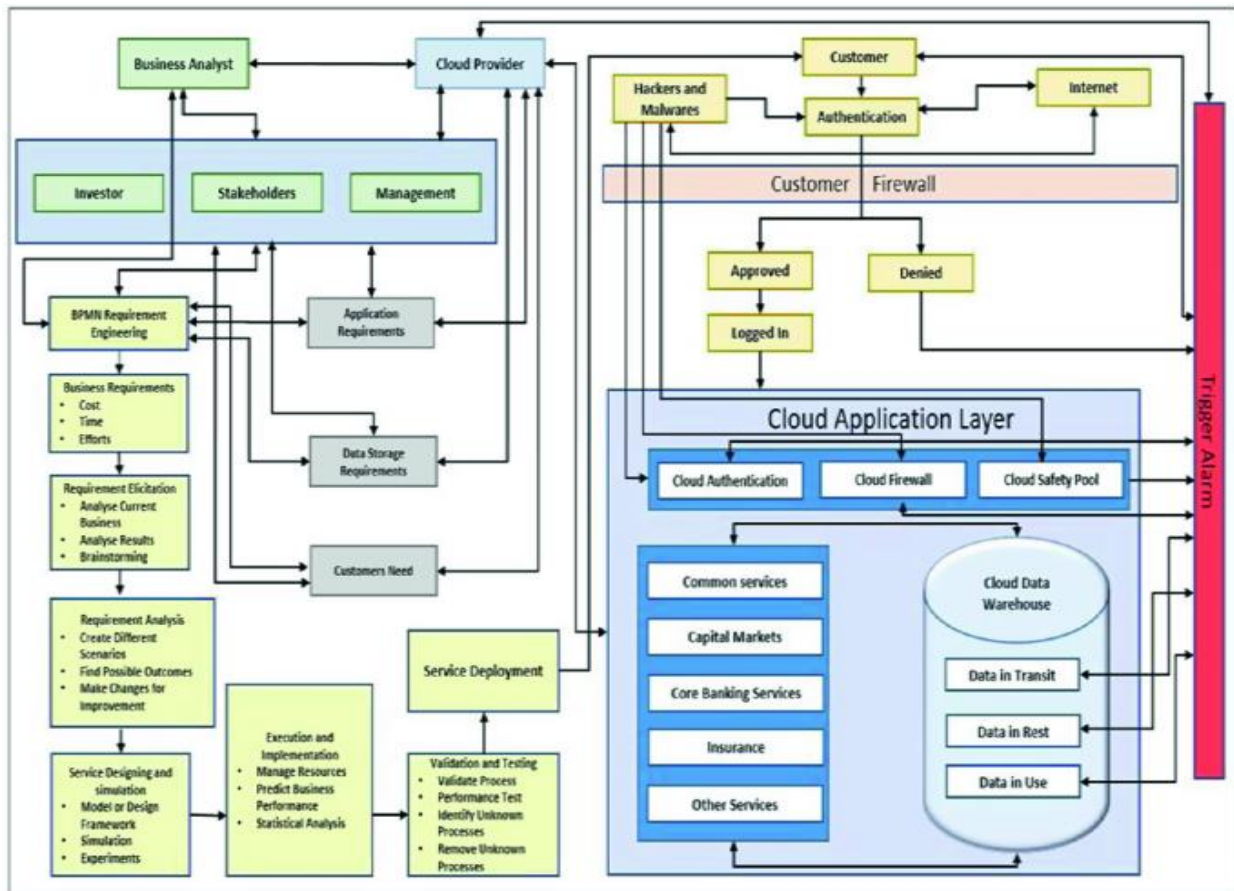


Рис. 2. Еталонна архітектура для обслуговування та хмарних обчислень

Етап 1 – це організаційні особи, які включають бізнес-аналітиків, інвесторів, керівництво та зацікавлені сторони. Етап 2 – це BPMN як метод розробки вимог, а етап 3 стосується хмарної інфраструктури.

Етап 1. Організаційні особи.

→, ці стрілки вказують на наступний процес або завдання, яке потрібно виконати.

↔, ці двосторонні стрілки визначають прямий зв'язок між процесами.

бізнес-аналітик є головним аспектом організації, який взаємодіє з усіма іншими аспектами бізнесу.

інвестори є фінансовою опорою.

внутрішні зацікавлені сторони, такі як співробітники, менеджери та власники. Зовнішні зацікавлені сторони, такі як постачальники, суспільство, уряд, кредитори, акціонери та клієнти. Обидві зацікавлені сторони можуть впливати на організаційне рішення та політику.

керівництво включає всіх працівників організації.

Етап 2. Процеси розробки вимог BPMN.

збір бізнес-вимог щодо вартості, часу та зусиль.

виявлення бізнес-вимог за допомогою аналізу поточного бізнесу, аналізу результатів і мозкового штурму за участю всіх бізнесменів.

наступним процесом є аналіз вимог, який складається зі створення різних сценаріїв для отримання бажаних результатів і, крім того, для внесення змін для покращення.

проекування, моделювання та експерименти за допомогою BPMN.

виконання та впровадження для прогнозування ефективності бізнесу.

перевірка та тестування перед розгортанням служб.

вимоги до програми повинні керуватися особами в організації та постачальником хмарних технологій.

зберігання даних має бути розглянуто постачальником хмарних технологій відповідно до бізнес-вимог.

для розгортання в хмарі працівники організації повинні визначити потреби клієнтів.

Етап 3. Архітектура хмарних додатків

інтернет – це підключення для доступу до хмарних веб-служб.

хакери та зловмисне програмне забезпечення зупиняють або скасовують послуги Інтернету, а також можуть викрасти інформацію.

для автентифікації клієнтів потрібні ідентифікатор і пароль для доступу до облікового запису.

брандмауер клієнта також можна описати як антивірус, який клієнти використовують на своїх відповідних комп'ютерах або ПК.

хмарна автентифікація, хмарний брандмауер і хмарний пул безпеки – це різні способи безпеки перед входом у хмару, щоб запобігти передачі даних.

клієнт може отримати доступ до різних послуг після аутентифікації, а послуги повністю залежать від особливостей конкретного бізнесу. У цьому випадку бізнес відноситься до фінансів; отже, можна отримати доступ до таких послуг, як ринки капіталу, банківські послуги, страхування та інші послуги.

хмарне сховище даних – це місце зберігання, де зберігається вся відповідна інформація клієнтів і може бути використана клієнтом і постачальником хмарних технологій.

дані в дорозі означає дані, які переміщуються до хмарного сховища даних для збереження.

дані в спокої – це дані, які зберігаються в хмарному сховищі та не використовуються.

дані, що використовуються – це дані, до яких на даний момент має доступ клієнт або хмара.

Нарешті, є сигнал тригера, який безпосередньо пов'язаний із постачальником хмари, клієнтом і між процесами автентифікації. Буде активовано сигнал тривоги, щоб повідомити клієнта та постачальника хмарних технологій у разі будь-якої підозрілої активності.

Під час розробки додатків і практики, і експерти вважають розробку вимог найважливішим етапом. Однією з ключових причин є те, що він може зіткнутися з найпоширенішими та трудомісткими помилками, а також з найдорожчими для ремонту. Фаза вимог у будь-якому проекті розробки програмного забезпечення виконується як три процеси, а саме: виявлення вимог техніко-економічного обґрунтування; уточнення вимог; та підтвердження вимог. Ці процеси та їх діяльність показано у верхній частині рисунку 3. Оскільки хмари використовуються як середовище для розгортання та доставки, неминуче будуть додаткові завдання, які слід планувати як частину процесу виявлення вимог. Це завдання, пов'язані з якість, пов'язаними з хмарою.

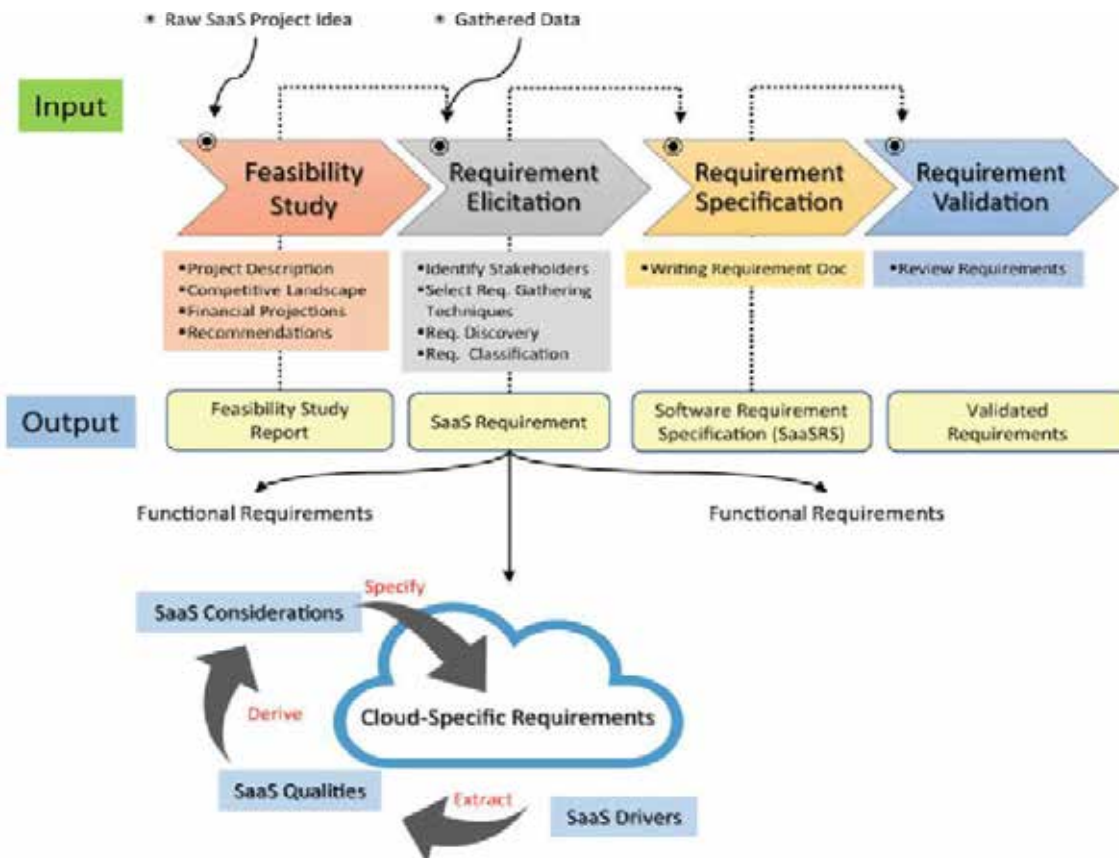


Рис. 3. Процес розробки вимог до хмарних програм

У результаті вимоги будуть розділені на три групи замість двох:

функціональні вимоги програми: вони описують, що мають робити програми.

нефункціональні вимоги: вони визначають критерії, які можна використовувати для визначення операцій системи, а не конкретних функцій.

вимоги до хмарних програм: вони визначають додаткові функціональні вимоги, які потрібно додати через використання хмари як середовища для розгортання та надання програмного забезпечення.

Розширення дозволяє розробникам програмного забезпечення збирати та вказувати вимоги з урахуванням якості хмари, що робить ідентифікацію та запам'ятовування функцій, пов'язаних із хмарою, при зборі та формуванні вимог до хмарних програм менш громіздким. Незважаючи на те, що якості хмарної програми були описані, розуміється, що різні якості хмарної програми можуть бути обрані на основі вимог замовника, не відступаючи від концепції та обсягу процесу розробки вимог. Відповідно, інші якості хмар, які можуть з'явитися в майбутньому, також входять до сфери запропонованої роботи.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

В роботі приділено увагу розробці вимог, так як це є одним з найскладніших і важливих етапів розробки будь-якого бізнес-процесу або проекту. Це дослідження намагається з'ясувати характеристики та аспекти інженерних вимог, які застосовуються хмарними обчисленнями. Розглянуто нотацію моделювання бізнес-процесів (BPMN), що якісно впливає на фіксацію процесу та внесення відповідних змін для покращення бізнес-операцій. Акцентується увага, що BPMN можна використовувати як метод розробки вимог у хмарних бізнес-операціях. Крім того, у цій роботі представлено інженерну структуру вимог для послуг і хмарних обчислень, а також обговорюватиметься еталонна архітектура для послуг і хмарних обчислень. Розробка програмного забезпечення в хмарному середовищі включає деякі основні проблеми, такі як композиція програмного забезпечення, програмування, орієнтоване на запити та програмування, орієнтоване на інтерфейс програмування додатків, доступність вихідного коду, модель виконання та керування програмами. Щоб скористатися перевагами та зробити хмарні обчислення більш корисними, ці проблеми необхідно вирішити в різних процесах і методологіях розробки програмного забезпечення. Розглянуто еталонну архітектуру для обслуговування та хмарних обчислень. В роботі, також, наведено детальну архітектурну схему для інженерної структури вимог для обслуговування та хмарних обчислень, яка пояснює, як кожна окрема сутність пов'язана одна з одною, як працює процес та описано всі процеси та завдання інженерної структури вимог для обслуговування та хмарних обчислень, які можна розділити на три різні етапи, щоб забезпечити більш чітке бачення. В роботі розглянуто процес розробки вимог до хмарних програм. Під час розробки додатків розробку вимог вважають найважливішим етапом. Однією з ключових причин є те, що при розробці програм можна зіткнутися з найпоширенішими та трудомісткими помилками, а також з найдорожчими для супроводження та виправлення.

Останнім часом поширене використання хмарних сервісів, які можна самостійно розгортати, методів контейнеризації та їх підтримка від великих компаній, таких як Amazon і Google, є визначними факторами, що сприяють розробці програмного забезпечення на основі хмари. Крім того, ідея екосистем існує вже багато років, але її застосування в розробці програмного забезпечення довелося чекати прогресу в цій галузі. У структурі працюють як люди, які мають знання предметної області, але не мають навичок програмування, так і люди з технічною освітою. Фреймворк дає змогу зарахувати більше знань у галузі, зосереджуючись на інтеграції, а не на внутрішньому розвитку. Крім того, він підтримує гнучкість домену, надаючи варіативність розробникам додатків, одночасно керуючи залежностями між змінними частинами під капотом. Щоб продемонструвати частину нашого підходу, пропонується розглянути інструмент Geneu, який забезпечує середовище моделювання для розробки програмного забезпечення на основі форм і процесів у хмарі. Під час майбутніх досліджень буде розроблено оцінку та ідеї щодо кращого використання, щоб скерувати користувача щодо отримання більшої користі від такого середовища.

Список використаної літератури

1. Răzvan ZOTA An Overview of the Most Important Reference Architectures for Cloud Computing. *Informatica Economica* 2014. 18, pp. 26-39 DOI: 10.12948/issn14531305/18.4.2014.03
2. Wilkes L., "Cloud computing reference architectures, models and frameworks", Everware CBDI, 2011, URL: <http://everware-cbdi.com/crfam>
3. Gerald K., "Cloud computing architecture", Siemens AG, 2010, URL: <http://www.sei.cmu.edu/library/as-sets/presentations/Cloud%20computing%20architecture%20-%20Gerald%20Kaefer.pdf>
4. Chand, K., Ramachandran, M. (2020). Requirements Engineering Framework for Service and Cloud Computing (REF-SCC). Ramachandran, M., Mahmood, Z. (eds) *Software Engineering in the Era of Cloud Computing. Computer Communications and Networks*. Springer, Cham. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-33624-0_1
5. Raj P, Venkatesh V, Amirtharajan R. Envisioning the cloud-induced transformations in the software engineering discipline. *Software engineering frameworks for the cloud computing paradigm*. Springer, London, 2013. pp 25–53.

6. Rimal BP, Jukan A, Katsaros D, Goeleven Y Architectural requirements for cloud computing systems: an enterprise cloud approach. *Grid Comput* 2011. 9(1), pp. 3–26.
7. Todoran I, Seyff N, Glinz M. How cloud providers elicit consumer requirements: an exploratory study of nineteen companies. *Requirements engineering conference (RE)*, 2013. pp 105–114.
8. Repschlaeger J, Zarnekow R, Wind S, Turowski K. Cloud requirement framework: requirements and evaluation criteria to adopt cloud solutions. *ECIS*. 2012, p 42.
9. Schrödl H, Wind S. Requirements engineering for cloud computing. *Commun Comput* 2011. 8(9), pp. 707–715.
10. Guha R (2013) Impact of semantic web and cloud computing platform on software engineering. In *Software engineering frameworks for the cloud computing paradigm*. Springer, London, pp 3–24.
11. Succi G, Predonzani P, Vernazza T. Business process modeling with objects, costs and human resources. In: Bustard D, Kawalek P, Norris M (eds) *Systems modeling for business process improvement*. Artech House, 2000. pp 47–60.
12. Lodhi A, Köppen V, Wind S, Saake G, Turowski K. Business process modeling language for performance evaluation. In: 2014 47th Hawaii international conference on system sciences (HICSS). IEEE, pp 3768–3777
13. Hernández-Orallo, J. Evaluation in artificial intelligence: From task- oriented to ability-oriented measurement. *Artificial Intelligence Review*, 2017. 48, 397–447. URL: <https://doi.org/10.1007/s10462-016-9505-7>.
14. Lodhi A, Köppen V, Saake G. Business process improvement framework and representational support. *Proceedings of the third international conference on intelligent human computer interaction (IHCI 2011)*, Prague, Czech Republic, August, 2011. Springer, Berlin, 2013. pp 155–167.

References

1. Răzvan ZOTA (2014) An Overview of the Most Important Reference Architectures for Cloud Computing. *Informatica Economica* 18(4/2014): 26-39 DOI: 10.12948/issn14531305/18.4.2014.03
2. Wilkes L., (2011) Cloud computing reference architectures, models and frameworks, Everware CBDI. URL: <http://everware-cbdi.com/ccrfam>
3. Gerald K., “Cloud computing architecture”, Siemens AG, 2010, URL: <http://www.sei.cmu.edu/library/as-sets/presentations/Cloud%20computing%20architecture%20-%20Ger-ald%20Kaefer.pdf>
4. Chand, K., Ramachandran, M. (2020). Requirements Engineering Framework for Service and Cloud Computing (REF-SCC). In: Ramachandran, M., Mahmood, Z. (eds) *Software Engineering in the Era of Cloud Computing*. Computer Communications and Networks. Springer, Cham. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-33624-0_1
5. Raj P, Venkatesh V, Amirtharajan R (2013) Envisioning the cloud-induced transformations in the software engineering discipline. In: *Software engineering frameworks for the cloud computing paradigm*. Springer, London, pp 25–53.
6. Rimal BP, Jukan A, Katsaros D, Goeleven Y (2011) Architectural requirements for cloud computing systems: an enterprise cloud approach. *Grid Comput* 9(1):3–26.
7. Todoran I, Seyff N, Glinz M (2013) How cloud providers elicit consumer requirements: an exploratory study of nineteen companies. In: *Requirements engineering conference (RE)*, 2013 21st IEEE international (pp 105–114).
8. Repschlaeger J, Zarnekow R, Wind S, Turowski K (2012) Cloud requirement framework: requirements and evaluation criteria to adopt cloud solutions. In *ECIS*. p 42.
9. Schrödl H, Wind S (2011) Requirements engineering for cloud computing. *Commun Comput* 8(9):707–715
10. Guha R (2013) Impact of semantic web and cloud computing platform on software engineering. In *Software engineering frameworks for the cloud computing paradigm*. Springer, London, pp 3–24.
11. Succi G, Predonzani P, Vernazza T (2000) Business process modeling with objects, costs and human resources. In: Bustard D, Kawalek P, Norris M (eds) *Systems modeling for business process improvement*. Artech House, pp 47–60.
12. Lodhi A, Köppen V, Wind S, Saake G, Turowski K (2014) Business process modeling language for performance evaluation. In: 2014 47th Hawaii international conference on system sciences (HICSS). IEEE, pp 3768–3777.
13. Hernández-Orallo, J. (2017). Evaluation in artificial intelligence: From task- oriented to ability-oriented measurement. *Artificial Intelligence Review*, 48, 397–447. URL: <https://doi.org/10.1007/s10462-016-9505-7>.
14. Lodhi A, Köppen V, Saake G (2013) Business process improvement framework and representational support. In: *Proceedings of the third international conference on intelligent human computer interaction (IHCI 2011)*, Prague, Czech Republic, August, 2011. Springer, Berlin, pp 155–167.