

## ВАЦЕБА БОГДАН

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
<https://orcid.org/0009-0004-3090-4198>  
e-mail: [bohdan.vatseba-a15122@nung.edu.ua](mailto:bohdan.vatseba-a15122@nung.edu.ua)

## БАНДУРА ВІКТОРІЯ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
<https://orcid.org/0000-0003-3143-0946>  
e-mail: [viktoria.bandura@nung.edu.ua](mailto:viktoria.bandura@nung.edu.ua)

## КАСЯНЧУК ІГОР

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
<https://orcid.org/0009-0008-1980-4339>  
e-mail: [igor.kasianchuk-a174-23@nung.edu.ua](mailto:igor.kasianchuk-a174-23@nung.edu.ua)

## ХАЛЄЄВ ДМИТРО

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
<https://orcid.org/0009-0001-4548-231X>  
e-mail: [haleev.dmitriy@gmail.com](mailto:haleev.dmitriy@gmail.com)

## СТАХОВ АНДРІЙ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
<https://orcid.org/0009-0008-5327-866X>  
e-mail: [andrej.stahov2015@gmail.com](mailto:andrej.stahov2015@gmail.com)

## СТРУКТУРИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ ТИПОВОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО РІШЕННЯ НА ОСНОВІ ПОДІЙ ДЛЯ КОНЦЕПЦІЇ ЦИФРОВОГО НАФТОГАЗОВОГО РОДОВИЩА

Стаття присвячена дослідженню процесів в нафтогазовій предметній області які за своєю природою є подієвими і підтримуються спеціалізованими системами та додатками автоматизації технологічних процесів. Автори зазначають, що вузька технологічна спрямованість таких додатків призводить до обмежень щодо обміну інформацією по заданих напрямках масштабування, які є критично важливими вимогами для скоординованих міжфункціональних агрегацій активностей. Ефективне реагування на події вимагає належної уваги до стратегії інтеграції та агрегації, яка полегшує створення потоків інформації між об'єктами. Методи, орієнтовані на події, можна ефективно використовувати для прийняття стратегічних рішень з управління технологічним процесом в режимі реального часу, скорочуючи таким чином час реагування, витрати, а також підвищуючи продуктивність всієї системи автоматизації. Обробка подій - це напрям досліджень, який передбачає виявлення релевантних подій, їх обробку, прийняття рішень щодо дій для кожної події та інформування відповідного персоналу про релевантну технологічну подію. В нафтогазовій предметній області впровадження систем на основі подій та обміну повідомленнями в поєднанні з семантичними методами може полегшити комунікацію компонентів цифрового нафтогазового родовища в режимі реального часу, в тому числі на рівні між різними програмними платформами. Такий підхід допомагає не тільки виявляти гетерогенні події з різних джерел, але й обробляти їх та приймати рішення щодо технологічних дій, які необхідно вжити, за допомогою бази знань і таким чином зменшити інформаційне навантаження на систему та невизначеність системи в цілому. Розглянуто типовий сценарій застосування системи обробки подій, при виникненні нештатної ситуації на нафтогазовому родовищі, яка повинна викликати реакцію не тільки оператора технологічного процесу, але й інженерів з технічного обслуговування, менеджерів з видобутку, інженерів з розробки родовищ та іншого наявного персоналу. Пропонована система, керована подіями, дозволяє швидко виявити несправність за допомогою різномірних джерел даних і вжити відповідних заходів, одночасно повідомляючи відповідний персонал, що сприяє ефективній комунікації між командами та задіяними програмними системами.

**Ключові слова:** цифрове нафтогазове родовище, обробка подій, семантичний веб, шаблони корпоративної інтеграції, семантичне виявлення подій, нештатна ситуація, репозиторій онтологій.

VATSEBA BOHDAN, BANDURA VIKTORIIA, KASIANCHUK IHOR, KHALIEIEV DMYTRO, STAKHOV ANDRII  
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

### STRUCTURING THE DESIGN PROCESS OF A STANDARD INFORMATION SOLUTION BASED ON EVENTS FOR THE CONCEPT OF A DIGITAL OIL AND GAS FIELD

The article delves into the key aspects of designing a standard information solution for a digital oil and gas field, emphasizing the importance of event-driven systems in this sector. It highlights that the oil and gas industry is characterized by high eventfulness and requires specialized automation systems and applications for technological processes. The authors note that the narrow technological focus of such applications leads to limitations in information exchange along specified scaling directions, which are critically important requirements for coordinated inter-functional activity aggregations. Effective event response demands proper attention to integration and aggregation strategies, facilitating information flows between entities. Event-oriented methods can be efficiently used for real-time strategic decision-making in managing technological processes, thereby reducing response time, costs, and enhancing the productivity of the entire automation system. Event processing is a research area that involves identifying relevant events, processing them, making decisions on actions for each event, and informing relevant personnel about the relevant technological event. In the oil and gas domain, implementing event-based systems and message exchanges combined with semantic methods can facilitate real-time communication between components of a digital oil and gas field, including across different software platforms. This approach not only helps in detecting heterogeneous events from various sources but also in processing them and making decisions on technological actions to be taken, using a knowledge base, thereby

reducing the system's informational load and overall uncertainty. A typical scenario for the application of an event processing system is considered, involving an emergency at an oil and gas field that should trigger a response not only from the process operator but also from maintenance engineers, production managers, reservoir engineers, and other available personnel. The proposed event-driven system allows for quick fault detection through diverse data sources and taking appropriate measures while simultaneously informing relevant personnel, facilitating effective communication between teams and involved software systems.

**Key words:** digital oil and gas field, event processing, semantic web, enterprise integration patterns, semantic event detection, emergency situation, ontology repository.

### Постановка задачі

Завданням даного дослідження є розробка та структуризація процесу проектування типового інформаційного рішення, що базується на подіях, для ефективного управління цифровим нафтогазовим родовищем. Враховуючи складність прогнозування за допомогою реальних даних через значну кількість невизначеностей, таких як неповнота, незнання, розпливчастість, неточність та неоднозначність, необхідно розробити систему, яка б дозволяла ефективно агрегувати та інтегрувати інформацію з різномірних джерел даних. Система повинна забезпечувати уніфіковане подання інформації, що сприятиме швидкому виявленню несправностей та оптимізації виробничих процесів через аналіз потоків даних в реальному часі та з мінімальною затримкою. Центральним елементом концепції є "управління за винятком", що передбачає зосередження уваги лише на критичних подіях для уникнення інформаційного перевантаження системи. Розроблена система має використовувати технології семантичного вебу для забезпечення інтероперабельності між джерелами даних та використання бази знань для ефективної інтеграції інформації. Результатом має стати покращення ефективності роботи, зменшення часу реагування на нештатні ситуації та оптимізація виробничих процесів у нафтогазовій галузі.

### Аналіз останніх джерел

Роль та місце інформаційних технологій (ІТ) та на сьогодні штучного інтелекту (ШІ) у розвитку цифровізації нафтогазової галузі [1], розвідки та видобування вуглеводнів є визначальним та значимим. Для дослідження рівня інтеграції таких рішень в нафтогазову галузь були досліджені різні стратегії технологічних операцій [2], відповідні інформаційні архітектури [3], середовища для спільної роботи [4] та прийняття рішень [5, 6].

Підхід, орієнтований на події [7, 8], лежить в основі значної частини технологічних операцій у галузі розвідки та видобутку нафти і газу. Також технічні завдання з ремонту нафтогазового обладнання та його технічного обслуговування зазвичай планують у відповідь на настання подій у формі технологічних збоїв, які часто супроводжуються *аномаліями* в потоках даних з режимних параметрів у реальному часі. Виробничі, операційні, технічні та інші команди реагують на події, використовуючи відповідні програмні продукти та рішення, які здатні ефективно обробляти конкретні аспекти подій, особливо щодо виникнення нештатних та аварійних ситуацій. Проте, сфера розгортання таких систем призводить до певної обмеженості додатків, що перешкоджає обміну інформацією між відповідними сегментами глобальної системи автоматизації рівня цифрового родовища.

Таким чином, важливою проблемою нафтогазовій інженерії сьогодні є відсутність інтегрованого та послідовного бачення виробничої ситуації в режимі реального часу. Щоб отримати доступ до історії робіт, інформації про технічне обслуговування та даних про обладнання після виходу з ладу ланки певного виду, інженеру потрібно виконувати запити до кількох різномірних джерел даних, а потім вручну інтегрувати отриману інформацію. І навпаки, *архітектура керована подіями*, забезпечує уніфіковане подання про декілька джерел знань і слугує єдиною точкою запитів для користувача, тим самим зменшуючи час на пошук даних. Це усуває розрізненість програмних додатків, притаманну нафтогазовій промисловості України, яка є основною перешкодою для інтеграційних розробок новітнього типу.

Центральним поняттям програмної імплементації концепції *цифрового нафтогазового родовища* є поняття керування на основі виняткових ситуацій (*exceptions*) [9, 10]. Це означає аналіз даних (*data analysis*) [11] та оповіщення відповідного персоналу лише у разі виникнення критичної ситуації або помилки, а не перевантаження всієї системи надмірною інформацією. Реалізація цієї концепції передбачає зіставлення шаблонів для виявлення подій, фільтрацію нерелевантних подій, призначення їм пріоритетів, призначення сповіщень про критичні ситуації відповідних користувачів залежно від їх рівнів доступу. Всі ці завдання повинні виконуватися в гетерогенних, розподілених джерелах даних і з мінімальною затримкою. Саме технології семантичного вебу [12, 13] можуть бути використані для забезпечення необхідного рівня взаємодії між джерелами даних та використання можливостей бази знань для ефективної інтеграції інформації мета рівня.

*Системи автоматизації на основі подій* [14] – це напрям досліджень, що розвивається, та охоплює виявлення та обробку технологічних подій, прийняття рішень щодо керуючих впливів для кожної події та надсилання повідомлень відповідному персоналу.

Дана технологія особливо корисна для сценаріїв інтеграції технологічних процесів, що включають відокремлені компоненти, декілька джерел даних і високу пропускну здатність подій. В той же час існуючі системи не здатні ефективно інтегрувати інформацію про події з декількох різномірних джерел даних і при цьому використовувати додаткові знання для обробки (наприклад з існуючих баз знань).

Для реалізації ефективної системи автоматизації технологічного процесу необхідна широка

міжфункціональна інтеграція інформації в формі потоків даних з давачів. Технології семантичного Вебу (*Semantic Web*) є застосовними для побудови такої інтеграційної структури, оскільки додаткові знання про події, сутності та правила (*Events, Entities, Rules*) можуть бути ефективно зібрані у вигляді семантичних моделей даних (онтологій) [15].

Ми пропонуємо застосування саме семантичної архітектури для системи автоматизації на основі подій, що полегшує інтеграцію інформації для процесів розвідки та видобутку, яка може бути використана для підвищення ефективності роботи та прийняття максимально релевантних стратегічних керуючих рішень.

### Виклад основного матеріалу

Підприємства та структурні підрозділи НАК «Нафтогаз України» по розвідці і видобуванні нафти і газу мають численні масштабовані системи автоматизації, що можуть бути перенесені на основу «Event driven \ керовані подіями», такі зокрема, як операційна діяльність, ринкова політика, нафтогазове виробництво, операційне регулювання, управління та безпека, охорона навколишнього середовища, тощо. Будемо розглядати безпосередньо процеси оптимізації нафтогазового виробництва, оскільки це дає можливість ретельно вивчити фактори, зумовлені подіями та визначити їхній вплив на відповідний технологічний процес, що лежить в їх основі. Подібний підхід можна застосувати і до інших імплементацій у галузі розвідки та видобування, таких як спостереження за родовищами в режимі реального часу та управління сервісом експлуатації свердловин.



Рис. 1. Компоненти прикладу використання для оптимізації нафтогазового виробництва

*Оптимізація видобутку нафти і газу* – це процес моніторингу видобутку вуглеводнів з родовища та вжиття відповідних заходів для його максимізації. Ці дії можуть бути короткостроковими, такими наприклад, як налаштування режимних параметрів, пов'язаних з давачами або довгостроковими, наприклад, заміна обладнання та буріння нових свердловин. Інтегрована операційна стратегія була б корисною для досягнення оптимізації видобутку в реальному часі, але існує декілька перешкод на шляху до ефективного рішення, а саме – інформаційне перевантаження, невизначеність вимірювань, розбіжність між локальними та глобальними даними, а також ризики для здоров'я, безпеки та навколишнього середовища, та концепції сталого розвитку України в цілому. На рисунку 1 показано схему різних компонентів, які беруть участь у сценарії оптимізації видобутку. Дані надходять з декількох розподілених джерел, таких як системи історичних даних, системи технічного обслуговування, бази даних обладнання, операційні та інформаційні системи моніторингу роботи свердловин. Корпоративні соціальні мережі, платформи для співпраці та технічні дискусійні системи також є важливими джерелами інформації, але переважно не застосовуються в системах корпоративної інтеграції. Кожне з цих джерел має відповідні ролі для персоналу або програмних систем, які можуть записувати в них дані і діють як інтерфейси для інших програмних систем, яким потрібно отримувати дані. Такі системи розглядаються як відповідні джерела знань. Розглянемо роботу персоналу, що працює з даними, а саме операторів, техніків, інженерів, аналітиків та менеджерів, оскільки всі вони знаходяться на різних рівнях організаційної ієрархії і, як правило, об'єднані в команди. Кожна команда взаємодіє з відповідною системою, записує відповідну інформацію і в подальшому її використовує, наприклад, команда технічного обслуговування займається технічним обслуговуванням та працює з інформацією про історію робіт, команда з експлуатації пов'язана з інформаційною системою моніторингу роботи свердловин, команда з надійності, доступності та ремонтпридатності моніторить стан обладнання в режимі реального часу, експерти визначають темпи закачування, а команда з видобування пов'язана з програмними платформами моніторингу видобутку. Вхідні дані, зазвичай включають безперервний потік

інформації в реальному часі щодо вимірювань давачів, а також загального стану обладнання.

Розглянемо приклад нештатної ситуації (події), яка виникла на нафтогазовому родовищі. Наслідки цієї події не обмежуються однією системою даних або командою, а поширюються на всю систему, оскільки вона пов'язана з певним обладнанням додаткова інформація про яке міститься в базі даних обладнання. Крім того, попередня історія роботи на цьому ж обладнанні дає важливі факти можливих причин його несправності. Даний вид обладнання також пов'язаний з буровою установкою та родовищем, а тому додаткові знання повинні бути зібрані та використані для усунення цих несправностей. Необхідно визначити перелік персоналу, який повинен бути проінформований про подію, а працівники обговорюють причини відмови обладнання засобами технічних дискусійних дошок або з використанням сайтів мікроблогів де отримують відповіді від експертів галузі. Така інформація у вигляді запитання-відповідь є корисною для визначення схожих проблем в майбутньому. Крім того, необхідно оцінити вплив цієї нештатної ситуації на операції та виробничі графіки, щоб вирішити, наскільки вона є критичною, і, таким чином, визначити, чи потрібно вносити зміни у технологічний процес. Незначна поломка на високопродуктивній свердловині може бути більш критичною, ніж велика поломка на невеликому нафтогазовому родовищі, а тому у цих розрахунках необхідно враховувати багато іншої контекстної та додаткової інформації. Зрозуміло, що необхідна інформація про подію міститься в декількох джерелах знань і для її отримання необхідно зробити кілька ізольованих запитів до різних програмних систем і команд. Складність цих взаємозв'язків призводить до більш тривалих простоїв і втрат всього процесу, а тому потрібно використовувати ефективне інтеграційне рішення.

Для того, щоб врахувати ці кореляції та взаємозв'язки і ефективно представити їх у різномірних джерелах даних потрібно застосувати технології семантичного веб. Семантична модель представлення може охопити необхідну інформацію, таку як відображення даних, кореляції між різними системами та обслуговуючим персоналом. Основними перевагами семантичного підходу є інтероперабельність між декількома джерелами даних, чітка виразність представлення та можливості виведення, що призводить до додаткової динамічності в системі. Така динамічність з використанням додаткових знань допомагає та сприяє інтелектуальному виявленні шаблонів, побудові міркувань (*reasonings schemas*), виборі правил, визначенні дій і процесів сповіщення. Відповідно, база семантичних знань надає додаткову контекстну інформацію, необхідну для оптимізації нафтогазового виробництва в цілому.

Основною принципу, що сприяє популярності систем обміну повідомленнями є концепція "слабкого зв'язку", яка полягає в зменшенні взаємозв'язку двох компонент системи між собою під час обміну інформації. Це призводить до створення асинхронних комунікаційних архітектур, які передбачають обробку переривань, змін або аномалій, оскільки ці два компоненти не пов'язані жорстко між собою. Є відомими три основні типи моделей інтеграції: моделі маршрутизації повідомлень, моделі перетворення повідомлень і моделі управління повідомленнями. Моделі маршрутизації повідомлень включають такі моделі, як контент-маршрутизатор, фільтр повідомлень, спліттер, агрегатор, ресеквенсор і процесор складених повідомлень. Шаблони перетворення повідомлень складаються із підсилювача контенту, фільтра контенту, перекладача повідомлень і нормалізатора. Патерни управління повідомленнями включають такі патерни, як прослуховування, шина управління, сховище повідомлень, очищувач каналів та історія повідомлень.

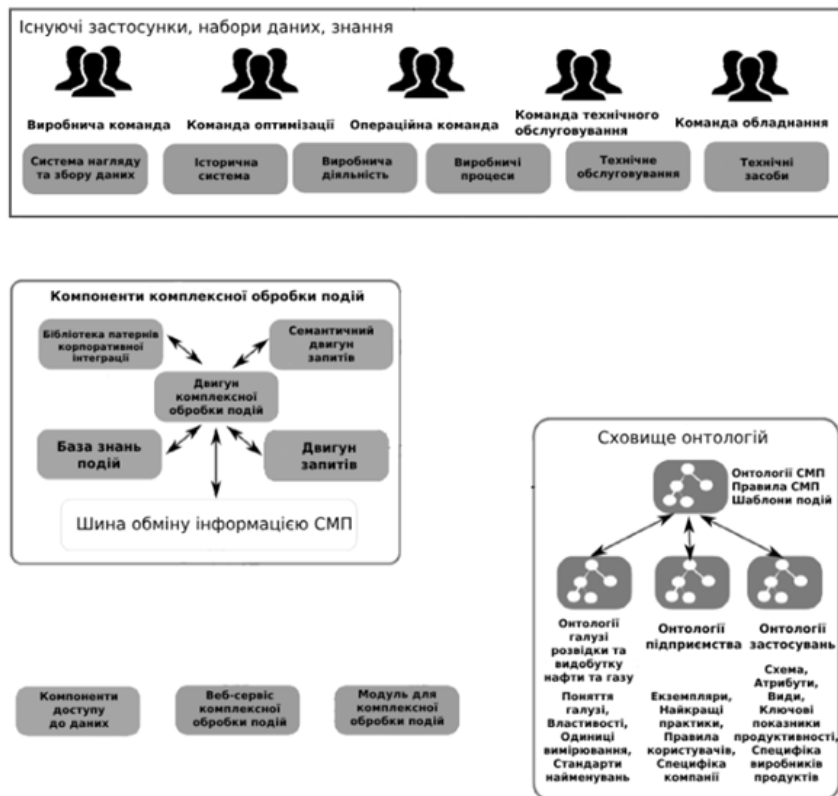


Рис. 2. Архітектура семантичної комплексної обробки подій для цифрового нафтового родовища

Для того, щоб виявити складні події, система повинна визначити, чи відбулися певні дії, що досягається створенням шаблонів перехідних процесів, які опитуватимуть значення даних. Потім, якщо протягом певного періоду часу немає відповіді від джерела даних, можуть бути запущені альтернативні

правила, які замінять попередні шаблони.

Розглянемо запропоновану семантичну архітектуру для цифрового нафтового родовища. На основі аналізу вимог, система інтеграції інформації на основі подій складається з трьох основних компонентів:

- 1) репозиторію онтологій,
- 2) інформаційної шини,
- 3) механізму обробки подій.

Компонент доступу до даних використовується кінцевим користувачем для взаємодії з системою та запитів до неї, а також система може бути подана у вигляді плагіну або веб-сервісу. Принципова схема запропонованої архітектури семантичної комплексної обробки подій наведена на рисунку 2.

Єдина база знань, що містить інформацію з усіх джерел даних, має вирішальне значення для будь-якої інтегрованої системи і слугує єдиною кінцевою точкою для отримання інформації з джерел знань, до яких відносяться нафтопромислові активи та задіяний обслуговуючий персонал. Пропонується використовувати інтегроване сховище онтологій для забезпечення такого уніфікованого представлення бази знань яке передбачає узгодження схем та відображення онтологій між окремими джерелами даних. Для цього необхідно використати модульну структуру репозиторію онтологій, яка містить чотири набори онтологій, причому сфера застосування модулів переходить від загальних до конкретних.

У якості першого набору застосовуються онтології, які надають схему для подій, сутностей, процесів, ролей, станів, шаблонів інтеграції, правил, спостережень, ситуацій та інших необхідних компонентів інтеграції на основі подій, незалежно від будь-яких концепцій домену. Вона відображає загальні поняття, такі як час і простір, отримані з верхніх онтологій і належить до набору онтологій домену/задачі в загальній ієрархії. Існуючі онтології подій або досить специфічні сутності для конкретної галузі можуть виступати в якості загальної онтології або не включати додаткові функції семантичної, такі як моделі інтеграції підприємства та виявлення подій з різних джерел. Пропоноване рішення включає розробку загальної онтології шляхом поєднання загальних концепцій, необхідних для забезпечення специфічних наших вимог до структури.

Розглянемо короткий опис класів у запропонованій онтології. Об'єкт події – це фізичний або абстрактний об'єкт, фізичні сутності якого включають всі види обладнання, машин та людей. Стан події може відноситись до запущеної, зупиненої, несправної, працюючої тощо. Роль події класифікується як джерело події, споживач події, працівник, керівник, менеджер, і так далі. Поняття "спостереження за подією" охоплює різні аспекти вимірювання спостережень, їх частоту та систему звітності. Подія - це прості або складні дії, причому складні події можуть об'єднувати інформацію з кількох простих подій. Процес події стосується процесів події, таких як виявлення події, дії або сповіщення. Шаблони інтеграції містять список використовуваних шаблонів інтеграції підприємства, а правила подій містять різні типи правил, такі як чіткі правила, правила визначення дій і правила їх агрегації.

Онтології доменів в основному складаються з концепцій домену розвідки та видобування, стандартів іменування, одиниць виміру та іншої специфічної для домену інформації. Для створення цього набору використовується інформацію з галузевих стандартів які можуть виступати в якості галузевих онтологій, що зіставляються з поставленими вимогами. Наприклад, в цьому наборі онтологій міститься інформація про найменування свердловин, одиниць виміру та атрибути обладнання.

Онтології додатків є специфічними для програмних додатків і містять інформацію про ключові показники ефективності, атрибути обладнання, представлення додатків та схеми для інших специфічних для постачальника елементів. Цю інформацію зазвичай отримують із опису продуктів постачальника, таких як системи, системи історичних даних, операційні та виробничі бази даних. Наприклад, система технічного обслуговування зазвичай має, такі як барелі нафти, що видобуваються за добу, очікуваний час простою і чистий видобуток, які представляються в цьому наборі онтологій.

Останній і найбільш спеціалізований набір – це онтології підприємства, які фіксують інформацію, специфічну для підприємства, таку як бізнес-правила, дані про співробітників, графіки, найкращі практики, політики компанії та будь-яку іншу специфічну інформацію для нафтогазового підприємства. Прикладами інформації, що міститься в цих онтологіях є організаційна ієрархія, відносини з керівниками, ідентифікатори працівників, адреси електронної пошти та склад підприємства, тощо. Інформація для цього набору онтологій отримується з даних наданих підприємством.

Окрім переваг репрезентативності, такий модульний підхід до інтегрованого сховища онтологій є дуже адаптивним і його можна легко зробити більш узагальненим або спеціалізованим. Оскільки онтологія не містить жодних понять, пов'язаних з доменом то можна адаптувати модель до абсолютно нового домену, наприклад нафтогазової предметної області, просто модифікувавши онтології нижнього рівня. Щоб використати ту саму структуру для іншої організації, потрібно лише змінити інформацію в онтологіях підприємства і доменних онтологіях, якщо домен відрізняється, при цьому не змінюючи інші рівні ієрархії.

Перейдемо до розгляду побудови інформаційної шини. Існує кілька методів передачі інформації в сценарії інтеграції підприємства, однак системи обміну повідомленнями мають ряд переваг оскільки зменшують затримки в комунікації завдяки своїй асинхронній, слабо пов'язаній природі і можуть використовуватися для надійної передачі інформації через інформаційну шину в режимі реального часу. Вони забезпечують ефективний віддалений зв'язок між компонентами та віддалені операції, що є центральним елементом інтегрованих операційних можливостей. Системи обміну повідомленнями особливо

корисні для сценаріїв корпоративної інтеграції, що включають кілька платформ і мов програмування. Вони діють як посередники для передачі та обміну інформацією між різними компонентами підприємства, а інтелектуальна інформаційна шина може ефективно слугувати каналом для використання можливостей систем обміну повідомленнями.

Пропонується автоматичне визначення найкращої послідовності патернів інтеграції для певної ситуації на основі додаткових знань зі сховища онтологій, при чому динамічні правила вибору патернів будуть інтегрувати інформацію з різних джерел знань. Даний підхід має дві основні переваги над сучасними комерційними шаблонами проектування: 1) використання можливостей семантичних технологій для кращого представлення та виведення висновків про події, 2) динамічне створення відповідних шаблонів дизайну на основі змісту запиту до бази знань. Таким чином, усі шаблони, вибрані механізмом, є перехідними і будуть змінюватися залежно від поточного контексту запиту.

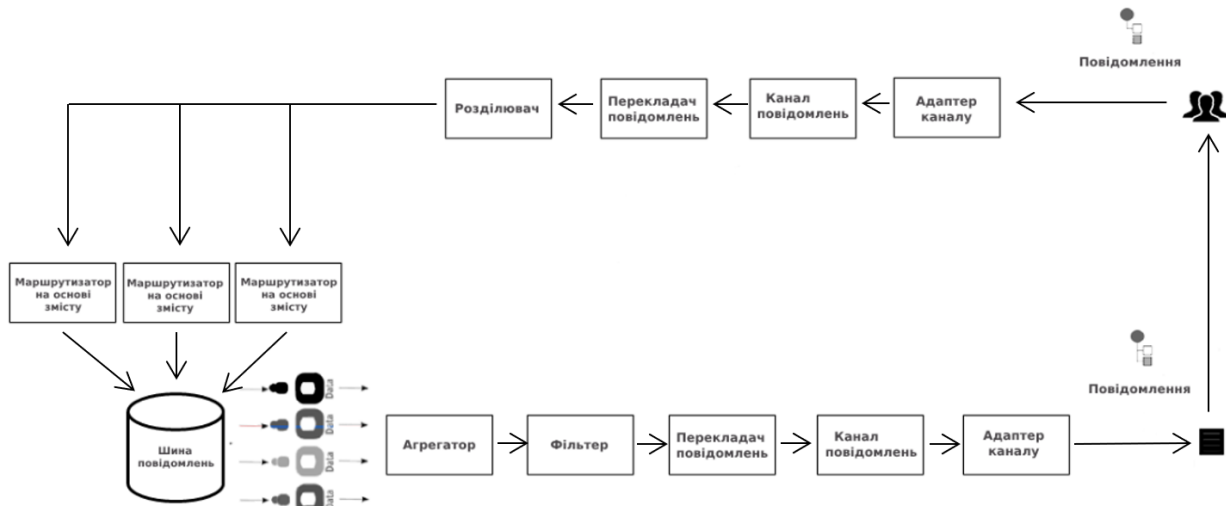


Рис. 3. Представлення послідовності шаблонів інтеграції підприємства нафтогазової галузі для комплексної обробки подій

На рисунку 3 показано приклад послідовності можливих патернів інтеграції для запиту користувача з використанням нотації для патернів. Компонент доступу до даних, що надається користувачеві пов'язаний з інформаційною шиною і механізмом обробки подій, який реалізує більшу частину необхідної функціональності. Спочатку запит користувача готується до передачі через канал повідомлень, а потім розбивається на підзапити відповідно до цільового джерела даних, до якого потрібно надіслати запит. Маршрутизатори повідомлень на основі змісту спрямовують підзапити на шину повідомлень, яка перенаправляє їх до відповідних джерел даних. Потім результати агрегуються і фільтруються, щоб видалити частини з набору результатів і уточнити їх відповідно до деталізації, необхідної користувачеві і отримана інформація надсилається у вигляді повідомлення користувачу. На основі змісту запиту користувача та його додаткових знань, механізм може автоматично визначити цю послідовність моделей інтеграції за певний період часу. Сучасні інформаційні системи для опрацювання даних з свердловин мають систему веб-звітів для сповіщень. Однак ці системи містять попередньо фіксовані і визначені списки кінцевих користувачів, а тому не мають змоги автоматично створювати нові списки на основі додаткових знань. Інтелектуальні сповіщення на основі знань можуть бути виконані засобами системи обробки подій, в якій список користувачів динамічно визначається, наприклад, інженеру не потрібно щохвилини отримувати дані про значення режимних параметрів, і не потрібно перевизначати проміжки сповіщення персоналу у разі критичної поломки обладнання.

Семантичний механізм є ядром інтеграційної структури і складається з компонентів, що відповідають за різні аспекти обробки подій. За допомогою інтегрованої бази знань він здатен виявляти події в різних джерелах даних і співвідносити розрізнені події між собою. Механізм повинен бути здатним обробляти велику кількість подій в режимі реального часу з можливістю контекстної фільтрації для збереження лише корисних подій. Правила від експертів предметної області також допомагають у виявленні складних подій, оскільки після виявлення, механізм подій може запропонувати відповідному персоналу коригувальні дії для відповідної нештатної ситуації. Завдяки методам предиктивної аналітики, міркуванням і доступу до історичних даних, механізм здатний передбачати майбутні нештатні події, а смарт система сповіщення або звітності є центральною для поширення інформації від механізму до користувачів і навпаки. Дана система сповіщення повинна мати можливість визначати список кінцевих користувачів, яким має бути надіслано повідомлення, а система в будь-який момент часу зможе налаштувати звіти відповідно до запитів та рівня деталізації відповідних користувачів.

База знань про події створюється за допомогою інтелектуального аналізу даних на основі семантичного доповнення даних, отриманих з джерел даних підприємства, яке виконується з використанням додаткових знань з репозиторію онтологій. Він містить інформацію про можливі типи подій на підприємстві та про те, як ці події пов'язані з іншими ресурсами, такими як обслуговуючий персонал, графіки, ролі,

процеси та ключові показники ефективності. Існування цієї бази знань уможливило семантичну комплексну обробку подій, однак, сучасні семантичні підходи не є достатніми для інтеграції інформації про події з гетерогенних джерел знань та визначення динамічних моделей інтеграції підприємства.

Моделі взаємодії між персоналом і джерелами даних, задіяними в системі, керованій подіями, є більш ефективними, оскільки послідовність оптимальних шаблонів інтеграції підприємства для обробки певного запиту визначається динамічно. Механізм виступає в ролі посередника для взаємодії на основі правил і здатний приймати розумні рішення в режимі реального часу. Наприклад, у випадку виходу з ладу насоса, оператор отримав повідомлення про поломку досить швидко, але через певні обставини побачив його досить пізно. Потім було виконано запропоновані коригувальні дії, але вони не ліквідували поломку про що було повідомлено керівництво. Оператору довелося б чекати на відповідь свого керівника, який, знову ж таки, міг би відреагувати не дуже швидко. Або в іншому випадку, відповідний інженер успішно відремонтував насос, але не повідомив про дану ситуацію. Відповідно, такі затримки можуть накопичуватися на різних етапах, при цьому збільшуючи час реагування на нештатну ситуацію. Система на основі подій може використовувати шаблон "накладання подій" в таких ситуаціях, щоб уникнути вузьких місць в процесі і значно скоротити затримки. Під поняттям накладання події мається на увазі концепція очікування відповіді на дію протягом певного часу, а в разі відсутності відповіді - автоматичний пошук рекомендованих найкращих практик для цієї події, і їх застосування та оповіщення відповідного персоналу. Сценарій накладання події зображено на рисунку 4.

Накладання подій є прикладом однієї з можливих моделей взаємодії на підприємстві, і, як правило, в механізмі обробки подій існує декілька таких моделей, а отримані шаблони будуть вивчатися з часом для подальшого використання з метою прийняття майбутніх стратегічних рішень.

Система, орієнтована на події, дозволяє зменшувати час реагування на події, оскільки звичайний робочий процес для таких систем полягає у виявленні події, повідомленні відповідного персоналу, отриманні коригувальних дій від персоналу, і надання відповідних рекомендаційних дій. Оскільки підхід на основі подій може використовувати правила "подія – умова – дія" зі своєї бази знань, то найбільш ймовірні дії можуть бути обрані автоматично без втручання оператора або можуть бути запропоновані персоналу, відповідальному за виконання цих дій. Якщо дія яка виконується є новою, то вона може бути додана до бази знань для подальшого використання. Використовуючи історичні дані та базу знань, система на основі подій може прогнозувати подібні події в майбутньому і повідомляти відповідних виконавців до того, як вона настане, що є корисним для прогнозування збоїв, аномалій та виняткових ситуацій. Така проактивна природа системи значно скорочує час реагування порівняно з існуючими системами, а персоналу не потрібно постійно перевіряти стан обладнання та стежити за показаннями процесу, що призводить до зменшення когнітивного навантаження.



Рис. 4. Приклад шаблону взаємодії під час накладання подій

На рисунку 5 показано, як проектована система призводить до зменшення затримок і пришвидшення часу реагування. У *першому сценарії* представлено простий робочий процес виявлення події: відбувається подія, через деякий час вона виявляється системою, а потім протягом певного періоду часу надсилаються сповіщення. *Другий сценарій* показує робочий процес виявлення шаблонної події: виникнення події (можливо, нештатної ситуації) визначається певним шаблоном правил і передумов, на основі яких можна визначити, чи відбулася дана подія, чи ні. *Третій сценарій* включає комплексну обробку складних подій в робочому процесі при якому система може не тільки виявляти події, але й приймати адаптивні рішення, такі як пошук коригувальних дій і визначення переліку осіб, яких потрібно сповістити.

Після цього сповіщений персонал може вжити коригувальних заходів для усунення події. Однак, якщо критичний збій вже стався, то існують затримки до того, як буде вжито заходів, які включають час на попередню обробку, отримання додаткової інформації про подію, обробку події відповідним механізмом, пошуку коригувальних дій, визначення відповідного персоналу і надсилання повідомлення до виконавців. В ідеальному випадку, потрібно щоб система могла запобігати майбутнім збоєм, а не вживати коригувальних заходів для їх виправлення після того, як вони настали. Цього можна досягти за допомогою прогностичної комплексної обробки подій, зображеної в *четвертому сценарії*. На основі попередніх умов і додаткової інформації з бази знань, прогностична система здатна передбачати майбутні аномалії і події збоїв, яка може прийняти адаптивну конфігурацію і ознайомити відповідний персонал із запропонованими діями, щоб запобігти виникненню нештатної ситуації.

Завдяки інтегрованій архітектурі пропонованої системи, витрати часу кінцевого користувача для пошуку даних значно зменшуються, оскільки всі запити користувача ініціюються через компонент доступу даних до єдиного механізму запитів, замість того, щоб звертатися до кількох джерел і контактувати з кількома користувачами. Складність пошуку релевантних даних може бути досить високою, особливо для складних запитів, що охоплюють кілька ресурсів. Наприклад, якщо аналітик хоче спрогнозувати майбутній видобуток нафти зі свердловини, то йому може знадобитися доступ до історичних даних про видобуток з інформаційної системи свердловини, даних про технічне обслуговування, а також до історії відмов і ремонтних робіт. В цьому випадку, аналітик може не мати доступу до інформаційної системи, а для його отримання необхідно звернутися до адміністратора, який може не дуже активно відповідати на запити. Крім того, доступ аналітика до даних може знадобитися відкликати після того, як він завершить читання даних.

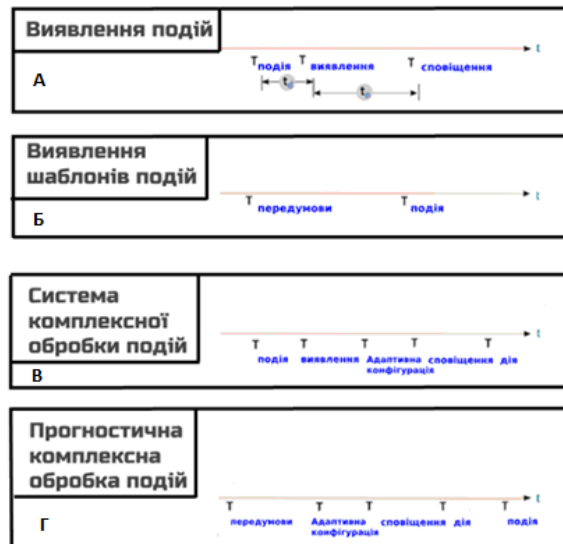


Рис. 5. Сценарії прогнозованого виявлення подій

Таким чином, перш ніж аналітик отримає необхідні дані, які можуть бути не в потрібній формі (форматі) або не в потрібній деталізації, може пройти досить багато часу, а система на основі подій автоматизує ці процеси і веде належний облік, таким чином мінімізуючи час очікування на отримання даних для кінцевого користувача.

### Висновки

В представленому дослідженні запропоновано підхід, *орієнтований на події*, для побудови типового інформаційного рішення для цифрового нафтогазового родовища. Оскільки ефективна обробка подій не може бути досягнута за допомогою окремих рішень через потенційні проблеми інтеграції, то було запропоновано підхід для оптимізації, що вказує на важливість взаємозв'язку подій між кількома джерелами даних. Показано, що методи семантичного Вебу можуть бути використані для обробки подій та ефективного керування такими агрегаціями. Системи обробки складних подій, в пропонованому підході, складатимуться з кількох функціональних компонентів, таких як фільтрація, верифікація виявлення, міркування, розуміння контексту, аналіз, солвінг, прогнозування та оптимізація, які є необхідними агрегаціями релевантної інформації в предметній області.

Запропоновано семантичну архітектуру системи обробки подій для цифрового нафтогазового родовища, яка полегшує інтеграцію корпоративної інформації і може бути успішно застосована для представлення та аналізу складних подій нафтогазової предметної області. Для сценарію оптимізації видобування вуглеводнів було описано запропоновану структуру, що включає ефективні моделі взаємодії, скорочення часу реагування, полегшення пошуку даних, виявлення послідовних найкращих практик та управління під час настання нештатної ситуації. Пропонована семантична архітектура комплексної обробки подій для цифрового нафтогазового родовища полегшує інтеграцію корпоративної інформації, сприяє



оптимізації видобутку нафти і газу, і включає ефективні моделі взаємодії, зменшення зусиль на пошук даних, швидший час реагування, створення послідовних найкращих методик та управління процесом під час виникнення нештатної ситуації.

Подальші напрями роботи будуть зосереджені на дослідженні процесів імітаційного моделювання в нафтогазовій предметній області з використанням семантичних запитів, правил обробки складних подій та методів інтелектуального аналізу даних і машинного навчання для виявлення закономірностей і взаємозв'язків у джерелах корпоративних даних.

### References

1. Energy strategy of Ukraine for the period until 2030. <https://ips.ligazakon.net/document/FIN3853A>
2. Handbook on oil and gas affairs; by general ed. PhD B.C. Boyka, R.M. Kondrata, R.S. Yaremychuka. K., Lviv, 1996. 620 p.
3. AZZEDIN, Farag; GHALEB, Mustafa. Towards an architecture for handling big data in oil and gas industries: Service-oriented approach. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2019, 10.2.
4. GAVRIL, Roxana Maria, et al. MANAGE COLLABORATIVE PARTNERSHIPS THROUGH EFFECTIVE PROJECT MANAGEMENT IN THE OIL AND GAS INDUSTRY. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, 2017, 17.1.5: 321-328.
5. SHAFIEE, Mahmood, et al. Decision support methods and applications in the upstream oil and gas sector. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2019, 173: 1173-1186.
6. KRASNYUK, Maxim, et al. Hybrid application of decision trees, fuzzy logic and production rules for supporting investment decision making (on the example of an oil and gas producing company). *ACCESS Journal: Access to Science, Business, Innovation in Digital Economy*, 2022.
7. STOPFORD, Ben. *Designing event-driven systems*. O'Reilly Media, Incorporated, 2018.
8. GÓMEZ, Abel, et al. A model-based approach for developing event-driven architectures with asyncapi. In: *Proceedings of the 23rd ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems*. 2020. p. 121-131.
9. MALIK, Azlinda Abdul; HASAN, Mohd Hilmi; JASAMAI, Mazuin. A Review on "Management by Exception" Surveillance for Well Management: To maximize Oil Production. *International Journal of Engineering & Technology*, 2018, 7.3.25: 90-95.
10. SHEKETA, Vasyi, et al. Solutions Outlining on the Set of Structured Technological Problems with Imposed Constraints. In: *MoMLeT+ DS*. 2021. p. 40-50.
11. NGUYEN, Trung; GOSINE, Raymond G.; WARRIAN, Peter. A systematic review of big data analytics for oil and gas industry 4.0. *IEEE access*, 2020, 8: 61183-61201.
12. PATEL, Archana; JAIN, Sarika. Present and future of semantic web technologies: a research statement. *International Journal of Computers and Applications*, 2021, 43.5: 413-422.
13. PARVEEN, Kausar, et al. Monitoring of Unaccounted for Gas in Energy Domain Using Semantic Web Technologies. *Comput. Syst. Sci. Eng.*, 2021, 36.1: 41-56.
14. THEORIN, Alfred, et al. An event-driven manufacturing information system architecture for Industry 4.0. *International journal of production research*, 2017, 55.5: 1297-1311.
15. DE GIACOMO, Giuseppe, et al. Using ontologies for semantic data integration. *A Comprehensive Guide Through the Italian Database Research Over the Last 25 Years*, 2018, 187-202.