

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ КОНЦЕПЦІЙ ІНТЕГРОВаних ІНФОРМАЦІЙНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ВЕЛИКИХ ДАНИХ У НАФТОГАЗОВІЙ СПРАВІ

М.С. Чесановський, В.І. Шекета

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15;
e-mail: nick.chesanovsky@gmail.com, vasylsheketa@gmail.com

Грунтовно проаналізовано функціональність великих даних та аналітичні можливості нового покоління інформаційної архітектури, яка може задовольнити потреби в динамічному ринку інформаційних програмних продуктів для підприємств нафтогазової промисловості. Показано, що швидкість генерування даних, які описують технологічні процеси галузі, постійно зростає, що призводить до підвищення рівня потреби в таких даних з боку експертів предметної області. Таке збільшення швидкості передачі даних і кількості джерел призводить до підвищення сукупних обсягів даних та викликає проблеми доступу, аналізу і управління величезними обсягами даних та їх зберіганням.

Пропоновані в даному дослідженні рішення в рамках концепції «Large Scale Data» допомагають нафтовим і газовим компаніям відповідати цим вимогам. Також розглянуто можливість та шляхи запровадження еталонної інформаційної архітектури бази даних.

Підхід та запропонована тут методика є результатом розроблення проектів клієнтів. Пропонуються рішення, з якими клієнти зазвичай стикаються в процесі планування інформаційної архітектури бази даних підприємств та реалізації програмних додатків для життєвого циклу нафтогазових родовищ. Створення інтегрованої інформаційної архітектури бази даних, яка може обробляти набори даних з відомою (чи невідомою) структурою, дозволяє суттєво підвищити можливості існуючих сховищ даних нафтогазової промисловості та знання-орієнтованих центрів обробки промислових даних.

Ключові слова: нафтогазовий об'єкт, нафтогазова справа, база даних, база знань, правила, прийняття рішень, оптимізація.

Основательно проанализирована функциональность больших данных и аналитические возможности нового поколения информационной архитектуры, которая может удовлетворить потребности в динамичном рынке информационных программных продуктов для предприятий нефтегазовой промышленности. Показано, что скорость генерирования данных, описывающая технологические процессы отрасли, постоянно растет, что приводит к повышению уровня потребности в таких данных со стороны экспертов предметной области. Такое увеличение скорости передачи данных и количества источников приводит к повышению совокупных объемов данных и вызывает проблемы доступа, анализа и управления огромными объемами данных и их хранением.

Предлагаемые в данном исследовании решения в рамках концепции «Large Scale Data» помогают нефтяным и газовым компаниям соответствовать этим требованиям. Также рассмотрена возможность и пути введения эталонной информационной архитектуры базы данных.

Подход и предложена здесь методика является результатом разработки проектов клиентов. Предлагаются решения, с которыми клиенты обычно сталкиваются в процессе планирования информационной архитектуры базы данных предприятий и реализации программных приложений для жизненного цикла нефтегазовых месторождений. Создание интегрированной информационной архитектуры базы данных, которая может обрабатывать наборы данных с известной (или неизвестной) структурой, позволяет существенно повысить возможности существующих хранилищ данных нефтегазовой промышленности и знание-ориентированных центров обработки промисловых данных.

Ключевые слова: нефтегазовый объект, нефтегазовое дело, база данных, база знаний, правила, принятие решений, оптимизация.

Thorough analysis of large data and analytical capabilities of new generation of information architecture, complying with requirements of the dynamic software market for oil and gas industry was performed. It was demonstrated that the data generation rate, describing technological processes of the industry, is constantly increasing, thus, leading to an increase in the level of demand for such data by experts of the subject area. Such an increase in data generation rate and the number of sources may cause an increase in aggregate data volumes and problems of access, analysis and management of huge volumes of data and their storage.

The solutions proposed in this study within the concept of "Large Scale Data" help oil and gas companies meet these requirements. The possibility and ways of implementing the reference database information architecture were also considered.

The approach and methodology proposed here is the result of client projects development. The solutions were proposed to help planning information architecture of the database of enterprises and implementation of software applications for the life cycle of oil and gas fields. Creating an integrated database information architecture that can handle datasets with a known (or unknown) structure can significantly improve the capabilities of existing data warehouses in the oil and gas industry and knowledge-oriented industrial data processing centers.

Key words: oil and gas facility, oil and gas engineering, database, knowledge base, rules, decision making, optimization.

Вступ. В той час, як інформаційна архітектура швидко розвивається, можливість доступу, аналізу і управління величезними обсягами даних набуває все більш важливого значення для компаній, які займаються розвідкою та видобуванням нафти і газу. Такі компанії, прагнучи підвищити ефективність та продуктивність виробництва, стикаються з цілою низкою проблем, в тому числі: невизначені і мінливі ціни на нафту і газ; зміна політики в галузі енергетики; екологічні проблеми (наприклад, від глобального потепління і ліквідації наслідків видобутку сланцю); конкуренція, що виникає з боку нових джерел енергії, а також з поточними експлуатаційними витратами на управління і неефективність галузі загалом по Україні.

Зіткнувшись з цими проблемами, багато хто бачить їх вирішення у “великих даних” і дачах, які можуть надати ці дані, що є важливим джерелом інформації, необхідної для оптимізації геологорозвідувальних робіт, буріння, видобутку і постачання нафти і газу.

Розвиток нафтової та газової промисловості тісно пов'язаний з оперуванням промисловими даними для ведення виробничої діяльності. Дана галузь однією з перших запровадила використання дачів даних для нижнього рівня виробництва з метою моніторингу перебігу відповідних технологічних операцій та моделювання життєвого циклу відповідних промислових об'єктів. Сьогодні нафтові і газові компанії швидкими темпами та в величезних обсягах збирають різноманітні дані [1–8]. Однак велика частина цих даних є неструктурованою або слабо структурованою, що вимагає вирішення проблеми їх зберігання, інтегрування та доступу з використанням традиційних та новітніх технологій баз даних, банків даних, сховищ даних, баз знань та знання орієнтованих технологій загалом [9–12].

Визнані світові лідери з розробки програмного забезпечення вже давно обслуговують потреби галузі в комплексних інформаційних рішеннях, в тому числі інтелектуальних. Компанії рівня ORACLE, Microsoft пропонують рішення для роботи з великими обсягами даних корпоративного класу, з низьким рівнем ризику для побудови цифрових моделей нафтових та газових родовищ. Комплексні рішення допомагають рентабельно інтегрувати і аналізувати широкий спектр неструктурованих даних для збільшення ефективності буріння і загальної продуктивності виробництва при одночасному запобіганні виникненню екологічних проблем та забезпечення безпеки виконання технологічних операцій загалом. Програмні інструменти високої доступності допомагають надійно виконувати віддалені операції, а особливості мульти-платформ забезпечують необхідну гнучкість для запуску кількох додатків на одному кластері, в рамках єдиного уніфікованого простору даних.

Можливість відмови устаткування залежить від багатьох чинників, таких як моделі використання, умови експлуатації, тиск мастила, рівень забруднення тощо. Дані з дачів облад-

нання і геологічні дані можуть бути проаналізовані з метою попередження відмови обладнання чи вибору найбільш ефективного обладнання для конкретних умов експлуатації і місця його встановлення.

Фахівці нафтових і газових компаній можуть аналізувати потоки даних від постачальників для оцінки продуктивності та оптимізації роботи ланцюга поставок, а дачі і відповідні мітки можуть бути використані для збору даних ланцюга поставок для визначення рівня запасів і витрат з метою планування закупівель.

Метою даної статті є розроблення інформаційної архітектури корпоративних рішень, що дозволяють в режимі реального часу видобування отримувати, аналізувати дані з дачів із високою роздільною здатністю і зберігати їх для більш точного прогнозування потенційного перебігу технологічних процесів та вирішення супутніх логістичних задач галузі.

Основна частина. Використання комплексних глобальних рішень для аналізу даних з різних джерел дає змогу виявити недоліки процесу буріння в режимі реального часу. Зокрема така технологія може бути використана для підвищення екологічної безпеки нафтових веж і бурових установок через аналізування закономірностей викидів з метою попередження їх виникнення.

Нафтові і газові компанії повинні могли чітко визначати події за шаблонами, що вказують на безпосередню загрозу інформаційній безпеці, та попереджати кібер-терористичні атаки. Комплексні рішення даного класу можуть допомогти виявити загрози в режимі реального часу через машинне навчання та методи виявлення аномалій, які можуть знизити ймовірність виникнення подібних прецедентів у майбутньому.

Нижче представлено інформаційну архітектуру бази даних, які мають значення в нафтовій і газовій промисловості.

Аналіз сейсмічних даних та даних про буріння і видобуток може допомогти оптимізувати видобуток нафти з існуючих свердловин. Методи “великих даних” також можуть бути використані для прогнозування видобутку нафти. Якщо прогнозування не відповідає певному рівню виробництва, то може бути виконана певна корекція. Пропоновані рішення можуть допомогти інженерам здійснити інтеграцію і проаналізувати дані для підвищення пропускної здатності каналів даних з існуючих свердловин.

Кінцевий користувач отримує перевірену, корпоративного класу платформу разом з додатками, що розгортається на місці та підтримує широкий набір критично важливих виробничих застосувань у режимі реального часу. Така система привносить безпрецедентну надійність, простоту у використанні і рекордну швидкість для баз даних і потоків додатків в єдиних розподілах. Використовується провідними Web компаніями. Інвестори проекту включають в себе Google Capital, Lightspeed Venture Partners, Mayfield Fund, CBA, Qualcomm Ventures.

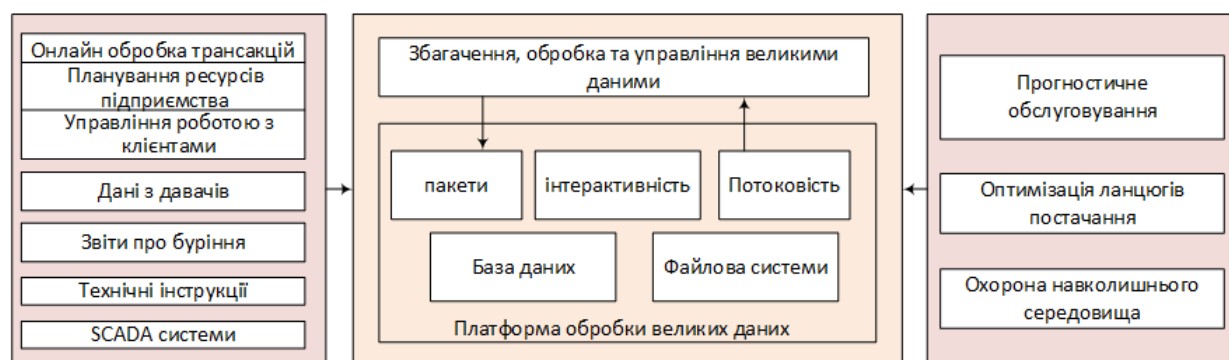


Рисунок 1 – Базові джерела даних нафтогазової галузі

Основні переваги:

Спрощена архітектура – зручний доступ до всіх корпоративних даних в одному сховищі.

Швидкий та адаптивний доступ – миттєвий доступ до даних, що дозволяє працювати в режимі реального часу.

Низька вартість зберігання даних – низьковартісне сховище високого класу в одній платформі.

Високий ступінь безперервної роботи – утримує надійність відповідно до високих вимог до промислових застосувань та уникає виникнення високовартісних простоїв.

Операційні додатки – дозволяють впровадження критичних рішень для “великих даних”.

Екстремальне масштабування – можливість для масштабування при низьких витратах.

Сьогодні, нафтові і газові компанії аналізують дані з різних джерел. Ці джерела даних можуть включати в себе:

- Дані з *низькорівневих давачів* під час розвідки, буріння, видобутку, транспортування чи переробки нафти і газу.

- Традиційні *корпоративні дані* з операційних систем.

- *Соціальні мережі*, якими користуються співробітники компанії.

- *Шаблони перегляду веб-сторінок* (на інформаційних корпоративних веб-сайтах).

- Дані про оголошені вакансії фахівців.

- Архівні дані про розвідку, логістик, ціни на нафту і газ.

- *Нові джерела даних*, такі як, наприклад, соціальні мережі можуть забезпечити важливе розуміння настрою місцевих громад в умовах їх реформування, що постраждали від об'єктів нафтогазової промисловості та трубопроводів. Добре керовані об'єкти нерухомості галузевих компаній також мають важливе значення для підтримки позитивної репутації, коли стикаються з оцінкою фінансових активів та потенційних ризиків.

Програмні архітектори великих компаній, таких як Oracle, працюють у багатьох галузях промисловості і розробили відповідну стандартизовану методологію на основі архітектури типового підприємства. Архітектурний підхід для підприємств від Oracle, разом з фреймворком сформований в інструментах, таких як Oracle Architecture Development Process (OADP)

і Oracle Enterprise Architecture Framework (OEAF).

Нафтові і газові компанії існують в умовах швидко змінюваного ринку. Нові методи отримання енергії та її альтернативних видів можуть вийти і вже успішно виходять на ринок і створюють надлишкову пропозицію. Розуміння напрямку ринкового ціноутворення і попиту в таких умовах має вирішальне значення. Наприклад, нафтопереробним заводам, можливо, буде потрібно вивчити інші ринки (в нових нішах або інших регіонах), коли місцеве джерело випереджує попит.

Стикаючись з цією невизначеністю, багато експертів продовжує робити наголос на більш ефективному управлінні та контролі за активами. Також залишається необхідність зосередитися на здійсненні дієвої та ефективної розвідки нафти і газу. Підтримання сприятливої екологічної співпраці та хороших громадські і державні відносини залишаються пріоритетом ведення успішного бізнесу разом з отриманням дозволів на нову розвідку та видобуток в разі підтвердження наявних запасів.

Типи даних, які використовуються в цих аналізах, можуть змінюватися в широких межах. Вони надходять здебільшого від давачів та інших потокових джерел даних. При розгортанні системи керування “Large Scale Data”, які включають в себе традиційні сховища даних і нові резервуари даних (на основі структурованих та неструктурованих баз даних), більш широкі типи даних, можуть бути проаналізовані, щоб гарантувати, що бізнес стає більш гнучким.

Ключовим завданням залишається перетворення цієї зростаючої лавини даних в чіткі шляхи, що вплинуть на енергетичний бізнес загалом. Нафтові і газові компанії вже давно сфокусувались на підвищенні ефективності геологорозвідувальних робіт за рахунок передових засобів аналізу, що застосовуються до різних даних. Сейсмічна топографічна зйомка підказує те, де потрібно бурити.

У складних сучасних умовах вартість нового дослідження не повинна зростати, а відсоток успіху потрібно поліпшити, щоб зберегти прибутковість. Аналогічним чином, збільшення потужності пласта як частини удосконалення і собівартість розробки є основними факторами в підтримці рентабельності.

Такі дані традиційно були проаналізовані в сховищах даних, що складаються з реляційних баз даних. Сьогодні акцент зміщується до кластерів даних, частково через їх відносно низьку ціну, а частково через файлову систему типу «schema-less», яка ідеально підходить для прогнозного аналізу робочих навантажень.

Необхідність отримання оперативної ефективності на бурових майданчиках, трубопроводах і нафтопереробних заводах добре розуміють спеціалісти галузі. Дані про стан операцій збираються з давачів у режимі реального часу, що дає можливість краще зрозуміти, коли повинно відбутися надання певного сервісу, а також шляхом моніторингу зміни стану ключових компонентів надавати ще більшу ефективність сервісів і відповідну економію коштів. Прогнозуючі аналітичні рішення, розгорнуті за системами Large Scale Data Management (системи керування великими даними), ймовірно, стануть звичайною практикою для підвищення загальної безпеки, надійності і зниження вартості реалізації типових галузевих проєктів. Такий аналіз може також вказувати на потенційні проблеми безпеки або на виявлення екологічних чинників ризику щодо виникнення аварій та нештатних ситуацій.

Сьогодні прогнозуючі аналітичні програми також можуть бути розгорнуті в рішеннях сховищ даних, наприклад при оптимізації маршрутизації транспортних засобів, технологічного персоналу та матеріалів для розвідки і видобутку вуглеводнів. Така маршрутизація має фундаментальне значення для забезпечення мінімально можливої вартості доставки при збереженні рентабельності. Це також важливо для вчасної доставки запчастин, щоб уникнути серйозних проблем з обслуговуванням та безпекою логістики загалом.

Ціни на нафту і газ можуть бути вельми мінливими, однак їх вартість протягом терміну реалізації проєкту може визначити, чи має фінансовий сенс рзвідка, видобуток і переробка нафти чи газу. Прогнозні аналітики можуть відіграти вирішальну роль для отримання розуміння щодо ймовірних напрямків ціноутворення, визначення правильної геологорозвідки та вибору рівня промислового виробництва. Такі дані також можуть дати вказівки щодо правильних інвестицій у відповідні проєкти.

Багато з існуючих бізнес-можливостей можуть бути розширені, коли все більш різноманітні дані стають частиною інформаційної архітектури. ІТ-підрозділи в нафтових і газових компаніях, як правило, працюють з їх напрямками бізнесу для створення рішень, при визначенні проєктів Large Scale Data, які забезпечують наступне:

1. Поліпшена розвідка надр швидше повертає інвестиції: розвідка нафти і газу вимагає великого сейсмічного, екологічного та вартісного аналізу виробництва для того, щоб визначити, чи можуть очікувані доходи бути прибутковими та досяжними. Розуміння змін умов ринку – також важливий фактор для успіху проєкту.

2. Підвищення ефективності виробництва. Ефективність виробництва забезпечуються за рахунок постійного аналізу бурових робіт і своєчасного технічного обслуговування обладнання. Віддалений моніторинг і аналіз також мають важливе значення для визначення стану трубопроводів і нафтопереробних заводів. Також аналіз відіграє важливу роль в наданні допомоги для уникнення проблем з безпекою, забрудненням навколишнього середовища, які можуть бути побічним продуктом неоптимального керування технологічними операціями.

3. Економічно ефективні та своєчасні ланцюги поставок і управління логістикою: Доставка запчастин, витратних матеріалів, обладнання та персоналу своєчасно є ключовими при оптимальному збереженні виробничих потужностей і забезпеченні мінімального часу простою. Ефективне управління логістикою може також забезпечити більш рентабельні ланцюги поставок.

4. Кращий аналіз ринку для ведення інвестицій: Аналіз поточних цін і тенденцій на ринку є вирішальним фактором у визначенні того, коли необхідно виконувати дослідження надр, коли запускати саме виробництво, коли купувати і продавати активи, а також, коли потрібно змінити інвестиційні стратегії.

5. Поліпшення відносин з громадськістю: розуміння громадської думки і вміння швидко реагувати на запити від громадських і державних органів є надзвичайно важливим при встановленні довіри з більш широкими спільнотами.

6. ІТ-експлуатаційна ефективність: не є чимось унікальним для нафтових і газових компаній і рідко ведеться з позицій чистого ІТ бізнесу (але є можливі причини використання на розширених архітектурах) та полягає в необхідності переміщення постановки даних і їх перетворення в “schema-less”-платформу для більш ефективної обробки і залучення ІТ-ресурсів. Експлуатаційну ефективність часто буває важко довести, але іноді це є початковим обґрунтуванням, до якого ІТ-компанії власне і прагнуть при розгортанні цих нових та новітніх типів рішень.

Поліпшення геологічного аналізу за допомогою інформаційного та комп'ютерного моделювання несправностей обладнання і сейсмічного аналізу, що призводить до більших знахідок та з більш передбачуваним результатом, а також поліпшує планування свердловин промислового буріння. Віддалений оперативний контроль і моніторинг трубопроводів і обладнання для більш низької вартості, дає зниження екологічного ризику і підвищення безпеки загалом. Більш активні зв'язки з громадськістю, де настрої різко змінюються на негативні. Швидке реагування на запити про вплив на навколишнє середовище та інші наслідки пошукового та промислового буріння. Відстеження екологічних норм на місцевості і розуміння потенційних витрат по очищенню екосистеми. Дачі на свердловинах, що вказують на неправильні показники допомагають передбачити і

Таблиця 1 – Інформаційне забезпечення нафтових і газових компаній

Область застосування	Бізнес виклики	Можливості покращень засобами комплексних ІТ рішень
Наукові дослідження з питань нафтогазової енергетики	Розуміння найбільш життєздатних областей нафтогазової енергетики з потенційно найбільшою віддачею	Поліпшення прогнозування ринку з метою кращого визначення того факту, коли розвідка і видобуток можуть бути життєздатними та рентабельними
Буріння і видобуток вуглеводнів	Сприяння підвищенню ефективності роботи при одночасному дотриманні екологічних стандартів	Краще прогностичне технічне обслуговування, що дає змогу підвищити готовність обладнання
Логістика поставок і матеріально-технічне забезпечення	Оптимальний час для доставки запчастин, витратних матеріалів та персоналу, необхідних для розвідувальних і виробничих майданчиків	Прогнозований час доставки важливих запчастин, обладнання та кваліфікованого персоналу. Мінімальний час простою. Оптимальне використання палива і вартості доставки
Управління нерухомим майном	Залишати і продавати майно, якщо воно більше не вважається фінансово виправданим	Продаж елементів, поки вони підтримують конкурентну вартість. Використовувати продаж майна, щоб фінансувати нові дослідження в більш прибуткових проектах галузі
Зв'язки з громадськістю та урядом	Підтримувати добрі робочі відносини з громадськими та урядовими органами та організаціями	Більш швидко визначення настроїв спільноти територіальних громад по відношенню до розвідки, буріння та видобутку (особливо в питаннях сланцевого газу)
Прогнозування цін на ринку	Розуміння напрямку ринку ціноутворення і майбутнього впливу на рентабельність розгашувань ресурсів при дослідженні та в виробництві	Швидко приймати більш зважені рішення, про те, де і коли проводити розвідку на нафту і газ. Краще вирівнювати розподіл персоналу, обладнання та витратних матеріалів на вимоги ринку. Більш ефективно управління нерухомим майном компаній.

уникнути ризику аварійної відмови. Краще управління енергоспоживанням дозволяє знизити вартість буріння. Кращі активи і управління персоналом дозволяє знизити вартість технологічних процесів загалом. Для побудови коректної економічної оцінки слід виходити з припущення, що всі значення вартості, що розглядаються в дослідженні, є власне вартістю розробки свердловин. Виходячи з таких міркувань, необхідно брати до уваги не тільки потенційні заощадження від застосування кожної системи штучного інтелекту, але також вартість на свердловину, що буде отримана при застосуванні таких систем.

На наступному рисунку показані основні компоненти типової інформаційної архітектури. Дані зібрані і організовані за необхідності, а потім проаналізовані так, щоб зробити значущі бізнес-рішення. Різноманітність базових платформ забезпечує вирішення проблем. Управління, безпека і керування мають вирішальне значення у всьому і завжди на першому місці в нафтових і газових компаніях.

Основне питання полягає в тому, як визначити, які з цих компонентів повинні бути частиною інформаційної архітектури для задоволення потреб конкретної галузевої організації. Якщо ми створимо схему інформаційної архітектури і відслідкуємо потік даних від джерел до аплікації (тобто, до кінцевого користувача), ми зможемо побудувати логічну конфігурацію компонентів для підтримки функцій.

Перший крок у визначенні майбутнього стану архітектури є документування поточного стану, їх можливостей і будь-яких функціональних прогалин. Як правило, поточний стан середовища сховища даних може виглядати приблизно як на рисунку 2.

Перший проміжок, який зазвичай має бути закритий, – це необхідність забезпечення більш гнучкої звітності та аналізу середовища, в якому нові дані і тимчасові звіти необхідні на постійній основі. Інформаційні двигуни та двигуни для виявлення даних можуть забезпечити ці можливості. Коли виявлена інформація включена в архітектуру, вона матиме таку структуру (рис.4).

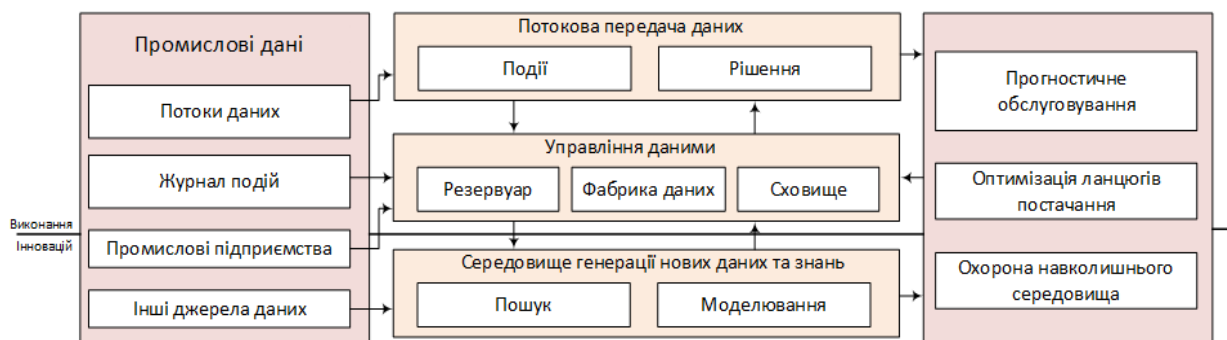


Рисунок 2 – Основні компоненти інформаційної архітектури

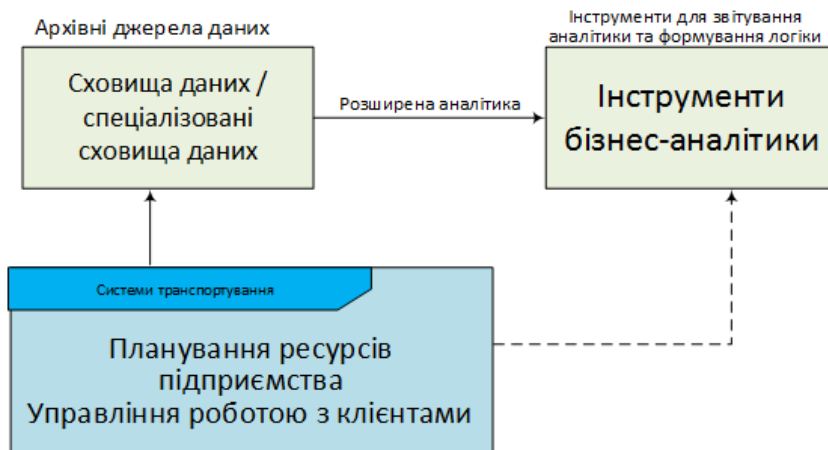


Рисунок 3 – Типовий поточний стан сховища даних



Рисунок 4 – Типове представлення виявлення інформації

Тепер, коли ми краще аналізуємо наявні дані, наступним кроком буде дослідження залучення нових даних і нових типів даних. Ці набори даних можуть бути внутрішніми, зовнішніми, структурованими, неструктурованими або невідомої структури.

При зберіганні наборів даних невідомої структури зазвичай найбільш ефективними виявляються резервуари даних на основі Hadoop. Характеристика даних, до якої можна віднести те, як дані були отримані, як вони повинні бути

відформатовані, яка частота оновлення та якість цих даних, – допоможе правильно підібрати технологію у кожному конкретному випадку. Насамперед слід визначити, який тип обробки даних буде найбільш доцільним: в режимі реального часу чи пакетна обробка. Спочатку такі проекти часто вважаються експериментальними стосовно імплементації, і тому вони можуть бути незалежними, відокремленими від традиційних середовищ, як відображено на рисунку 5.



Рисунок 5 – Типове початкове середовище, відокремлене від сховища даних



Рисунок 6 – Інтеграція Hadoop інфраструктури і сховищ даних

Необхідно розуміти також, періодичність обробки, що залежить від наявності даних. Нижче наведено перелік характеристик, які слід враховувати:

- Метод обробки - прогнозування, аналітика, запит, тимчасові звіти.
- Формат і частота - зовнішні канали передачі даних, в режимі реального часу, безперервний або періодичний на вимогу.
- Тип даних - веб та соціальні медіа, машинно-згенеровані, технологічні, біометричні, спадкові або внутрішні, транзакційні.
- Користувачські додатки - веб-браузер, проміжні процеси, корпоративні додатки.

Розвиток ІТ-бізнесу стикається з необхідністю зв'язування поточних даних з архівними, які зберігаються в сховищах даних тоді, коли знаходять бізнес-сутність при аналізі даних в Hadoop резервуарах даних. Наприклад, бізнес-аналітику необхідно порівняти архівні транзакції поставок, що зберігаються в сховищі даних, для давача зчитування даних, що постачає дані до резервуару даних. Такі зв'язки часто матимуть структуру, відображену на рисунку 6.

В даному випадку додано нові елементи: аналітика в режимі реального часу та двигун рекомендацій. У багатьох ситуаціях через латентність, властиву руху даних, рекомендації на

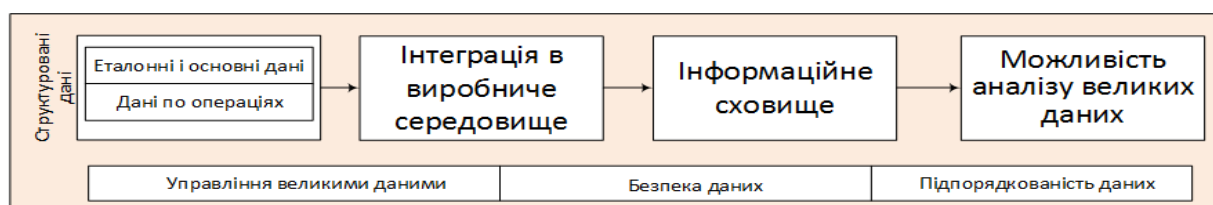


Рисунок 7 – Структуровані дані і сховища даних

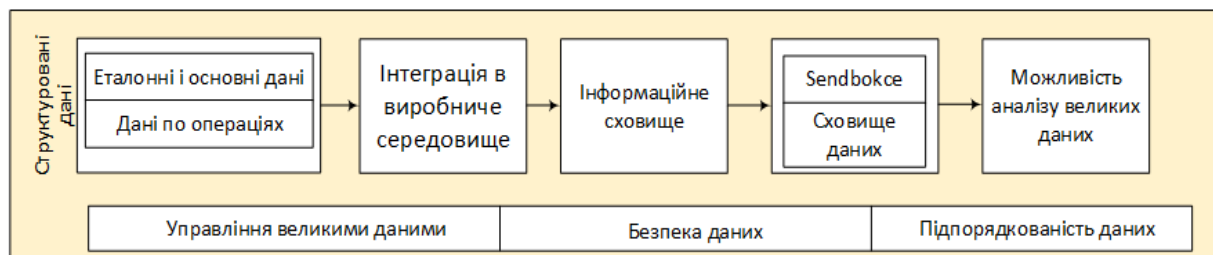


Рисунок 8 – Неструктуровані дані, розподілені файлові системи і «магазини даних» – «ключ-значення»

основі аналізу будуть зроблені занадто пізно, щоб вжити попереджувальних заходів. Альтернативою такого підходу є періодичне розширення аналітики в резервуарі даних і/або сховищі даних і оновлення рекомендаційного рушія в режимі реального часу, що стає все більш досконалим через поступове самонавчання.

На рисунку 6 відображено входження, що вказує на транзакційні джерела в кластері Hadoop. Таке входження ілюструє популярну альтернативу застосованому механізму, використовуючи Hadoop як двигун перетворення даних.

Розглянемо типи даних, які зазвичай зберігаються в сучасних сховищах даних. Такі склади, як правило, засновані на традиційних реляційних базах даних з використанням «schema on write» моделі даних. Джерела даних можуть відрізнятися, але їх структура цих даних буде визначена перед імпортуванням у сховище даних.

У наведеному нижче прикладі (рис. 7) дані надходять із двох джерел, тому повинні пройти процес перетворення перед завантаженням до сховища.

Розширення архітектури уможливило гнучкий робочий процес через включення наборів даних без жорсткої структури. Ця модель даних найкраще описується як «schema on read». Тобто дані зберігатимуться без традиційної обробки, оскільки невідомо, як саме отримати до них доступ. У наведеному нижче прикладі (рис. 8) слід використати декілька джерел даних з різними структурами.

Ці два середовища не повинні бути окремими і унікальними. На рисунку 9 показано, як основні продукти Oracle можуть бути вкладені в загальну схему архітектури комплексного рішення, яку було показано раніше.

У той час як багато галузевих організацій зміщують і поєднують програмні продукти від різних компаній виробників. Так наприклад, компанії класу Oracle здатні забезпечити більш повні та більш інтегровані рішення. Тож сама

архітектурна схема часто відображає співвідношення між продуктами від Oracle та інших постачальників.

Характеристика інформаційної архітектури – це все, що стосується прив'язки її до конкретних випадків використання.

Різні програмні можливості, необхідні в типових архітектурах, можуть включати такі компоненти Oracle:

- *Oracle Relational Database Management System (RDBMS, СУБД), Oracle Database Enterprise Edition*: призначений для підвищення продуктивності і доступності, безпеки та відповідності сховищ даних, аналітики та керуваності даними. Основні варіанти сховищ даних часто включають в оперативну пам'ять; OLAP – опції для розширеного аналізу і поділу даних.

- *Oracle Business Intelligence Enterprise Edition (OBIEE)*: платформа для бізнес-аналітики, яка надає повний спектр можливостей - включаючи інтерактивні інформаційні панелі, спеціальні запити, повідомлення і попередження, підприємницьку і фінансову звітність, показники і управління стратегіями, виклик бізнес-процесів, пошук і співпрацю, мобільність, інтегроване управління системами і багато іншого.

- *Oracle Real-time Decisions*: двигун рекомендацій в режимі реального часу.

- *Hadoop Distributed File System (HDFS)*: масштабована, розподілена, Java-орієнтована файлова система, яка являє собою шар для зберігання даних від Hadoop. Ідеально підходить для зберігання великих обсягів неструктурованих даних.

- *Flume*: основа для заповнення Hadoop даними за допомогою агентів на веб-сервери, сервери додатків і мобільних пристроїв.

- *Oracle Data Loader for Hadoop*: набір інструментів підключення для переміщення даних між СУБД Oracle і навколишнього сховища Hadoop.

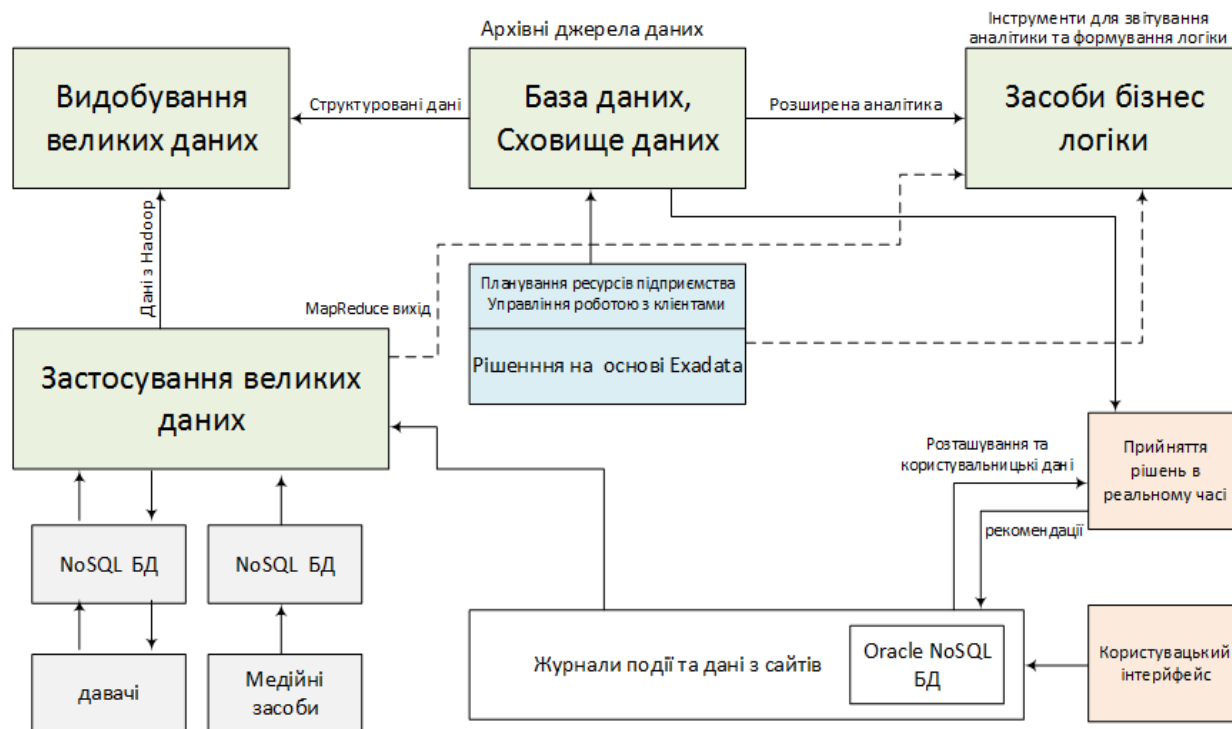


Рисунок 9 – Ключові продукти Oracle в загальній архітектурі пропонуваніх рішень

– *ODI: Oracle Data Integrator* є комплексною платформою для інтеграції даних, яка охоплює ряд вимог: від великого обсягу та високопродуктивних пакетів до керованих подіями, інтеграційних процесів та SOA-сумісних послуг передачі даних.

– *Oracle Enterprise Metadata Management*: інструмент для управління даними та управління метаданими, забезпечення механізму наслідування і аналізу впливу, а також код, і модель управління версіями для бізнесу і технічних метаданих з баз даних, Hadoop, бізнес-аналітика та ETL інструменти.

– *Endeca*: інструмент виявлення інформації і двигун.

– *Oracle Big Data Discovery*: інструмент виявлення інформації на основі Hadoop.

– *Oracle Big Data SQL*: оптимальне рішення для виконання запитів до бази даних Oracle, що розташовані в Exadata, та об'єднання результатів з даними, які відповідають цим же запитам з Big Data Appliance від Oracle.

– *ORE(Oracle R Enterprise)*: дозволяє здійснювати аналітику і статистику для запуску існуючих R-додатків та використовувати R-клієнт безпосередньо з даними, що зберігаються в базі даних Oracle (Oracle Advanced Analytics Option) і споріднених середовищах.

– *Oracle Enterprise Manager* – Інтегрована платформа управління підприємством, представлена як єдиний інструмент, що використовується для управління як структурованими, так і неструктурованими середовищами даних Oracle і інструментами Oracle BI.

– *Oracle Essbase: OLAP (Online Analytical Processing)* – сервер, який забезпечує середовище для розгортання класифікованих додатків або розробки власних аналітичних додатків та

додатків для управління ефективністю технологічних процесів.

Програмні продукти, перераховані вище, можуть бути розгорнуті в інтегрованому середовищі та максимально ефективно використовувати такі інженерно-технічних системи:

– *Big Data Appliance (BDA)*: ліквідовує час, необхідний для установки і налаштування складної інфраструктури, пов'язаної з нарощуванням середовища шляхом інтеграції оптимальних серверів, систем зберігання та мережевої інфраструктури.

– *Exadata*: Спрощує впровадження і управління при одночасному підвищенні продуктивності і значення часу для робочих навантажень реляційних баз даних за рахунок інтеграції оптимального сервера, систем зберігання та мережевої інфраструктури.

– *Exalytics*: Забезпечує серверну платформу, яка знаходиться в пам'яті, для Oracle Business Intelligence Foundation Suite, Information Discovery Endeca і Oracle Essbase.

Очевидно, що багато змін в продуктах лінійки Oracle та в інших продуктах можливі при визначенні та розгортанні інформаційної архітектури.

При визначенні інформаційної архітектури важливо узгодити проблему обробки даних з найбільш відповідною технологією.

Розглядаючи варіанти, наявні в системах управління базами даних для включення в проєктовану інформаційну архітектуру, можна обрати найбільш важливу для користувача форму даних. Це можуть бути дані, що надходять, або властивості з певною швидкістю доступності. Серед інших показників – керованість, сумісність, масштабованість і доступність. Також важливо врахувати специфіку роботи з даними

конкретної організації. Деякі з технологій управління даними містять в типовій архітектурі оригінальні рішення для даних та знань загалом.

Найбільш поширеними є бази RDBMS класу. Вони ідеально відповідають вимогам управління структурованими даними із заздалегідь визначеною схемою та є передбачуваними в застосуванні. Підтримка тривимірних моделей робить їх ідеальними для багатьох робочих задач бізнес-аналітики. Вони містять заздалегідь очищені, оброблені за допомогою робочих навантажень високоякісні дані. Реляційні бази даних також часто застосовуються в транзакційних робочих навантаженнях, де затримка читання/запису, висока швидкість відповіді та підтримка виділених властивостей визначають успіх проекту загалом.

Ці бази даних зазвичай можуть масштабуватися вертикально - за допомогою великих серверів SMP-класу та по горизонталі - з кластерним програмним забезпеченням, яскравий приклад RDBMS продукту - Oracle Relational Database.

Бази даних MOLAP – зазвичай використовуються для високоструктурованих даних, бази даних MOLAP ідеальні, коли відомо, які запити будуть запропоновані (наприклад, коли розміри наперед визначені та не змінюються) коли продуктивність є критичною. Ці бази даних досягли успіху в певних бізнес-аналітиках та аналітиках робочого навантаження. Приклад MOLAP продуктів: Oracle Essbase, Oracle Database, OLAP Option.

Бази даних NoSQL не мають схеми і призначені для дуже швидкого запису. Часто вони використовуються для підтримки поглинання високих робочих навантажень. Горизонтальна шкала найчастіше здійснюється через сегментування. Java і Java сценарії (JSON) і, як правило, використовуються для доступу в багатьох комерційних проектах.

Бази даних NoSQL іноді описуються як :

Key Value Pairs: ці бази даних утримують ключі і значення або тільки набір значень. Вони часто використовуються для дуже простих операцій (де можуть не бути необхідними виділені властивості), і де значення прив'язані до змін ключа через деякий час.

Column-based: ці бази даних є наборами з одного або декількох ключових пар значень, іноді описувані у вигляді двох одновимірних масивів, і використовуються для подання записів. Запити повертають всі записи.

Document-based: подібно Column-based, ці бази даних також підтримують глибоку вкладеність і дозволяють складні структури, які будуть побудовані таким чином, що документи можуть зберігатися в документах.

Graph-based: замість структури, яка є в попередніх типах, ці бази даних використовують деревовидні структури з вузлами і ребрами, що з'єднані співвідношеннями, наприклад NoSQL Database Product: Oracle NoSQL Database.

Розподілена файлова система як така не є базою даних, на що вказує сама її назва. Пере-

вагою сильно розподілених файлових системи, навпаки, є крайня масштабованість, що проявляється у вигляді вкладених вузлів, які часто є місцем зберігання(вкладання) даних або резервуарів даних для всіх видів даних. Продуктивність читання, як правило, обмежена окремим вузлом «системи» при доступі до даних, прив'язаних до цього вузла, однак масштабованістю, при великій кількості вузлів, можна управляти за допомогою розширеного паралелізму. Записи ваг продуктивності як об'єктів даних можуть чергуватися у вузлах, що за формальною сутністю є моделлю описаного графа.

Найпопулярнішою розподіленою файловою системою, яка використовується сьогодні, є Hadoop. З огляду на її призначення (резервуар даних), вона все частіше стає засобом вибору для виконання прогнозування та аналізу. Доступ до SQL здійснюється за допомогою уніфікованих інтерфейсів, хоча пропонуються також різні рівні підтримки стандартів. Прикладом розподіленої файлової системи є Cloudera Hadoop Distribution.

Big Table Inspired Databases – це клас сховищ даних, орієнтованих на стовбці. Функції параметрів, що орієнтовані на послідовності, доступності та розподілі, можуть бути скориговані, щоб віддати перевагу або послідовності, або доступності (з огляду на їх досить оперативну інтенсивність). Типовим є використання цього сховища у випадку, коли послідовність і продуктивність записів слід поєднати з величезним горизонтальним масштабуванням. Якщо HBase розгорнути на Hadoop Distributed File System, зокрема, то буде розгорнуто до 1000 вузлів конфігурації. Приклад таких продуктів Big Table: Cloudera Hadoop Distribution.

Основний акцент пропонованого дослідження зосереджено на аналітиці та управлінні, пов'язаними з даними звітності і частинами інформаційної архітектури загалом. Там, де нафтові і газові компанії контролюють і застосовують дані з давачів, обговорення архітектури розширюється до рівня відповідних сервісів. Ця розширена архітектура для збору даних, безпеки та зв'язку з іншими частинами інформаційної архітектури може потребувати додаткового розгляду, з точки зору саме імплементації її складових.

Елементи рисунка загалом вже було розглянуто в цій статті. Багато інших елементів, що зображені на рисунку, Oracle зазвичай описує як компоненти Fusion Middleware. Наприклад, велика частина програмування давача сьогодні відбувається за допомогою Java. Безпека рішення є надзвичайно важливою, оскільки більшість компаній не хотіли б, щоб невідомі треті сторони перехоплювали дані, що надаються давачами. Додатки, розташовані поблизу давачів, самі часто написані з використанням двигунів обробки подій, щоб можна було вжити термінових заходів захисту на основі заздалегідь визначених правил. Існують також проблеми маршрутизації повідомлень, виділення ресурсів, а також аспектів управління такими рішеннями. Рівень автоматизації процесів

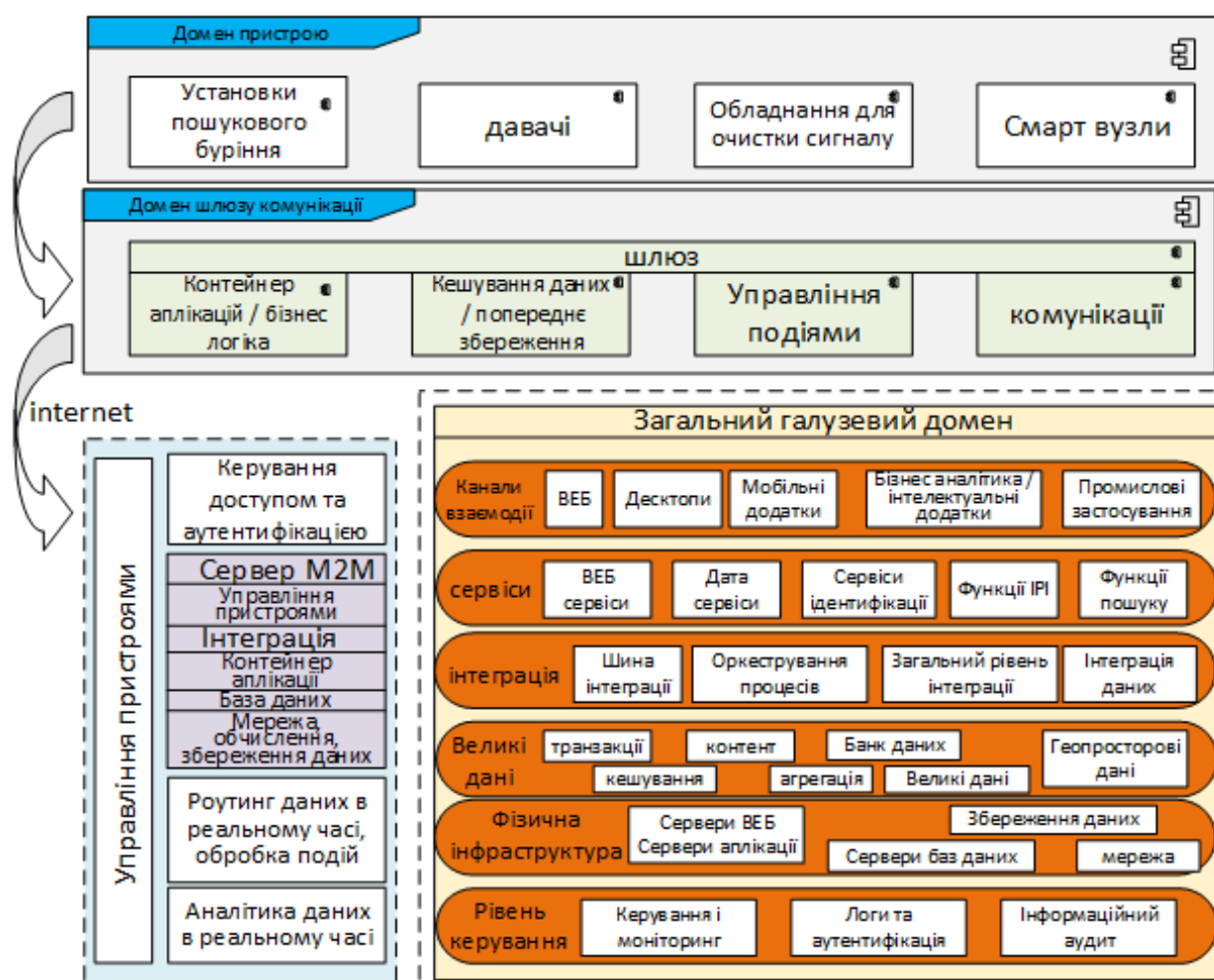


Рисунок 10 – Відображення загальної структури зв’язаних пристроїв

нафтового та газового буріння постійно розширюється і удосконалюється [13]. Проте, ступінь автоматизації та її складові є різними. Тому можливість застосування процесів автоматизації так чи інакше розглядається в системах контролю бурового розчину, вкладання колони обсадних труб, а також інших видів бурових операцій. Такі засоби автоматизації базуються на ряді вимірювань, що виконуються в сучасних технологіях буріння, які відповідно дозволяють визначати властивості бурового розчину, параметри процесу буріння, проводити дослідження обсадної колони, проводити вимірювання на вибої свердловини (включаючи вимірювання під час буріння), прями вимірювання тощо. Дані вимірювання застосовуються для моніторингу оператором технологічного процесу в задачах моніторингу прогресу процесу буріння свердловини.

Рисунок 10 ілюструє типову карту можливостей пропонованої архітектури для нафтових і газових компаній.

Давачі все частіше використовуються для моніторингу стану розвідки, видобутку, транспортування і переробки вуглеводнів. Моніторинг в режимі реального часу дозволяє виконувати попереджувальні заходи, які необхідно прийняти, що дає змогу значно збільшити ефективність і знизити потенційні екологічні ризи-

ки та ризики для технологічної безпеки. Таким чином, загальний метод полягає в тому, щоб допомогти забезпечити успіх проекту і відповідно виконується в швидкому розгортанні проекту з відповідним доменним кроком для того, щоб претендувати на успіх на цьому етапі і за необхідності коригувати план. Повна інформаційна архітектура програмного рішення ніколи не має остаточного вигляду відразу після побудови, а розвивається поетапно шляхом подальшого уточнення.

Застосування методів штучного інтелекту в бурінні свердловин дозволяє зв’язати аспекти автоматизації з рівнем давачів для того, щоб моніторити прогрес процесу буріння свердловини, а також з рівнем систем керування з метою оптимізації ефективності процесу буріння.

Таким чином, технологічний процес, в якому застосовуються елементи штучного інтелекту, повинен бути здатним оперувати без супервайзингу з боку оператора під час нормального перебігу технологічного процесу, а також розпізнавати технологічну проблему, якщо така виникає [13]. Під час процесу розпізнавання технологічної проблеми система видаватиме попередження для персоналу бурової. Крім того, система здатна приймати деякі початкові кроки ще до усунення проблеми або виконувати повний комплекс заходів щодо її усунення.

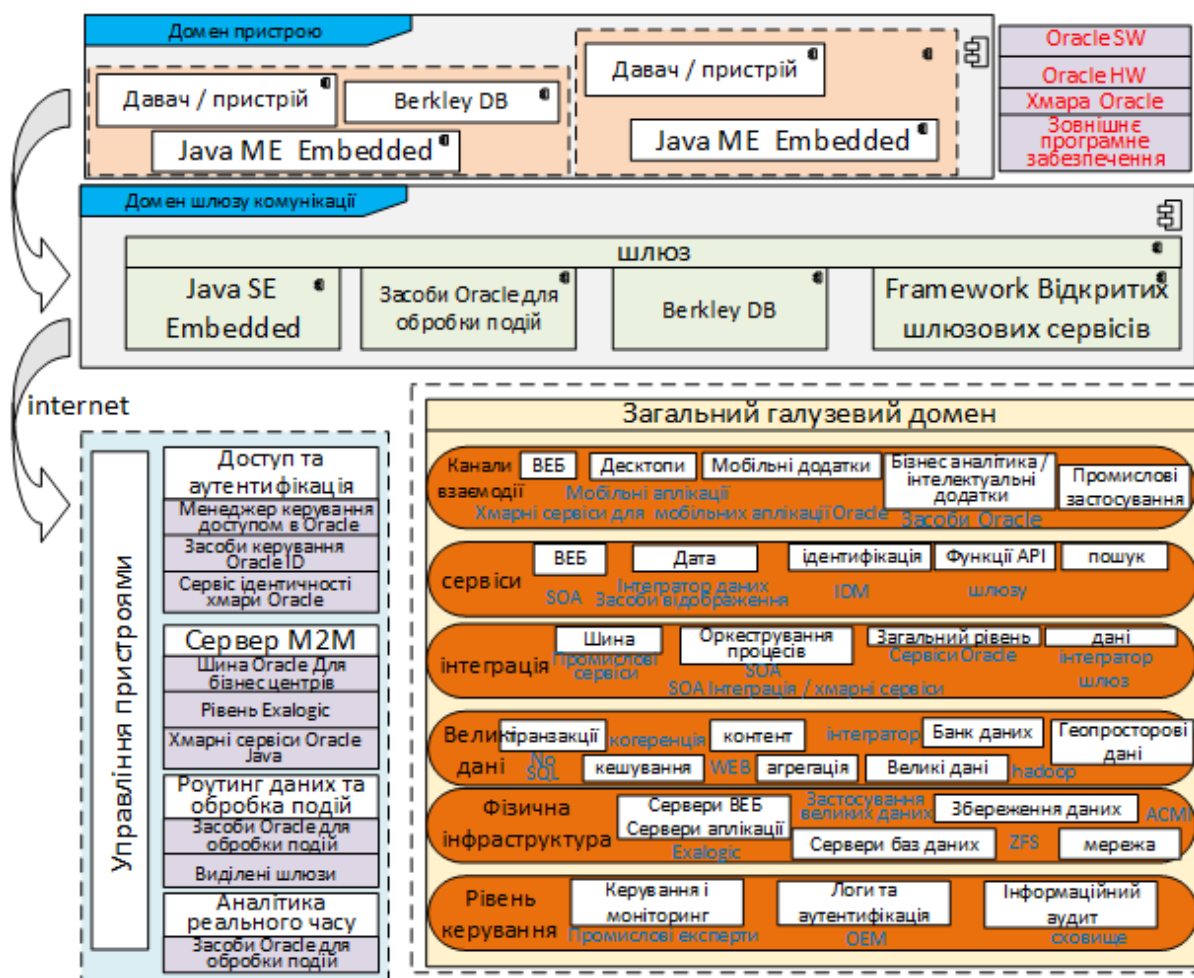


Рисунок 11 – Структуровані продукти лінійки Oracle

Наприклад, якщо в свердловині виникає різке підвищення тиску, то система автоматично зупиняє процес буріння, виконує її промивання з метою підготовки обважненого бурового розчину. Важливість того факту, що система може сама приймати деякі коригючі кроки, полягає в тому, що це дає час персоналу бурової оцінити проблему і спланувати максимально ефективну послідовність дій для її усунення. Однак для ряду складових процесу буріння задачі автоматизації та інтелектуалізації не є застосовними взагалі, а саме: 1) технічне обслуговування і поточний ремонт бурової установки; 2) замовлення, доставка і заміна запасних деталей; 3) вирішення проблем буріння, що безпосередньо не пов'язані з буровою колоною.

Тому впровадження систем зі штучним інтелектом в задачі автоматизації буріння можна поділити на ряд категорій, а саме: гідраліка свердловини, робота з трубами, діагностика труб, контроль бурового долота.

Рисунок 11 ілюструє деякі з новітніх програмних продуктів на прикладі лінійки Oracle, вирівняних до раніше показаної карти можливостей.

Одним з найбільш важливих ключів до успіху у великому проекті є погодження між виробничими потребами і цілями та з розробкою ІТ-архітектури і планами розгортання програм-

ного продукту загалом. Основні учасники проекту повинні бути залученими та активними на всіх етапах. Методології на основі поетапних підходів майже завжди є найбільш успішними. Для початку, необхідно з'ясувати поточний стан об'єкта та його недоліки, за рахунок чого можна краще зрозуміти, в якому напрямку слід спрямувати майбутні рішення. Потрібно змінити програмну архітектуру, якщо сам процес потребує змін.

Рисунок 12 ілюструє такий підхід, починаючи з визначення початкового бачення, потім розуміння критичних чинників успіху і ключових заходів, прив'язаних до прецедентів, де важливим є формування бізнес-інформаційних карт на основі вихідних даних, що прив'язують вимоги до технічної інформаційної архітектури, визначення транспортної карти (в тому числі можливі фазифікації, дефазифікації, витрати і потенційні вигоди), а потім і рівень реалізації та імплементації.

Звичайно, реалізація призводить до нового бачення і вимог, і процес продовжує повторюватися. На рисунку зображені деякі новітні засоби від Oracle, які часто допомагають імплементаційним засобам разом з Enterprise Architecture та Information Architecture Workshops.

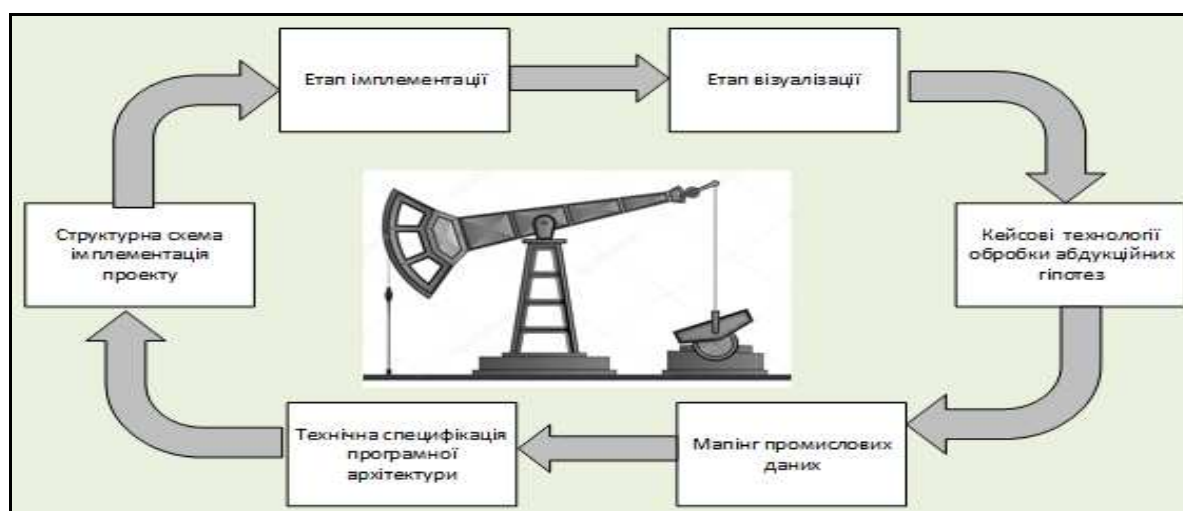


Рисунок 12 – Типова методологія генерації інформаційних архітектур

Зручність і простота інформаційних потреб є важливою для багатьох рішень в предметній області. Бізнес-аналітика, насамперед, має різні вимоги до бізнесу і володіє різними видами аналізу і технічних навичок. Вони можуть вимагати рішення, починаючи від простого уявлення для тимчасової можливості *заяв* до прогнозуючого аналізу. Необхідно підібрати правильні інструменти і можливості для відповідних груп користувачів. Одна розмірність зазвичай не підходить для всіх випадків імплементації архітектури. Водночас нові можливості платформи управління даними можуть забезпечити більшу гнучкість, розміщення даних для таких рішень, типів даних, обсяги і використання, як правило, визначає найбільш оптимальну технологію для розгортання додатку. Найкращою поширеною практикою є усунення якомога більшої кількості транзакцій даних, щоб зменшити час очікування на рівні кінцевих користувачів додатків.

Безпека даних і управління також є ключовими факторами. Нафтові і газові компанії хочуть, щоб дані залишалися закритими, якщо вони спеціально не згодні відкрити їх. Таким чином, забезпечення доступу до даних має вирішальне значення та не залежить від платформи управління даними, використовуваних засобів і методів передачі даних. Потреби управління даними, що стосуються значення даних, а також їх точність і якість, часто вимагають тісної координації між декількома лініями ІТ-рішень.

Нарешті, час для імплементації є важливий для успіху будь-якої ініціативи нафтогазової справи. Можна використовувати еталонні архітектури, моделі даних і пристрої типових конфігурацій, де це можливо. Вони можуть прифінансувати розробку і розгортання системи і зменшити ризик неповних рішень і серйозних проблем інтеграції. Використання інженерно-технічних систем і приладів, де це може суттєво спростити архітектуру, скоротити час на вдосконалення та підвищення надійності базової програмної архітектури загалом.

На наступній схемі (рис. 13) подається концептуальний майбутній стан, який може охопити всі типи даних з різних аспектів діяльності галузевого підприємства.

Функціональність застосування системи штучного інтелекту зводиться до відправлення сигналів на контролер з метою модифікації параметрів буріння через відповідні інструкції. На теоретичному рівні вимірювання інтерпретація і керування матимуть місце або на поверхні, або на вибої, або в обох місцях одночасно. Іншою можливістю, що надається системою, є повний контроль всіх засобів на вибої, включаючи вибійний турбінний двигун, долото та давачі.

Багато окремих компонент, що роблять контроль долота інтелектуальним, уже існують в певній формі, а інші можна створити засобами існуючої технології. Так наприклад, поверхневі давачі уже існують для моніторингу багатьох важливих параметрів буріння. Відповідно давачі на вибої, що є реалізованими в сучасних системах вимірювання процесів буріння, можуть вимірювати і передавати на поверхню дані, які відносяться до контролю похилості стовбура свердловини та параметрів формації гірської породи.

На рисунку 14 представлено рівні деталізації, що можуть бути розглянуті стосовно доставки інформації та її представлення в системі.

Таким чином, нафтогазові компанії мають потребу закуповувати програмне забезпечення від провідних постачальників програмного забезпечення, в формі сучасних хмарних рішень, щоб зменшити неефективні витрати та підвищити гнучкість ведення бізнесу загалом. Не зважаючи на те, що термін "програмна архітектура підприємства" широко використовується, загальноприйнятого визначення не існує. Однак ця сутність має вирішальне значення для управління складністю технологічних процесів у галузі та скорочення часу стосовно вартості запропонованих рішень, оскільки програмне забезпечення стає все більш переплетеним як

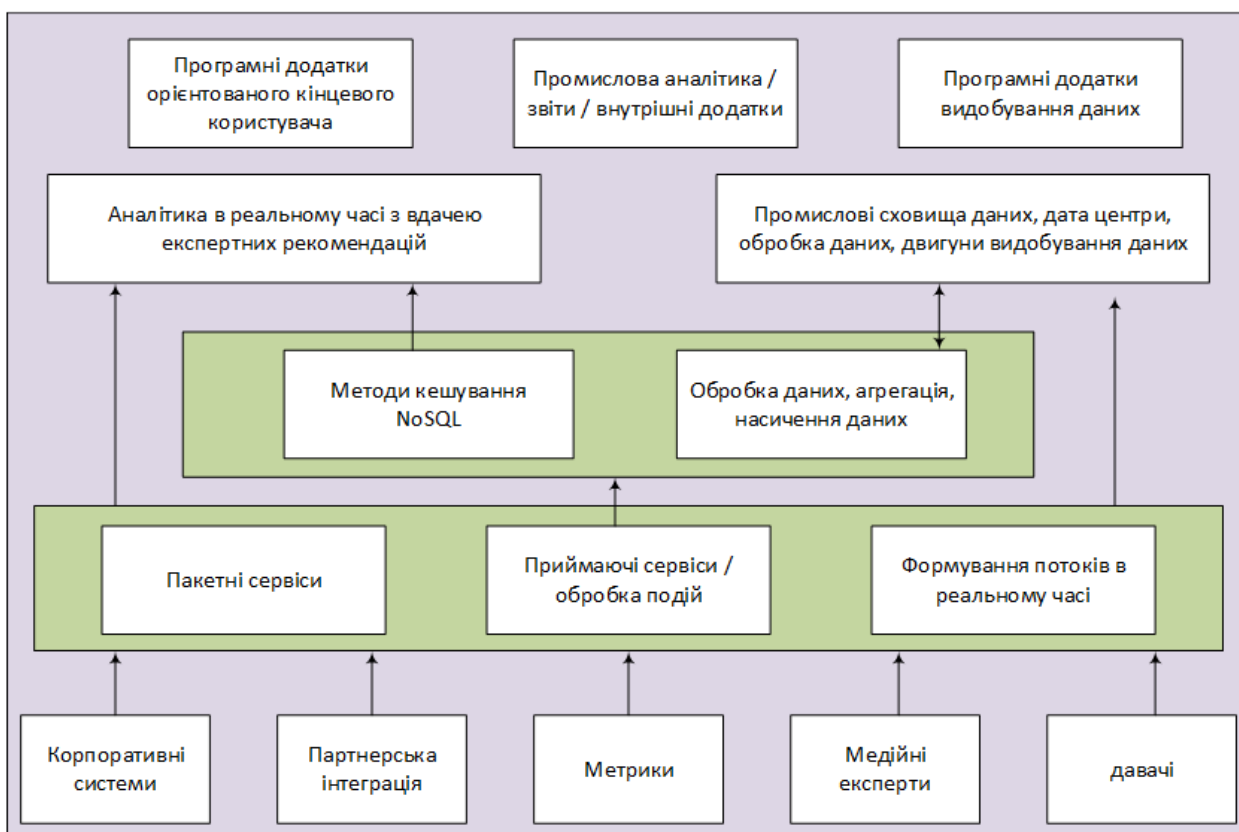


Рисунок 13 – Концептуалізація діаграм станів

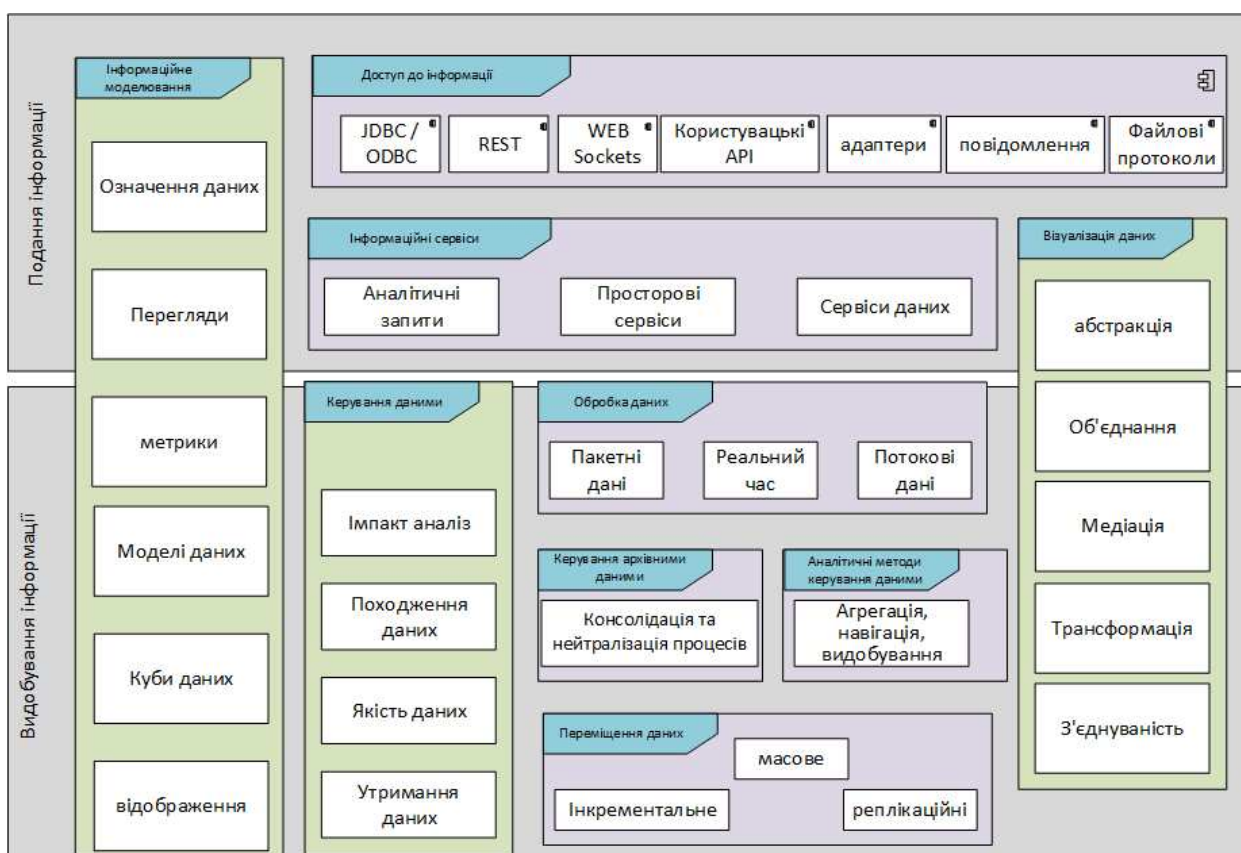


Рисунок 14 – Узагальнена архітектура інформаційного забезпечення

з бізнесом, так і з щоденним робочим життям та дозвіллям людей у всьому світі. Фреймворк корпоративної архітектури є важливим транспортним інформаційним засобом для класифікації, організації та структуризації *сховищ знань* та пов'язаних з ними процесів технічного обслуговування виробничих процесів. Вони слугують для поділу складної виробничої системи на взаємопов'язані, *керовані* та зрозумілі в перспективі. Інформація, отримана з різних джерел, може бути проаналізована для конкретних виробничих цілей, що дає уявлення про роботу виробничої системи загалом.

Отож пропонувані *корпоративні архітектури* та пов'язані з ними системи виправдовують свою потенційну вартість завдяки оперативності та безперервній вигоді, яку вони надають галузевим підприємствам.

Висновки

Розглянуте дослідження покликано забезпечити підхід до застосування методів новітніх інформаційних архітектур для нафтових і газових компаній України. Ці методи демонструють розширення існуючих моделей програмної архітектури для задоволення нових і різноманітних джерел даних, які стають частиною інформаційного ландшафту типового галузевого підприємства. Ґрунтовний аналіз інформаційної архітектури дає змогу вирішити питання розміщення хостингу і методу аналізу даних (наприклад, «в хмарі» чи на передумові). Більшість нафтових і газових компаній вибирають розміщення даних саме в тому місці, де дані спочатку даватимуть вихід на мінімізацію трафіку даних в мережі, в той час, як захист даних здійснюватиметься в динамічному і статичному режимах. Після того, як дані збережені, звітність і прогнозуючий аналіз часто зберігаються в тій же системі управління даними. Там, де частина даних зберігаються «в хмарі», а інша – на передумові, має ретельно розглядатися вплив пропускну здатності мережі на продуктивність аналізу в місцях, де вимагаються дані з обох джерел. Додаткове міркування, що розглядалося в даній роботі, є наявність навичок, необхідних для бізнес-аналітиків і IT-організацій в нафтогазовій справі. Майбутня оцінка стану програмної архітектури галузевих підприємств повинна включати в себе розуміння ступеня складності, що може виникнути в майбутньому, а також здатність пропонуваної інформаційної архітектури його подолати. Конкуренція нафтових і газових компаній гарантуватиме, що використання переваг цих нових джерел даних та знань для збільшення того, що відомо про даний вид бізнесу, буде продовжувати їх лідерство на ринку та надаватиме суттєві конкурентні переваги. Вони будуть продовжувати винаходити нові і кращі бізнес-процеси та технологічні інновації, орієнтовані на інтелектуальні інформаційні рішення в даному класі і підвищувати ефективність ведення бізнесу, і загалом нафтогазові компанії будуть робити це, розвиваючи інформаційну архітектуру в напрямі знання орієнтованих систем та рішень.

Література

- 1 Nitika Rawat. Big Data Analytics in Oil & Gas Industry // International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 5, Issue 5, May-2014.
- 2 Singh S., Pandey S., Shankar R., Dumka A. Application of Big Data Analytics to Optimizethe Operations in the Upstream Petroleum Industry // 2nd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (indiacom) – New Delhi, India, 2015.
- 3 Abdelkader Baaziz, Luc Quoniam. How to use big data technologies to optimize operations in upstream petroleum industry // International Journal of Innovation September 2013
- 4 Nicholson R. Big Data in the Oil & Gas Industry // IDC Energy Insights, September 2012.
- 5 Andrew S , Henderson M, Irani B, Parker B, Sternesky M. Digital Oil Field brought from concept to development in a year // World Oil. – 2008. – Pp. 107-110.
- 6 Hollingsworth J. Big Data For Oil & Gas // Oracle Oil & Gas Industry Business Unit, March 2013.
- 7 Ferguson M. Architecting a big data platform for analytics // Intelligent Business Strategies, October 2012.
- 8 A. Hems and A. Soofi, E. Prez. Drilling for New Business Value How innovative oil and gas companies are using big data to outmaneuver the competition // Microsoft. May 2013.
- 9 Xu Guanghui, Feng Xu, Hongxu Ma. Deeploving and researching Hadoop in virtual machines // Automation and Lotgistics (ICAL) – Zhengzhou, China, 2012.
- 10 Baaziz A., Quoniam L. The information for the operational risk management in uncertain environments: Case of Early Kick Detection while drilling of the oil or gas wells // International Journal of Innovation and Applied Studies (IJIAS), Vol. 4 No. 1, Sep. 2013.
- 11 A. Baaziz, L. Quoniam, V. Vasilak. Enhancements Case of Early Kick Detection while drilling of the oil or gas wells // International Journal of Innovation and Applied Studies (IJIAS), Vol. 4 No. 1, Sep. 2013.
- 12 Юрчишин В. М. Інформаційне моделювання нафтогазових об'єктів / В. М.Юрчишин, В. І. Шекета, О. В. Юрчишин. – Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 2010. – 196 с.
- 13 Демчина М. М. Імплементация концепцій штучного інтелекту в технологічних процесах буріння нафтових і газових свердловин / М. М. Демчина // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2012. – №3(33). – С 98-111.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
09.11.17*

*Рекомендована до друку
професором Горбійчуком М.І.
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
д-ром техн. наук Кузем М.В.
(Університет права імені Короля Данила
Галицького, м. Івано-Франківськ)*