

УДК 004.896

DOI: 10.31471/1993-9981-2021-1(46)-75-92

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТА ОБ'ЄМУ ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДАНИХ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ЗНАННЯ-ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ

Л.О. Потеряйло, В.В. Процюк, К.І. Кравців*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15,
м. Івано-Франківськ, Україна, 76019; milapoteriailo@gmail.com*

В статті розглянуто питання ускладнень, що виникають в ході технологічних процесів буріння, пов'язаних з геолого-геофізичними і зовнішніми умовами, урбанізацією територій та виявленням невідповідності фактичних умов буріння від проєктованих в зв'язку зі змінами, що відбуваються під впливом кліматичних та геологічних змін, які виникають в проміжку часу від закінчення складання проєкту та фактичним початком розробки родовища. Проаналізовано взаємозв'язок факторів, які ускладнюють процес буріння з етапами проєктування та організацією зв'язків бази прецедентів, на основі яких моделюються технологічні процеси буріння. Розкрито фази циклу міркувань на основі знань з проєкцією на інформаційний цикл управління процесами буріння. Представлено архітектуру автоматизації технологічних процесів буріння з посиланням на піраміду комп'ютерно-інтегрованого виробництва. В статі показано можливість застосування методів машинного навчання до завдань аналізу даних, пов'язаних із процесом буріння. Запропоновано використання комбінованого підходу для адаптації даних використовуваних для прийняття рішень на основі знань. Розглянуто проблему недостатньої кількості прецедентів для навчання знання-орієнтованої системи інтелектуальної підтримки процесів прийняття рішень та обґрунтовано забезпечення засобами повномасштабних тренажерів необхідного обсягу даних для здійснення моделювання ускладнень технологічного процесу буріння, що характеризується високим ризиком. Авторами визначено рівень очікуваного співвідношення між основними об'єктами знання-орієнтованої системи інтелектуального прийняття рішень щодо ходу технологічного процесу: проблемами машинного навчання з одного боку та нафтогазовими свердловинами з іншого боку.

Ключові слова: геолого-технічні дані, ускладнення, машинне навчання, знання-орієнтована система, бурові тренажери.

В статье рассмотрены вопросы осложнений, возникающих в ходе технологических процессов бурения, связанных с геолого-геофизическими и внешними условиями, урбанизацией территорий и выявлением несоответствия фактических условий бурения от проектируемых в связи с изменениями, происходящими под влиянием климатических и геологических изменений, возникающие в промежутке времени от окончания составления проекта и фактическим началом разработки месторождения. Проанализирована взаимосвязь факторов, которые затрудняют процесс бурения с этапами проектирования и организацией связей базы прецедентов, на основе которых моделируются технологические процессы бурения. Раскрыто фазы цикла рассуждений на основе знаний с проецией на информационный цикл управления процессами бурения. Представлено архитектуру автоматизации технологических процессов бурения со ссылкой на пирамиду компьютерно-интегрированного производства. В статье показана возможность применения методов машинного обучения к задачам анализа данных, связанных с процессом бурения. Предложено использование комбинированного подхода для адаптации данных используемых для принятия решений на основе знаний. Рассмотрена проблема недостаточного количества прецедентов для обучения знания ориентированной системы интеллектуальной поддержки процессов принятия решений и обоснованно обеспечения средствами полномасштабных тренажеров необходимого объема данных для моделирования осложнений технологического процесса бурения, который характеризуется высоким риском. Авторами определен уровень ожидаемого соотношения между основными объектами знания ориентированной системы интеллектуального принятия решений по ходу технологического процесса: проблемами машинного обучением с одной стороны и нефтегазовыми скважинами с другой стороны.

Ключевые слова: геолого-технические данные, осложнения, машинное обучение, знание-ориентированная система, буровые тренажеры.

The article considers the issues of complications arising during the technological processes of drilling related to geological, geophysical and external conditions, urbanization and detection of inconsistencies between the actual drilling conditions from the projected ones due to changes in climate and geological changes, which occur in the period from the end of the project and the actual start of development of the field. The interrelation of the factors that complicate the drilling process with the stages of design and organization of precedents, on the basis of which the technological processes of drilling are modeled, is analyzed. The phases of the cycle of reasoning based on knowledge with a projection on the information cycle of drilling process control are revealed. The architecture of automation of technological processes of drilling with reference to the pyramid of computer-integrated production is presented. The article shows the possibility of applying machine learning methods to data analysis tasks related to the drilling process. The use of a combined approach to adapt the data used for knowledge-based decision-making is proposed. The problem of insufficient precedent for training knowledge-oriented system of intellectual support of decision-making processes is considered and the provision of full-scale simulators with the necessary amount of data for modeling complications of high-risk drilling process is substantiated. The authors determine the level of the expected ratio between the main objects of the knowledge-oriented system of intelligent decision-making on the course of the technological process: the problems of machine learning on the one hand and oil and gas wells on the other.

Key words: geological and technical data, complications, machine learning, knowledge-oriented system, drilling rigs.

Вступ

Однією з важливих задач автоматизації в сфері буріння є забезпечення безпеки геолого-технологічних процесів та цілісності інформації, що циркулює між учасниками розробки нафтогазових родовищ. Дані щодо функціонування бурового, свердловинного і сервісного обладнання, шляхом їх індексування і зберігання в розподіленій базі даних, можуть бути використані для інтелектуального управління технологічними процесами, як на рівні нафтовидобувної компанії, підрядних організацій, сервісних так і супервайзінгових підрозділів.

Кращі світові практики показали ефективність застосування принципів «цифрового родовища» (digital oilfield) на нафтогазових об'єктах, що забезпечує в процесі експлуатації газонафтовидобутку не менше 10%, зменшення часу простоїв свердловин близько 50% від початкового рівня [1].

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень і публікацій

Способи вимірювання геолого-технологічних параметрів буріння в реальному часі та розвиток технології цифрових давачів - це питання досліджень, пов'язаних з надійністю та безпекою під час буріння нафтових свердловин, що робить можливим діагностування проблем та розробку стратегії виробництва.

При моделюванні технологічних процесів буріння базу знань формують з геолого-

технологічної інформації отримання, якої може бути здійснено в такі чотири основні способи:

- параметри реєструються автоматично за допомогою давачів, що монтуються безпосередньо на буровій площадці (в основному це технологічні параметри буріння). Дискретність реєстрації задається на рівні програмно-апаратного комплексу;

- параметри реєструються автоматично за допомогою апаратури, що знаходиться на станції геолого-технологічних досліджень, наприклад блоку газового каротажу;

- параметри вимірюються вручну за допомогою спеціальних приладів. Виміряні значення параметрів заносяться вручну або автоматично в програми для їх обробки і візуалізації;

- параметри обчислюються за допомогою апаратно-програмного комплексу і можуть бути технологічними, геологічними, техніко-економічними і параметрами газового каротажу [2].

Інформаційне середовище моделюється на основі описаних даних, з використанням ШІ (штучного інтелекту), що спирається на алгоритми, керовані даними. Такі розрахунки зумовлені збільшенням обсягу великих даних, давачів і мереж, а також перехресної інформації, тому розвиток ШІ, пов'язаний з великими даними, давачами та мережами.

Розмір даних про технологічні процеси визначає складність для знання-орієнтованої системи, що їх опрацьовує [3].

В роботі [4] визначено залежності системи прийняття рішень (ручне, автоматизоване, інтелектуальне) і обсягів інформації, що отримуються з давачів бурового обладнання. Описано застосування програмно-технічних засобів для забезпечення створення високопродуктивної системи управління процесами буріння.

Висвітлення невіршених раніше частин загальної проблеми

При використанні прецедентів найбільш ефективних технічних рішень, оптимізації капітальних вкладень в перспективні проекти, нові проекти реконструкції і технічного переозброєння діючих потужностей виникає проблема систематизації отриманого досвіду і розробки єдиного комплексного підходу до автоматизації свердловин та інтеграції інтелектуальних додатків як частини загальної філософії контролю та управління процесами.

Однією з задач, що не знайшли ефективного вирішення при розробці та впровадженні систем симуляції в вітчизняній нафтогазовій галузі є проблема доступності даних, організація їх збору, структурування, зберігання і розподілу. Оснащення бурильника і інженерів конкретними і швидкими рішеннями, заснованими на впровадженні технологій штучного інтелекту при моделюванні і обробці польових даних в реальному часі, є основою для підвищення операційної ефективності і зниження витрат при будівництві нафтових і газових свердловин, забезпечення виробничої та екологічної безпеки. Недостатня кількість інформації, її неточність і суперечливість є дуже важливим фактором [5].

Під час збору даних давачі можуть давати збої і як наслідок мати характер невідповідності - передаються неправильні та недостовірні дані. При виникненні несправності давача, необхідно прийняти рішення: вилучити дані або змінити їх. Фундаментальним для передбачення цього типу завдань є побудова бази знань, яка використовує багато сучасних підходів до штучного інтелекту та експертних систем, а також тісно інтегровану традиційну логіку.

Підходи до розпізнавання корисних даних представляють відкриту область для досліджень. У деяких випадках, таких як відсікання та стискання, вони вказуватимуть на необхідність налаштуватися і, разом із

інтелектуальним пошуком параметрів керування за допомогою моделювання, і становлять важливу область дослідження. Оскільки множина зразків рішень на основі знань стає дуже великою, виникає проблема створення ідеального комбінованого підходу для адаптації.

Найчастіше у реальному бурінні важко чітко встановити точний опис складного процесу, який є складною комбінацією механічних, електричних, хімічних та термодинамічних сутностей. Описи, як правило, погано інтерпретуються або взагалі не інтерпретуються. Частіше фактичні факти процесів у даному класі суттєво відрізняються від теоретичних абстракцій, які розуміються на рівні наукових досліджень. Моделювання є початковим кроком між активною розробкою програми, яка може автоматично закрити цикл зворотного зв'язку та безпосередньо впливати на виробничі відносини, та розробкою суто автоматизованого циклу, що може вплинути та впорядкувати операції в предметній області.

Ряд досліджень визнають наявність проблеми недостатнього навчання – недостатню кількість даних аварій та нештатних ситуацій [6].

При проведенні дослідження було опрацьовано деякі реальні дані, що надходять з експлуатаційних свердловин, передані ПАТ «Укрнафта». Але при прийнятті рішень система повинна розпізнавати випадки, які є не тільки нетиповими, але такими які в реальних умовах буріння повинні бути зведені до мінімуму. Стратегія проведення технологічних процесів передбачає вжиття всіх можливих засобів щодо недопущення нештатних, аварійних ситуацій і ускладнень.

Процес буріння за своєю природою характеризується високим рівнем невизначеності, до цього також потрібно додати, що при виникненні аварійних ситуацій виникає відповідальність виконавців, у разі невідповідності професійних дій.

Формулювання цілей статті

Цілями статті є визначення факторів, що характеризують буріння як невизначений процес та фази формування інтелектуального рішення. На основі наявних даних в ході циклів міркувань на основі знань, у взаємозв'язку з інформаційним циклом процесу буріння,

результатом повинно стати висвітлення етапів та способів адаптації даних при моделюванні нештатних ситуацій та обґрунтування вибору стратегії моделювання знання-орієнтованої системи здатної формувати інтелектуальні рішення на основі відтворених даних про процеси буріння.

Висвітлення основного матеріалу дослідження

Технологічно спорудження свердловин пов'язане із цілою низкою задач, серед яких найважливіша – забезпечення успішного буріння із попаданням вибою у визначене коло допуску. Проблеми, що виникають при їх вирішенні, як правило, спричинені недостатньою інформативністю щодо гірничо-геологічних даних під час проектування профілю свердловини та неточністю виконання робіт при їх спорудженні. При проектуванні та організації зв'язків бази прецедентів, на основі яких будуть моделюватись технологічні процеси буріння слід детально вивчити фактори, які ускладнюють процес буріння.

Використання в процесі розробки технологій геоданих є першим кроком для моделювання процесів буріння і організації експлуатації нафтогазової свердловини. Невід'ємною частиною при цьому є проведення геолого-технологічних досліджень, які з урахуванням сучасних можливостей і обладнання об'єднують різні напрямки: приладовий контроль буріння на основі інформаційно-вимірювальних систем; газовий каротаж; експресні петрофізичні дослідження.

В процесі проведення бурових робіт, будівництва та експлуатації родовищ з причин, пов'язаних з природними і техногенними факторами, виникають різного роду інциденти, які поділяють за низкою ознак на ускладнення і аварії. Виникаючі при бурінні ускладнення є прогнозованими і очікуваними з урахуванням накопиченого досвіду буріння, наявних геологічних і технологічних факторів. Моделювання технологічних процесів дозволяє усунути ряд ускладнень на початкових стадіях.

Аналіз інформації щодо проблемних питань під час будівництва свердловин на родовищах ПАФ «Укрнафта» за останні роки свідчать, що з причин порушення технологічного процесу будівництва свердловини нерідко переходять в

категорію аварійних і в середньому 20-25% від часу будівництва йде на боротьбу з ускладненнями та аваріями. Скорочення втрат робочого часу для усунення ускладнень і їх наслідків є однією з можливостей для збільшення коефіцієнта продуктивності робіт, скорочення часу при будівництві свердловин.

Як джерела даних при проведенні досліджень використовувалися дані 94 випадки ускладнень з розробки 25 свердловин 23 родовищ ПАТ «Укрнафта» (Анастасівське, Артюхівське, Бугруватівське, Козіївське, Старо-Самбірське, Барзаківське, Бугруватівське, Будівське, Долинське, Лопушнянське, Пн.Долинське, Рудівське, Рудівсько-Червонозаводське, Сх.Решетняківське, Тереснянське, Велико-Бубнівське, Гнідинцівське, Лесяківське, Решетняківське, Сх.-Решетняківське, Сх.Калинівське, Ярошівське), архівні дані геолого-технологічних досліджень вітчизняних компаній-розробників. В результаті проведеного аналізу підтверджені і оброблені дані по ускладненнях різних типів. Основними видами є: осипи і обвалення нестійких порід, втрата герметичності колони, звуження стовбура свердловини текучими породами, поглинання бурового розчину, нефтеводогазопроявлення. Частка цих ускладнень становить більше 85% від загального числа фіксованих ускладнень; при цьому в річному балансі непродуктивних витрат частка витрат на їх усунення становить від 5 до 25% собівартості видобутого продукту. Різноманіття причин виникнення цього виду ускладнень і їх взаємозв'язок вимагає заходів щодо їх попередження.

Серед аварій основне місце займають руйнування бурильної колони(її елементів), прихвати бурильного інструменту внаслідок різних причин (в основному внаслідок дії перепаду тиску в зоні проникних порід і заклинювання колони бурильних труб), а також зминання обсадних колон.

Особливості та параметри джерела аварій визначають характер і масштаби засобів протидії. Джерелом аварій може бути бурове обладнання, природні чинники і суб'єктивні причини. Перш за все, це аварії, що сталися з вини виконавця, тобто виникли через суб'єктивні причини, їх частка складає понад 30%.

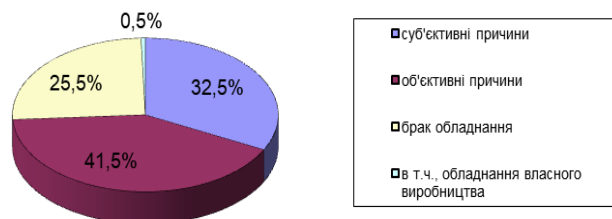


Рисунок 1 - Аналіз причин виникнення аварій

Найбільш повне врахування особливості геологічної будови при виборі бурового обладнання і технології бурових робіт та застосування технічних заходів, що запобігають виникненню ускладнення в процесі буріння є важливим аспектом у процесі буріння свердловин. Практика свідчить, що рекомендовані технології, які ефективні для одних регіонів, не завжди придатні для застосування для буріння свердловин на іншому родовищі.

Досвід діяльності провідних західноєвропейських і американських фірм свідчить, що найбільш сприятливими гірничо-геологічними умовами для буріння похило скерованих і горизонтальних свердловин є поклади вуглеводнів, що відносяться до масивних і потужних товщ вапняків, доломітів, пісковиків. Для українських нафтогазових регіонів, головними з яких є Донецько-Дніпровська і Карпатська – геологічні умови значно складніші.

Буріння похило-скерованих свердловин на площах Прикарпатського регіону в значній мірі ускладнене із-за чергуванням м'яких, середньої твердості та твердих нестійких гірських порід різної абразивності, їхньою перем'ягістю, складною складчастою будовою, наявністю у розрізі гірських порід, що відрізняються фізико-механічними властивостями. Характерною властивістю гірських порід родовищ Прикарпаття є різноманітність текстур, стратиграфічна неузгодженість та високий ступінь їх неоднорідності, обумовлений в першу чергу відмінностями складу і будови порід. Вищий ступінь неоднорідності спостерігається в масивах, які складені різноманітними гірськими породами. Крім того, в масивах гірських порід часто трапляються геологічні порушення та тектонічні розриви, що характеризують велику довжину і розташовані перпендикулярно, під

кутом або паралельно напластуванню цих порід [7].

Осадочний комплекс порід в Дніпровсько-Донецькій западині утворений аргілітами, вапняками, доломітами, глинами, ангідритами, мергелями. Всі ці породи рідко утворюють потужні однорідні товщі в окремих частинах западини, а частіше виступають у вигляді перешарування певних комплексів порід з перевагою того чи іншого літологічного різновиду. Колектори нафти і газу Дніпровсько-Донецької западини утворені теригенними відкладами – пісковиками та алевролітами і лише на окремих родовищах – карбонатами, вивітрелими і тріщинуватими кристалічними породами. а за своїми гірничо-геологічними властивостями є геологічним утворенням, в якому зосереджені різні за мінералогічним складом породи, різноманітні за ступенем консолідованості пласти, достатньо високі пластові тиски і температури, високомінералізовані пластові води, природні скупчення нафти, газу і конденсату [8].

Дані про структуру пласта, його ефективно нафтонасиченої товщини, розшарування на окремі пласти і зони дозволяють виконати побудову структурних карт і геологічних профілів з нанесенням положення газонафтових і водонафтових контурів. Дані, що характеризують геометрію пласта, дозволяють визначити запаси нафти і газу, і вибрати варіанти розміщення свердловин. Отже, чим повніше сформована база знань, щодо геолого-промислових умов, тим точніше визначається система розробки нафтового покладу. Визначальним фактором для формування такої бази є збір та організація інформації, формування інтегрованої бази технічних, технологічних і геолого-геофізичних даних.

З урахуванням складності операцій, що виконуються при розробці нафтогазових родовищ, наявністю невизначеностей,

пов'язаних з геолого-геофізичними і зовнішніми умовами, тренажери буріння можна віднести до категорії ефективних інтелектуальних інструментів попередження ускладнень і аварійних ситуацій при будівництві нафтових і газових свердловин.

Урбанізація територій, на якій здійснюється нафтопромислова діяльність, технічно ускладнює буріння і значно збільшує фінансові витрати. Проблема забезпечення ізоляції промислової системи від навколишнього середовища в нафтогазовому господарстві посідає важливе місце. При будівництві свердловини герметичність забезпечується обсадною трубою і засобами різьбових з'єднань. Оскільки подальше збільшення числа розвідувальних та експлуатаційних свердловин, а також обсягів видобутку корисних копалин нерозривно пов'язане з порушенням екологічної рівноваги, то захист навколишнього середовища і охорона надр мають бути враховані при моделюванні технологічних процесів. При бурінні глибоких свердловин на нафту мають місце найвищі екологічні навантаження на навколишнє середовище. Так в місцях буріння геологорозвідувальних і експлуатаційних свердловин в атмосферу надходять викиди газів і продуктів згоряння при роботі двигунів і випаровуванні легколетких речовин. Підвищується загазованість і запиленість повітря за рахунок хімічних реагентів, тонкодисперсних порошків вапна, цементу, глинопорошків, обважнювачів. Радіус впливу діяльності однієї бурової на атмосферне повітря і ґрунт простежується більш ніж на 2 км.

Технологічні процеси видобутку, збору, підготовки нафти і газу при високій урбанізації території, потребують додаткові витрати пов'язані з контролем повітряного середовища в населеному пункті, витрати на додаткове технічне оснащення. Фонтанні свердловини з дебітом 400 т/добу нафти чи 500000 м³/добу газу і більше, розташовані на відстані менше 500 м від населеного пункту, оснащуються внутрішньосвердловинним обладнанням. На промисловому об'єкті буріння при облаштування і забезпеченні безпеки обслуговуючого персоналу і населення значний вплив має рівень урбанізації території при виборі систем управління і регулювання, місця

розміщення засобів контролю, організації протиаварійного захисту.

Урбанізація є фактором виникнення природних та техногенних геохімічних аномалій, що зумовлені підвищеним вмістом вуглеводневих газів у ґрунтовому шарі, в результаті чого в окремих підвальних приміщеннях житлових будівель та інших споруд можливе накопичення значної кількості вуглеводневих газів, що призводить до виникнення небезпечних ситуацій. Найбільш проблемним з цієї позиції в Україні є Бориславське нафтове родовище [9].

Попереднє моделювання технологічних процесів і ситуацій на об'єкті буріння може стати одним з шляхів часткового розв'язку проблеми урбанізованих територій під час розробки нафтогазових родовищ.

Рішення, що містяться в інформаційній базі знання-орієнтованої системи повинні передбачати:

- оптимізацію використання природних ресурсів;
- виключення можливості незворотних техногенних змін природного середовища, в тому числі і при можливих аварійних викидах шкідливих речовин;
- оцінку надійності і безаварійності виробничих процесів і обладнання;
- оцінку ризику виникнення і можливих наслідків прогнозованих аварійних ситуацій, пов'язаних з викидом шкідливих речовин;
- а також бути спрямовані на запобігання, локалізацію, ліквідацію аварії і захист працюючих і населення від небезпечних виробничих факторів.

Розкриття вуглеводних пластів повинно проводитися після перевірки і встановлення готовності бурової і персоналу до розтину пласта на віртуально змодельованому об'єкті засобами інтелектуальної системи, що дає можливість захисту працюючих і населення в зоні можливої загазованості в разі аварійного викиду нафти і газу (відкритого фонтана).

Вуглеводні, що надходять з пошкодженої свердловини, завдають істотної шкоди економіці та екології регіону. Нафта і нафтопродукти є одними з найбільш поширених і небезпечних техногенних забруднювачів, їх видобуток, транспортування і переробка роблять край згубний вплив на навколишнє

середовище. За даними статистики на нафтогазовому комплексі відбувається приблизно 60 аварій різного масштабу щорічно, наслідками є розлив нафти, що потрапляє у водойми, загибель робітників виробництва, а також великі збитки. Ці дані не повністю достовірні і повні, так як більшість виробничих аварій ховаються від широкого кола громадськості.

Негативний вплив на екологію відбувається починаючи з розчищення певної ділянки для установки бурового обладнання. Далі, збиток, що завдається навколишньому середовищу, починає зростати через випадки розливу сирової нафти. За даних умов ґрунт, підземні та надземні водні джерела отримують забруднення, для відновлення необхідні роки. Також при вилученні з надр нафти, газу і підземних вод, які підтримують пластовий тиск, відбуваються незворотні деформації земної поверхні. Таким чином, головне завдання - звести до мінімуму небажані наслідки, раціонально використовуючи природні умови [10].

При проектуванні бази знань інтелектуальної системи слід враховувати особливості територій, де планується здійснення нафтогазової діяльності. Для українських реалій це є моделювання технологічних процесів враховуючи складність геологічних умов буріння, прийняття рішень на основі минулого досвіду виконання технологічних процесів на урбанізованих територіях, як з погляду зниження аварійності так і захисту від негативних впливів на екологію та населення цих територій. Геологічні умови українських нафтогазових регіонів доволі складні. Результати теоретичних, експериментальних і промислових досліджень потрібно вносити в базу знань інтелектуальної системи, що дає можливість здійснити поправки в технологію буріння і успішно провести будівництво свердловини в реальних умовах.

При реалізації інвестиційних проектів будівництва особливо важливим стає початкове формування переліку завдань з буріння і будівництва свердловин на основі наявних сучасних технологій, цілей і завдань функціонування об'єкта, прийнятих технологічних рішень і черг. В цьому аспекті слід розглянути питання ускладнення процесу

буріння внаслідок невідповідності фактичних умов буріння від проєктованих в зв'язку зі змінами, що відбуваються під впливом кліматичних та геологічних змін, які виникли в проміжку часу від закінчення складання проєкту та фактичним початком розробки родовища.

Згідно дослідження [11] слід розглядати чотири режими роботи свердловини - фактичний, проєктний, режимний і потенційний. Дебіт цифрової свердловини прагне до режимного, дебіт інтелектуальної свердловини - до потенційного. рис.2.

Дебіт, тис. м³/сут.

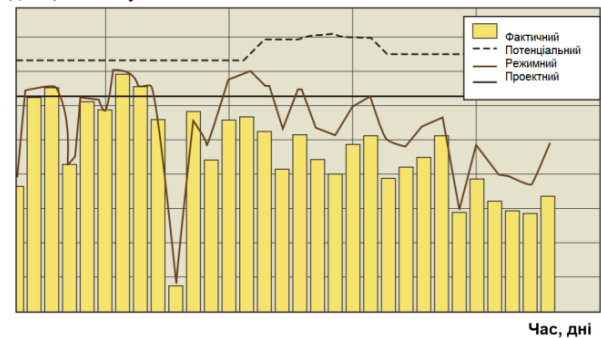


Рисунок 2 - Порівняння режимів роботи свердловин

За непрямыми параметрами в процесі будівництва уточнюється геологія пласта і приймається рішення про коригування траєкторії буріння, щоб весь час залишатися в межах нафтового пласта. Для цього використовують давачі, що передають інформацію про ґрунт з давачів бурового обладнання. Засобами інтелектуальної системи використовуючи методи машинного навчання може бути здійснено аналіз таких даних - рівень вібрації, швидкість буріння і обертання ротора, навантаження на долото. Ці параметри залежать від фізико механічних і геологічних характеристик розкриття гірської породи. Аналіз даних методами машинного навчання дозволяє оперативно визначити літологічний склад і непрямі властивості породи. У разі якщо параметри гірської породи, згідно яких розроблено проєкт, відрізняються від фактичних, є можливість коректування траєкторію свердловини. Технологія машинного навчання передбачає самонавчання під час буріння, тому прогноз літології гірських порід здійснюється на основі минулого досвіду.

Для досягнення на великих глибинах високої точності виходу свердловини на точку з наперед заданими координатами є необхідним застосування безперервного високоточного та надійного електронного телеметричного супроводу із залученням сучасних ІС та технологій. Опрацювання інформації цих приладів може використовуватись для формування бази даних симулятора.

Основними векторами цифровізації бурових робіт є наступні:

- створення сучасних інтерактивних середовищ для забезпечення збору, систематизації і аналізу всієї оперативної інформації в режимі реального часу і забезпечення на цій основі ефективного управління процесом будівництва свердловин;

- автоматизація виробничих процесів на основі впровадження систем штучного інтелекту;

- створення і впровадження нових інструментів для дистанційного моніторингу та управління операційною діяльністю;

- використання інтегрованих крос-функціональних показників ефективності систем і діяльності компанії в цілому, що дозволяють оптимізувати всі етапи операційної діяльності [12].

Знання орієнтована система дозволяє керувати ризиками буріння шляхом прогнозування нештатних ситуацій. Якість прогнозу залежить від сучасності інженерних методів і підходів, тобто методів що враховують прецеденти на бурових майданчиках. Симуляція технологічних процесів дозволяє персоналу виявляти і попереджувати на ранній стадії ускладнення при бурінні і експлуатації, і забезпечує досягнення оптимальної продуктивності свердловини.

За оцінками експертів, міждисциплінарний інформаційний підхід до буріння і будівництва забезпечує зниження витрат на усунення аварійних ситуацій, що призведе до зниження загальної вартості будівництва свердловин і добувається продукту від 5 до 25% від початкових витрат.

Одна з цілей моделювання технологічних процесів запобігання ускладнень і аварійних ситуацій в процесі будівництва нафтових і газових свердловин - це кратне скорочення

витрат будівництва високотехнологічних свердловин. Упровадження системи, що забезпечує запобігання ускладнень і аварійних ситуацій в процесі будівництва нафтових і газових свердловин дозволить досягти синергетичного ефекту від обробки великих обсягів геоданих і їх обробки, інтерпретації та прийняття рішень методами штучного інтелекту в режимі реального часу.

Основою оптимізації процесів є інтеграція окремих апробованих рішень в інтелектуальний технологічний комплекс, що забезпечує якості прийнятих рішень управління на базі реальних параметрів родовища і використання геолого-технологічної інформації, безперервного аналізу ефективності керуючих впливів і оцінки ризиків, моделювання з урахуванням особливостей технологічних особливостей об'єкта.

Комплексне застосування цифрових технологій і алгоритмів як основи оптимізації витрат забезпечує можливість безаварійного управління об'єктами будівництва і експлуатації, зниження впливу людського фактору і компетенцій, збільшення ефективності інвестиційних вкладень, забезпечує продовження термінів рентабельної експлуатації в складних умовах і вимогах.

Виробничу систему слід розглядати як ієрархічно структуровану систему, що дає гнучкий та рівномірний спосіб моделювання всіх рівнів ієрархії виробничої системи.

Для розробки комплексної стратегії та рішень, щоб експертні системи та технології, засновані на знаннях, мали значний вплив, вони повинні мати підтримку та відповідати архітектурі СІМ (computer-integrated manufacturing). Архітектура СІМ - це структура інформаційних систем, яка дозволяє промисловим підприємствам інтегрувати інформаційні та бізнес-процеси, вона досягає цього шляхом встановлення напрямку інтеграції; та визначивши інтерфейси між користувачами та постачальниками цієї інтеграційної функції.

Наступна спрощена схема представляє типову архітектуру інтелектуальної автоматизації технологічних процесів буріння з посиленням на піраміду СІМ (на піраміду комп'ютерно-інтегрованого виробництва). Кожен рівень, представлений задіяними

пристроями чи програмами показаний у центрі зв'язаний ліворуч із відповідними рівнями даних мережами зв'язку, а праворуч - із задіяними технічними засобами рис.3.

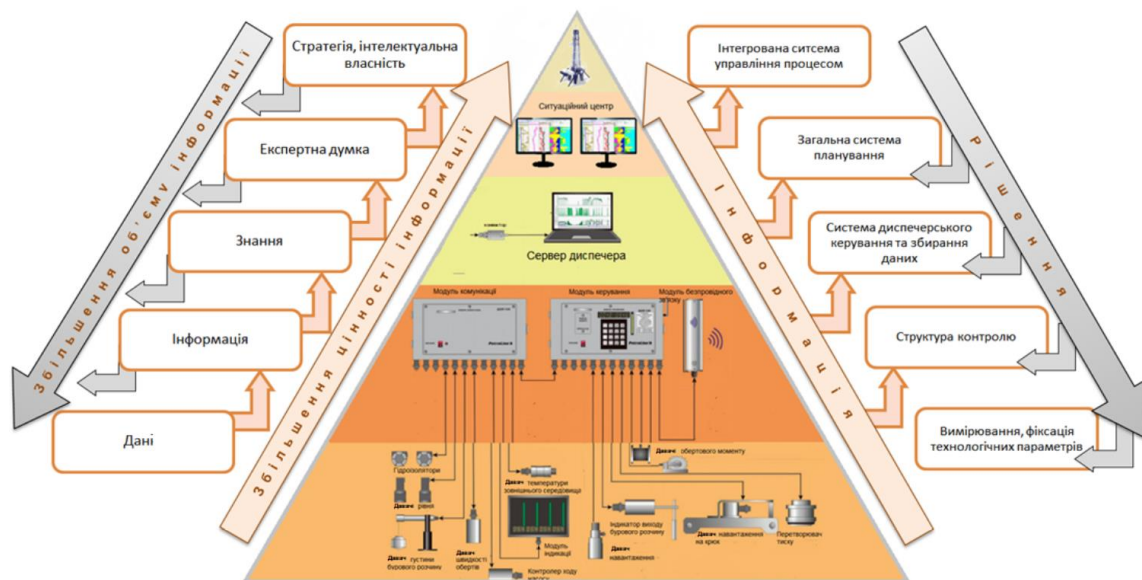


Рисунок 3 - Архітектура автоматизації технологічних процесів буріння з посиленням на СІМ піраміду

- На найнижчому рівні є прилади, які контролюють та обробляють змінні процесу - фізичні пристрої, що існують у промисловості, такі як виконавчі механізми та датчики.

- Другий рівень або "рівень управління" - ці інструменти з'єднуються з контрольною структурою, яка здатна реалізувати правила контролю. Типові структури управління промисловими потужностями, можуть бути реалізовані на таких пристроях, як одноконтурні прилади, програмована логіка контролерів та розподілених систем управління. Всі ці контролери реалізують деяку комбінацію технології подачі прямого і зворотного зв'язку.

- «Рівень нагляду» (третій рівень) відповідає системам контролю та збору даних (SCADA). Включає логічні пристрої, персональні комп'ютери. Комп'ютер взаємопов'язаний із апаратним забезпеченням управління за допомогою мережевого зв'язку. Управляючий хост підтримує бази даних та програми, які розташовані поверх основної функції управління.

- Системи виконання виробництва або МОН знаходяться на вищому рівні або "рівні планування".

- Вершина піраміди ("рівень управління") складається з інтегрованої системи управління компанії (ERP).

Є багато можливостей для впровадження штучного інтелекту (ШІ) та експертних систем у процес контролю та управління у нафтогазовій галузі.

Проблеми у створенні інтелектуальних програм для управління процесами та управління проблемами вимагають тонкого поєднання багатьох технологій та методологій - штучний інтелект, експертні системи та методології, засновані на знаннях.

Реалізація інтелектуального управління передбачає також наявність сучасної наукової бази, інтеграцію технологій, процесів і відповідної процесам кваліфікації. Застосування ШІ як основи інтелектуальної обробки інформації вимагає узагальнення досвіду існуючих практик і здійснюється з використанням елементів моделі інтелектуального управління за рахунок цифровізації, інтелектуалізації, елементів кібервиробництва, застосування промислового інтернету і віртуальної реальності.

Інструменти, методи та методології, поєднані з інтегрованим штучним інтелектом,

співпрацюючою експертною системою, розподіленими оболонками рішень для штучного інтелекту та критичним для часу ШІ є центральними для їх інтелектуального рішення. Більше того, загальна парадигма міркувань є поширеною моделлю для багатьох вертикальних ринкових застосувань. Ця модель міркувань є інтелектуальним циклом міркувань (рис.4).

Основою підвищення якості управління та алгоритмічного формування керуючих впливів в нафтогазових системах є повторюваний корекційний цикл «Великі геоданих - Моделювання - Інтегроване управління - Зростання вартості основних активів». Застосування ШІ дозволяє не тільки оптимізувати вартість будівництва при бурінні і облаштуванні окремих свердловин, а й забезпечити підвищення рівня видобутку нафти і газу, знизити втрати, здійснивши запобігання аварій.[1]

При побудові інтелектуального рішення розглядаємо чотири фази.

Перший етап - це етап набуття знань. На цьому етапі оболонка рішення, засобами форм, запитань та інші механізмів формують інформаційну основу. Це забезпечується створенням конфігурації, структури даних, цілей, правил та ключових значень параметрів.

Після завершення фази набуття знань система може вступити в цикл розумних міркувань. Цей цикл призначений для керування даними та асинхронності.

На другій фазі циклу додаток, заснований на знаннях, намагається визначити необхідність чогось робити. База знань повинна керуватися даними та здатна зосередити свою увагу, враховуючи стан вирішення проблеми та те, що відбувається в цілому в проблемному середовищі.

Після завершення цього етапу база знань або визначила або не визначила необхідність щось робити, а також ознаки та характеристики проблеми. Якщо вона визначила необхідність щось робити, база знань переходить на третю фазу функціонування. На цьому етапі база знань розробляє стратегію та тактику для вирішення проблеми, яка була з'ясована на етапі ідентифікації. У циклі розумних міркувань основу можна розглядати в інтелектуальному сенсі як базу знань, що складається з ряду фундаментальних методів для певної галузі. На

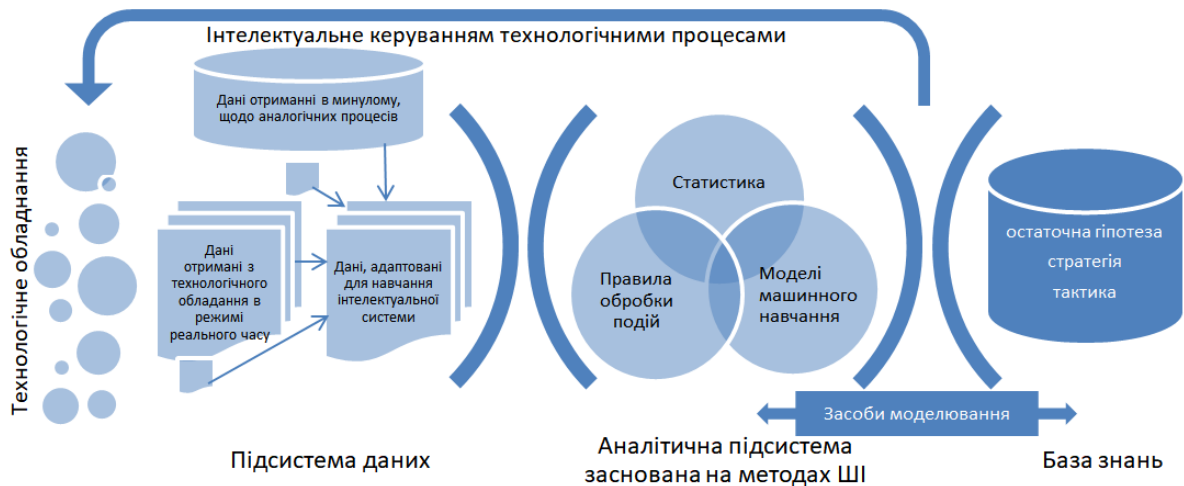
третьому етапі фаза знань приймає проблему, яка була виявлена на другому етапі, та аналізує її на основі своєї бази знань методологій для вирішення конкретної області. Важливо, щоб на цій фазі база знань була здатна розробляти стратегії та тактики, що представляють собою гібриди та комбінації будь-яких цікавих методів, що моделюються. Найчастіше інтелектуальне рішення проблеми - це не якась проста ортогональна методологія, а скоріше гібрид фундаментальних методів. На завершення третього етапу циклу розумних міркувань база знань сформулювала стратегію та тактику вирішення проблеми та її атрибутів, які були визначені на другому етапі.

На четвертому етапі застосування бази знань вживає відповідних дій на основі стратегії та тактики, сформульованих на третьому етапі.

Важливо розуміти, що цей розумний цикл міркувань не є суто циклічним, послідовним циклом. Ідентифікація необхідності щось робити може мати місце, коли база знань вживає заходів щодо попередньої проблеми. Цикл розумних міркувань призначений для передачі топології на відміну від остаточної послідовності міркувань.

При цьому значно трансформується і сам технологічний цикл управління процесом видобутку, який формується інформаційним циклом «Вимірювання - Корекція - Контроль - Прогноз - Вплив» з урахуванням реалізації прийнятих раніше критеріїв. Комплексне застосування цифрових технологій і алгоритмів як основи оптимізації витрат забезпечує можливість безаварійного віддаленого управління об'єктами будівництва і експлуатації, зниження впливу людського фактору і компетенцій, збільшення ефективності інвестиційних вкладень, забезпечує продовження термінів рентабельної експлуатації в складних умовах і вимогах.

На рис. 4 наведена прийнята в проекті розробки порівняльна модель ідентифікації закономірностей і класифікації ускладнень для виявлення нештатних ситуацій за допомогою навчальних алгоритмів, аналізу розподілу і сегментації параметрів процесу буріння на підставі одержуваних геолого-технологічних даних.



P.

Рисунок 4 - Модель ідентифікації закономірностей (цикл розумних міркувань)

В архітектурному плані слід розглядати реалізацію циклу розумних міркувань як складену з ряду концентричних шаруватих систем (рис. 5). Внутрішня система являє собою високопродуктивне, повністю налаштоване ядро часу виконання, яке завжди здатне вжити критично важливих для часу дій на основі

поточної найкращої оцінки речей, що потрібно зробити, враховуючи поточне середовище. Зовнішній шар складається з інтелектуального компонента міркувань, який намагається з'ясувати, як змінити ядро виконання.

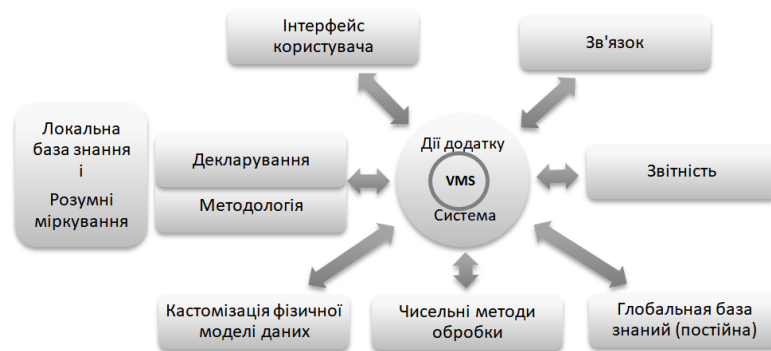


Рисунок 5 - Модулі, що співпрацюють в інтелектуальному додатку

Запропонований підхід експертного налаштування значною мірою спирається на концепцію інтегрованого штучного інтелекту. Експертний компонент ШІ використовується для виявлення необхідності налаштування та вирішення того, який метод настройки застосовувати з урахуванням ситуації, пошуку, розпізнавання шаблонів, навчання, виправдання та пояснення тощо.

Оптимізація організації даних спрощує та підвищує ефективність роботи експертної системи оцінюючи дані в залежності від обставин. Цей підхід, застосовується до систем,

в яких параметри налаштування, є функціями вимірюваних змінних, таких як рівень або температури. Завдяки апіорній специфікації графіків параметрів, вивченню методики щодо графіків параметрів з часом, експерт система повинна мати змогу міркувати і використовувати константи налаштування, які застосовуються в певних діапазонах експлуатації середовища установки на деяких структурах управління.

Традиційні обчислювальні середовища, такі як РС, є ідеальною архітектурною та реалізаційною платформою для

інтелектуального середовища моделювання. Вони забезпечують потужне програмне забезпечення пропозиції продуктів, а також важливі засоби розподіленої комунікації. У галузі технологій реляційних баз даних вони мають основу для стабільної архітектури зберігання для бази знань інтелектуального середовища моделювання. Побудувавши інтелектуальне середовище моделювання на традиційному комп'ютері в поєднанні з пропонованою структурою реляційної бази

даних, можна створити надзвичайно гнучку, інтегровану та розширювану інтелектуальну систему автоматизації. Зберігання всіх об'єктів, пов'язаних із поточними результатами моделювання, у реляційній базі даних забезпечує міцну основу для розуміння процесів у всій архітектурі CIM. Структурна схема застосування методів машинного навчання при опрацюванні даних, виявленні і прогнозуванні позаштатних ситуацій, прийняття рішень приведена на рис. 6

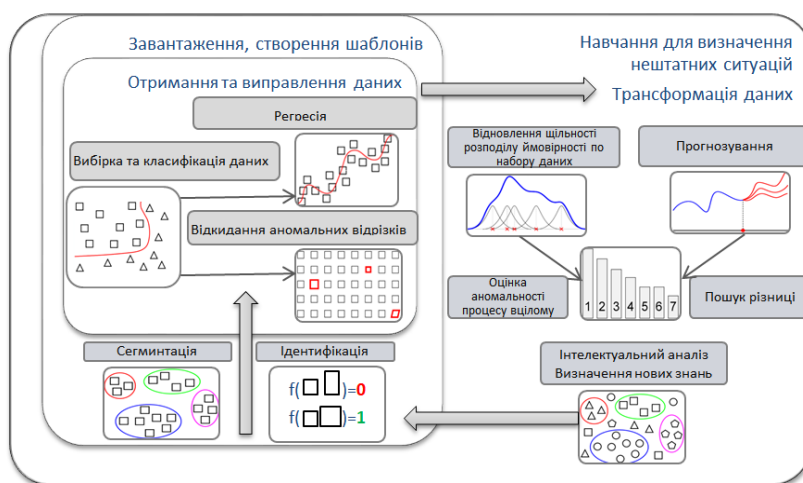


Рисунок 6 – Структурна схема застосування методів машинного навчання при опрацюванні даних з метою прийняття рішень

Оскільки множина зразків рішень на основі знань стає дуже великою, зростає і реальність створення ідеального комбінованого підходу для адаптації. Організація та вдосконалення даних виявляються важливими компонентами ефективного керованого даними процесу [13].

Через складність та різноманітність вихідних даних процедура адаптації поділяється на два основні етапи:

I. Виправлення даних.

II. Попередня обробка даних.

На етапі виправлення даних аналізуються вихідні файли, що містять необроблені дані, і для кожної змінної будується правильне представлення. Після цього набір даних буріння підпорядковується набору правил та інструкцій, метою якого є виправлення помилок та невідповідностей, виявлених при уважному огляді кожного набору даних. Деякі з цих правил мають загальну дію для свердловин, тоді як деякі пристосовані до конкретних аномалій,

виявлених лише в даних деяких конкретних свердловин.

На етапі попередньої обробки даних набори даних із фіксованими даними завантажуються та перетворюються з метою отримання корисних додаткових змінних (наприклад, для обліку наявності колон, або діяльності зі зміни ственду тощо). Після цього на перетвореному наборі даних виконується ряд перевірок узгодженості, щоб виявити, чи є в наборі даних залишкова помилка. Далі дані записуються у файл та надаються для подальших кроків аналізу.

Створення бази даних для симуляції процесу буріння передбачає виявлення множин, що характеризують ускладнення і нормальну роботу, виділення тестових навчальних вибірок, скорочення отриманих даних, стиснення та їх фільтрація. Дані буріння з різних джерел, формуються у підмножини.

- підмножина «Давачі» містить повний часовий ряд змінних, що відстежуються під час

досліджуваних робіт на свердловині (тобто, від початку бурової діяльності або до її успішного завершення, або відмови через ускладнення).

- підмножина «Ускладнення» повідомляє про групу даних проблем, що виникли під час бурових робіт. Зокрема, прихоплення труби, які перелічені разом із мітками часу початку та розв'язання.

- підмножина «Колона» повідомляє дати та глибину початку операцій з встановлення колони.

- в підмножині «Літологія» перелічені глибинні тракти, пов'язані з певним літологічним складом.

- підмножина «Траєкторія» доповнює набір даних «Давачі», надаючи відносні координати бурового долота в деяких точках стовбура свердловини. Дуже корисно реконструювати траєкторію відхилених свердловин.

Перед операцією попередньої обробки вихідних даних необхідно встановити рівень фіксації цілісності даних. Підмножини даних бурових свердловин мають багато змінних, які пов'язані між собою логічними та/або математичними співвідношеннями, що безпосередньо впливає на їх потенційне використання на етапі моделювання та прогнозування. Аналіз підмножин показує, що необхідним є виправлення даних, щоб перетворити вихідні дані у відповідну форму для проведення обчислень.

Деякі з цих виправлень є загальними для кожної підмножини даних, і тому здійснюються системно (так само як для нових, майбутніх наборів даних). Інші є специфічними лише для цієї свердловини і виявляються при уважному вивченні часових рядів змінних кожної свердловини. Вони можуть розглядатися як виправлення всіх невідповідностей та помилок, виявлених до цього часу під час аналізу, і є продуктом перевірок узгодженості, здійснених на етапі попередньої обробки даних.

Перевіряється надійність значення, яке використовується для позначення відсутнього значення з давачів замінюється на NaN (Not-a-Number), відсутні значення часових рядів заповнюються лінійною інтерполяцією між екстремумами, значення відсутнього значення глибини свердловини на певний момент, забезпечується шляхом прийняття мінімуму

(або максимуму, відповідно до його ознаки) значення глибини проникнення долота.

Кодування міток часу, що з'являються в наборах даних узгоджуються згідно відповідного формату часового поясу Європа/Київ (GMT+2), ліквідується неузгодженість при переході на літній час чи навпаки.

Здійснюється перевірка знаку значення (додатній або від'ємний), невідповідні значення встановлюються на нуль.

Встановлюються фактичні значення параметрів буріння через взаємозв'язок інших параметрів, наприклад значення швидкості буріння встановлюється рівним нулю, коли показник проникнення долота не змінюється є постійним, оскільки, коли долото не бурить, швидкість проникнення дорівнює нулю за визначенням. Це не так у жодному з вихідних наборів необроблених даних.

Налаштовуються одиниці виміру, наприклад швидкість проникнення перетворюється в м/год. з мм/год.

При високій мінливості показників, оцінюється рівень шуму і згладжуються показники, наприклад показників швидкості проникнення при паузі в бурінні після початкової установки свердловини.

Після того, як цілісність даних забезпечена за допомогою модуля фіксації, наступним кроком є попередня обробка даних. Це передбачає вибір системи ознак подій, перетворення даних відповідним чином для подання їх на вхід системі (виявлення значних підмножин, нормування, стандартизація), зокрема:

1. Визначення тривалості експлуатації обсадної колони. Діапазон експлуатації колони - це проміжок часу від початку дії колони (який доступний у наборі даних «Колона», хоча з певною невизначеністю щодо точного часу) до завершення, який визначає момент відновлення буріння. Така точка не відома заздалегідь, тому її потрібно обчислювати безпосередньо використовуючи дані підмножини «Давачі».

2. Обчислення змінних глибини свердловини. Ці змінні відображення стану свердловини, яка ще не захищена колоною. Це дуже важливо в випадку прогнозу ускладнень прихоплення, оскільки прихоплення труби трапляються поза обсаженою частиною

стовбура свердловини, і ця інформація повинна бути включена до набору даних.

Іншими операціями, які виконуються на етапі попередньої обробки, є такі:

- Налаштування знаків змінних буріння. На самому початку етапу попередньої обробки знак змінних буріння регулюється, щоб мати негативні глибини.

- Перевірка узгодженості: Перелік перевірок узгодженості, який відображає спеціальні знання апріорні для конкретного параметру - чи мають змінні правильний знак і чи відповідає їх динаміка заздалегідь заданим межам.

Остаточна версія попередньо оброблених та фіксованих даних трансформується для отримання корисних структур даних. Логічний підхід до рішення передбачає дискретну інтерпретацію даних давачів за часом і за розмірами.

Отриманий набір даних має два індекси, один, який відображає глибину проникнення злиття, а інший - на час злиття. Таким чином, ми маємо значення давачів, агрегованих за двома різними осями. Враховуючи потрібну (глибину, час, особливість), тепер можна отримати всі дані давача, пов'язані з цим.

Таким чином розглядається три фази опрацювання даних:

1. Отримання: дані збираються із збережених даних давача свердловини для конкретної фази буріння.
2. Трансформація: дані опрацьовуються, агрегуються за глибиною.
3. Завантаження: перетворені дані завантажуються (зберігаються) у зручних структурах даних.

Однією з великих вимог, а також одним із потенціалів штучного інтелекту є здатність будувати системи, які можуть навчитися. Навчання - це важлива здатність знання-орієнтованої системи, яка вимагає здійснення вибору, організації та параметризації налаштування підходів у реальній системі. Методи навчання повинні мати можливість визначити, яких підходів до налаштування слід уникати на певних структурах управління.

Ключовим аспектом нової інженерії знань та підходу до організації проекту є наявність чіткої методології, за допомогою якої можна вибрати проблеми в галузі, які потрібно вирішити. Якщо не задати всіх вищезазначених питань, не можливо чітко зрозуміти глибину проблеми або вимоги до її вирішення.

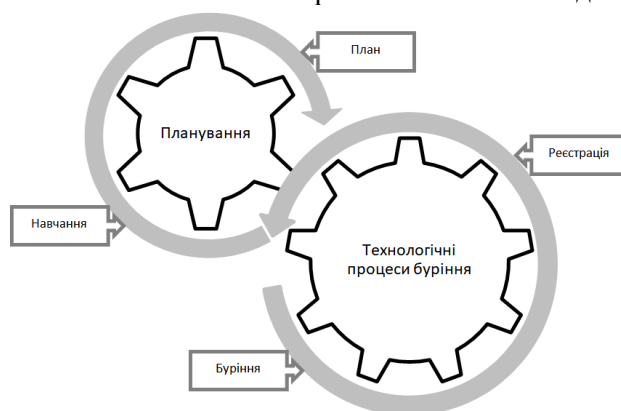


Рисунок 7 - Місце навчання в виробничому циклі процесу буріння

Будь-який процес є повторюваною послідовністю витрат часу та ресурсів для отримання результатів у всіх сферах застосування. Робочий процес будівництва свердловин - це безперервний цикл від планування свердловини до бурових робіт, де навчання включається в кожен цикл. З точки зору ймовірності, моменти для будь-якої діяльності, що починається і закінчується, є

випадковими подіями на часовій шкалі. З кожною ітерацією плану, буріння, запису та вивчення циклу будівництва свердловин оптимальний рівень продуктивності стає все ближчим, оскільки він побудований на міцній основі, що підтримує загальний процес.

Застосування моделей дозволяє раціонально управляти ризиками, підвищувати якість і безпеку нафтогазових систем і за

рахунок них бути успішними на ринку. Результати імовірнісного моделювання показали, що необхідна щільність становить близько 0,02%, тобто 2 дефекти (аномалії) на 10000 розглянутих операцій. До того ж доцільно зауважити, що оскільки щільність дефектів близько 1%, ймовірність міцності стабілізується на рівні 0,88.

На практиці застосування запропонованої моделі та методу дозволяє замовнику сформулювати більш обґрунтовані вимоги та технічні вимоги, розробнику впровадити їх раціонально, не витрачаючи витрачених коштів, а користувачеві максимально ефективно використовувати потенціал системи

Моделювання є основою застосування штучного інтелекту, є передумовою для подальшої інтелектуальної автоматизації.

Необхідною умовою побудови інтелектуальних додатків є точний, сучасний та корисний опис базових компонентів процесу. Цей опис є ключовим для подальших інтелектуальних міркувань на основі бази знань для формулювання рішень таких проблемних областей, як контроль та оптимізація, статистичний контроль процесів, планування та управління сигналізацією.

В побудованій моделі при достатній кількості структурних компонентів можна виконувати передбачення невідомих фактів і знань шляхом перенесення їх з одних об'єктів на інші, з огляду на подібність між цими об'єктами.

Метою моделювання є повторне відстеження процесу буріння та відображення стану свердловини раз за разом. Важливою вимогою при створенні інтелектуального середовища є достатній обсяг даних, в рамках даного дослідження про нестандартні ситуації, для коректного навчання системи. В рамках дослідження ця вимога може бути забезпечена засобами повномасштабного бурового тренажера. Симуляція технологічних процесів буріння з використанням бурового тренажера дозволяє відтворити процеси що відбуваються в реальних умовах буріння. Моделювання ускладнень засобами тренажера забезпечує необхідний обсяг даних для здійснення дослідження.

В області інтелектуального контролю та оптимізації очевидно, що ключовим

компонентом є модель технології управління та топології. Інтелектуальне середовище у вигляді тренажера, здатне покращувати точність описів основних процесів і здійснювати параметричне оптимальне управління установкою буріння. У всіх важливих сферах контролю та управління процесом необхідність у точних та сучасних моделях має першорядне значення.

В обчислювальному плані симулятор являє собою програмний модуль, що забезпечує при кожному зверненні до нього прорахунок нового стану технологічного процесу, що моделюється, з урахуванням динамічної пам'яті об'єкта і всіх впливів, вироблених учасниками тренінгу (операторами і інструктором) з моменту попереднього розрахунку. При цьому крім чималої кількості «вимірюваних» змінних (витрат, температур, тисків, рівнів і ін.) прораховується і величезне число «внутрішніх» змінних [14].

Недостатність прецедентів або їх неадекватність становить ризик для відповідності навчання інтелектуальної системи, тому для побудови знання-орієнтованої системи доцільним є використання інструментів класу «Бурові тренажери». Характеристики тренажеру Drillsim5000 забезпечують моделювання інженерно-технічних, виробничо-експлуатаційних та техніко-економічних показників технологічних комплексів з урахуванням фактичного стану нафтогазових об'єктів.

Запропонована в дослідженні реалізація не успадковується безпосередньо від Drillsim5000, але побудовано частково на основі проекту Drillsim5000. Тренажер - це інструментарій для отримання необхідного обсягу даних для розробки та порівняння алгоритмів навчання.

Функціональні можливості тренажера DrillSim-5000 дозволяють зробити модель свердловини, максимально наближену до реально пробуреної свердловини. Припускаємо, що необхідний рівень точності можна досягти збільшенням кількості ітерацій в моделюванні. Обмеження полягають у кількості даних, які можуть бути використані.

Аналіз якості та принципів отримання даних щодо технологічних процесів буріння визначає порядок, в якому навчається знання-орієнтована система і є визначальним фактом

для можливості обробки серій подій, що мають прецеденти в минулому.

Висновки

Проведено класифікацію ускладнень та аварій при здійсненні технологічних процесів з позиції аспекту отримання даних. Визначено фази циклу обробки даних буріння з інтеграцією методів ШІ у співвідношенні до циклу процесу буріння.

Визначено оптимальну структуру бази даних вхідної геолого-технічної інформації, згруповано дані по підмножинам при побудові системи з використанням методів ШІ.

Виявлено ряд загальних проблемних питань у запровадженні технологій штучного інтелекту в нафтогазовій галузі і визначено основні напрямки щодо їх вирішення в рамках застосування бурових тренажерів і вдосконалення методів потокової обробки великих обсягів геолого-геофізичних і технологічних даних.

Отримані результати показали, що якість комплексу оперативних технологічних і геолого-геофізичних даних, що одержуються і використовуються в процесі буріння свердловин, є основною технічною та інформаційною проблемою для своєчасного прогнозування і попередження аварій і ускладнень.

Недостатність інформативності при побудові знання-орієнтованої системи, пропонується розв'язувати шляхом отримання даних засобами тренажера, що забезпечить ефективне навчання інтелектуальної системи.

Список використаних джерел

1. Еремін Н.А., Архипов А.И. Сарданашвили О. Н. Столяров В. Е. Цифровые технологии строительства скважин Digital well-building technologie Деловой журнал Neftegaz.RU. № 4 2020

2. Дмитриевский А.Н., Еремін Н.А., Столяров В.Е. (2020b). Роль информации в применении технологий искусственного интеллекта при строительстве скважин для нефтегазовых месторождений. Научный журнал Российского газового общества, 3(26). С. 22–37

3. М.М. Хасанов, Д.О. Прокофьев, О.С. Ушмаев, Б.В. Белозеров, Р.Р. Гильманов, А.С.

Маргарит Перспективные технологии Big Data в нефтяном инжиниринге: опыт компании «Газпром нефть». *Нефтяное хозяйство*, 2016, № 12. С. 76 – 79

4. Столяров В.Е., Еремін Н.А., Еремін А.Н., Басниева И.К.. Цифровые газовые скважины: состояние и перспективы. *Нефтепромысловое дело*. 2018 г., № 7, С. 48 – 55, DOI: 10.30713/0207- 2351-2018-7-48-55.

5. Гобир Л.М., Вовк Р. Б., Потеряйло Л. О., Шекета В. І. Ймовірнісна оцінка результатів інтерпретації даних та параметрів геофізичних досліджень. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2018. №3(68). С. 46-59

6. Дмитриевский А.Н., Дуплякин В.О., Еремін Н.А., Капранов В.В. Нейросетевое моделирование в системах предупреждения осложнений и аварийных ситуаций при строительстве нефтяных и газовых скважин. *Давачи и системи*. №12.2019. С.21 – 27

7. Разработка процесса принятия решений при моделировании и проектировании месторождений углеводородов на основе вывода по прецедентам. Новые информационные технологии в нефтегазовой отрасли и образовании: материалы VIII Международной научно-технической конференции; отв. ред. О. Н. Кузяков. Тюмень: ТИУ, 2019. 324 с. ISBN 978-5-9961-2225-7 .

8. Кабышев Б.П., Шпак П. Ф., Билык Л. Д. Геология и нефтегазоносность Днепро-Донецкой западины. *Нефтегазоносность*. Киев: Наукова думка, 1989. 204 с.

9. Функциональные возможности полномасштабного бурового тренажера DrillSim-5000 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://www.gubkin.ru/faculty/oil_and_gas_development/chairs_and_departments/drill_center/DrillSim-5000.php.

10. Крыгина А.С., Иванов Д.Б. , Шарافيةва З.Ф. Актуальные проблемы экологии добычи, транспорта и переработки нефти. материалы VII Международной конференции с элементами научной школы для молодежи. 2018. С. 179

11. Еремін А.Н. Новая классификация цифровых и интеллектуальных скважин. *Автоматизация и ИТ в нефтегазовой области*, № 2 (24) 3, 2016. С. 2 – 4

12. Chernikov A.D., Eremin N.A., Stolyarov V.E., Sboev A.G., Semenova-Chashchina O.K., Fitsner L.K. (2020). Application of artificial intelligence methods for identifying and predicting complications in the construction of oil and gas wells: problems and solutions. *Georesursy = Georesources*, 22(3), pp.87–96. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2020.3.87-96>

13. Потеряйло Л.О., Процюк В. В., Кравців К. І. Використання CBR при реалізації інженерних рішень систем класу «Бурові тренажери». VI Міжнар. наук.-техн. конф. «Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем», Дніпро, 4 листопада 2020р. Дніпро, 2020. С.146-148

14. Потеряйло Л.О., Процюк В. В., Кравців К. І. Моделювання імітаційної моделі керування процесами буріння на основі прецедентів. Всеукраїнська наук.-практ. конф. «Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості» - ІТОПІ-2020. Івано-Франківськ, 8 жовтня 2020.

Refefenses

1. Eremin N.A., Arkhypov A.Y. Sardanashvyly O. N. Stoliarov V. E. Tsyfrovyte tekhnolohyy stroytelstva skvazhyn Digital well-building technologie *Delovoi zhurnal Neftegaz.RU*. № 4 2020

2. Dmytryevskiy A.N., Eremin N.A., Stoliarov V.E. (2020b). Rol ynfornatsyy v pryomenenyy tekhnolohiy yskusstvennoho yntellekta pry stroytelstve skvazhyn dlia neftehazovykh mestorozhdeniy. *Nauchnyi zhurnal Rossyiskoho hazovoho obshchestva*, 3(26). S. 22–37

3. M.M. Khasanov, D.O. Prokofev, O.S. Ushmaev, B.V. Belozarov, R.R. Hylmanov, A.S. Marharyt Perspektivnye tekhnolohyy Big Data v neftianom ynzhyunynhe: opyt kompanyy «Hazprom nef». *Neftianoe khoziaistvo*, 2016, № 12. С. 76 – 79

4. Stoliarov V.E., Eremin N.A., Eremin A.N., Basnyeva Y.K.. Tsyfrovyte hazovyye skvazhyny: sostoianye y perspektvy. *Neftepromyslovoe delo*. 2018 h., № 7, С. 48 – 55, DOI: 10.30713/0207- 2351-2018-7-48-55.

5. Hobyr L.M., Vovk R. B., Poteriailo L. O., Sheketa V. I. Ymovirnisna otsinka rezultativ

interpretatsii danykh ta parametriv heofizychnykh doslidzhen. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch*. 2018. №3(68). S. 46-59

6. Dmytryevskiy A.N., Dupliakyn V.O., Eremin N.A., Kapranov V.V. Neiroseteveye modelyrovanye v systemakh preduprezhdeniya oslozhneniy u avaryinykh sytuatsiy pry stroytelstve neftyanykh y hazovykh skvazhyn. *Davachi y systemy*. №12.2019. S.21 – 27

7. Razrabotka protsessa pryniatya resheniy pry modelyrovanyu y proektyrovanyu mestorozhdeniy uhlevodorodov na osnove vyyvoda po pretsedentam. *Novyye ynfornatsyonnye tekhnolohyy v neftehazovoi otrasly y obrazovanyu: materyaly VIII Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsyy; otv. red. O. N. Kuziakov*. Tiumen: TYU, 2019. 324 s. ISBN 978-5-9961-2225-7 .

8. Kabyshev B.P., Shpak P. F., Bylyk L. D. Heolohiya y neftehazonosnost Dneprovo-Donetskoi zapadyny. *Neftehazonosnost*. Kyev: Naukova dumka, 1989. 204 s.

9. Funktsyonalnye vozmozhnosity polnomasshtabnoho burovoho trenazhera DrillSim-5000 [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu do resursu: https://www.gubkin.ru/faculty/oil_and_gas_development/chairs_and_departments/drill_center/DrillSim-5000.php.

10. Крґыһуна А.С, Yvanov D.B. , Sharafyeva Z.F. Aktualnye problemy ekolohyy dobychy, transporta y pererabotky nefty. materyaly VII Mezhdunarodnoi konferentsyy s elementamy nauchnoi shkoly dlia molodezhy. 2018. S. 179

11. Eremin A.N. Novaia klassyfykatsyya tsyfrovyykh y yntellektualnykh skvazhyn. *Avtomatyzatsyya y IT v neftehazovoi oblasti*, № 2 (24) 3, 2016. S. 2 – 4

12. Chernikov A.D., Eremin N.A., Stolyarov V.E., Sboev A.G., Semenova-Chashchina O.K., Fitsner L.K. (2020). Application of artificial intelligence methods for identifying and predicting complications in the construction of oil and gas wells: problems and solutions. *Georesursy =*

Georesources, 22(3),pp.87–96. DOI:
<https://doi.org/10.18599/grs.2020.3.87-96>

13.Poteriailo L.O., Protsiuk V. V., Kravtsiv K. I. Vykorystannia CBR pry realizatsii inzhenernykh rishen system klasu «Burovi trenazhery». VI Mizhnar. nauk.-tekhn. konf. «Kompiuterne modeliuвання ta optymizatsiia skladnykh system», Dnipro, 4 lystopada 2020r. Dnipro, 2020. S.146-148

14.Poteriailo L.O., Protsiuk V. V., Kravtsiv K. I. Modeliuвання imitatsionnoi modeli keruvannia protsesamy burinnia na osnovi

pretsedentiv. Vseukrainska nauk.-prakt. konf. «Informatsiini tekhnolohii v osviti, tekhnitsi ta promyslovosti» - ITOTP-2020. Ivano-Frankivsk, 8 zhovtnia 2020.