УКРАЇНА

(19) UA (11) 163553 (13) U

(51) МПК (2026.01)
E21B 44/00
E21B 44/02 (2006.01)
E21B 45/00
G06N 5/00
G06N 5/045 (2023.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ "УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2025 04038**

(22) Дата подання заявки: **19.08.2025**

(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **09.07.2026**

(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **08.07.2026, Бюл.№ 27**

(72) Винахідник(и):
Щербань Андрій Вікторович (UA)

(73) Володілець (володільці):
Щербань Андрій Вікторович,
вул. Львівська, 22, кв. 115, м. Київ, 03115 (UA)

(74) Представник:
Петренко Сергій Анатолійович, реєстр. №374

(54) СПОСІБ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ БУРІННЯ НА РОДОВИЩАХ НАФТИ ТА ГАЗУ

(57) Реферат:

Спосіб управління процесом буріння на родовищах нафти та газу полягає в зборі даних за допомогою датчиків параметрів буріння бурових компонентів. Проводять передачу даних засобами двостороннього зв'язку в реальному часі до системи управління. Під управлінням центрального обчислювального модуля додатками датчиків здійснюється нормалізація отриманих даних. Надсилається запит до технологічних додатків, які формують інструкції параметрів буріння з подальшим встановленням їх пріоритетності контролером планування пріоритетів на основі плану пріоритетів. Здійснюють вибирання та надсилання інструкцій до контролерів компонентів буріння. Проводять додаткову обробку нормалізованих даних центральним обчислювальним модулем з агентним штучним інтелектом на базі процесора, яка складається з визначення кластерів кореляції в багатовимірному просторі, створення машинно-навченого ранжування ваг важливості для кожного атрибута з сукупності атрибутів, які вибирають з нормалізованих даних, для отримання вагових коефіцієнтів. Здійснюють ранжування вагових коефіцієнтів важливості атрибутів. Виявляють закономірності технологічних параметрів у реальному часі на основі аналізу кластерів кореляції в багатовимірному просторі. Виконують прогнозну та прескриптивну оптимізацію нормалізованих даних відповідно до ранжування вагових коефіцієнтів важливості атрибутів і виявлених закономірностей технологічних параметрів. Забезпечують передачу оброблених даних та сформованих інструкцій параметрів буріння до хмарного середовища з розподіленою інфраструктурою.

UA 163553 U

Корисна модель належить до управління процесами буріння свердловин на родовищах нафти та газу, а саме тих з них, де відбувається застосування технології агентного штучного інтелекту.

У традиційних способах управління процесом буріння на родовищах нафти та газу використовуються оброблені дані, що надходять із сенсорів, розташованих, як правило, на буровому обладнанні. Ці способи є певним етапом еволюції від простої автоматизації, яка виконує структуровані завдання, що повторюються, до використання предиктивної аналітики, завдяки якій здійснюється прогнозування майбутніх подій на основі раніше зібраних даних. Однак традиційні способи управління процесом буріння на родовищах нафти та газу недостатньо адаптуються до змін геологічних умов і не здатні ефективно оптимізовувати навантаження на обладнання в реальному часі.

Це пов'язано з тим, що такі способи збирають базові дані щодо глибини, тиску, температури в свердловині тощо, забезпечуючи лише базову автоматизацію роботи бурового обладнання. Вони розроблені для типових умов та нездатні адаптуватися до раптових змін геологічних умов, наприклад появи твердих порід чи зон з підвищеною текучістю. Це призводить до зниження точності буріння, підвищення ризику відхилень від запланованого маршруту. Також, через відсутність гнучкого коригування параметрів, таких як швидкість обертання чи тиск на долото, неможливо оптимізувати навантаження на бурове обладнання в реальному часі. Наприклад, якщо тиск у свердловині зростає чи структура ґрунту змінюється, при реалізації традиційних способів управління процесом буріння на родовищах нафти та газу, можливо лише реагування на подібні зміни із затримкою, що може спричинити надмірне навантаження на бур, його знос або навіть аварійні ситуації. Відсутність комплексного аналізу даних обмежує прогнозування й профілактику проблем, що, у свою чергу, призводить до часткових простоїв, підвищених витрат на неплановий ремонт і зниження продуктивності видобутку.

Агентний штучний інтелект (АШІ) значно перевершує можливості людини (обмеженої фізичними та психологічними факторами) та можливості традиційних способів управління процесом буріння на родовищах нафти та газу щодо моніторингу динаміки буріння та навантаження на обладнання, особливо за мінливих умов ґрунту. АШІ обробляє величезні обсяги даних, які надходять із сенсорів бурового обладнання у реальному часі, виявляючи навіть мінімальні відхилення, які можуть бути пропущені людиною чи стандартною автоматикою. По суті, використання АШІ дозволяє замкнути цикл між прогнозом та дією, переходячи від пасивного аналізу до автономного виконання завдань, забезпечує координацію процесів буріння, оптимізацію роботи обладнання та зниження операційних ризиків. Завдяки постійному машинному навчанню АШІ не покладається на фіксовані алгоритми, як це відбувається в традиційних способах управління процесом буріння на родовищах нафти та газу, а адаптується до непередбачуваних змін геологічних умов, таких як ущільнення породи чи тріщини, миттєво коригуючи параметри буріння - наприклад, тиск на долото чи швидкість обертання.

Використовуючи в процесі машинного навчання сучасні нейромережі, АШІ інтегрує дані з глобальних баз знань у сфері видобутку нафти та газу, адаптуючи свої алгоритми до нових умов. Наприклад, при бурінні АШІ може вивчати реакцію обладнання на різні типи ґрунту для оптимізації навантаження на основі попередніх даних. Це дозволяє підвищувати ефективність видобутку нафти та газу на 10-25 % [1], при цьому зменшувати ризик поломок обладнання і мінімізувати простої.

Як найближчий аналог вибрано спосіб управління процесом буріння, описаний у US9593567B2, МПК E21B 44/00, E21B 44/02, опублікований 14.03.2017, який полягає в зборі даних за допомогою датчиків параметрів буріння бурових компонентів; передачі даних засобами двостороннього зв'язку в реальному часі до системи управління, де під управлінням центрального обчислювального модуля додатками датчиків здійснюється нормалізація отриманих даних, надсилається запит до технологічних додатків, які формують інструкції параметрів буріння з подальшою їх оцінкою контролером пріоритетів на основі плану пріоритетів, здійснюється вибирання та надсилання інструкцій до контролерів відповідних бурових компонентів.

Недоліком зазначеного способу є субоптимальне управління процесом буріння та підвищений ризик виникнення аварійних ситуацій. Неможливість ефективно адаптувати процес буріння за умов непередбачуваних геологічних змін без втручання оператора та відсутність прогнозування параметрів буріння, не дозволяє уникнути надмірного навантаження на бурові компоненти, їх передчасного зносу, і призводить до зниження продуктивності видобутку.

В основу корисної моделі поставлена задача створити спосіб управління процесом буріння на родовищах нафти та газу, який дозволяє знизити навантаження на бурові компоненти при

непередбачуваних змінах геологічних умов, їх передчасного зносу, за рахунок ефективного адаптування процесу буріння за таких змін, та прогнозування параметрів буріння.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб управління процесом буріння на родовищах нафти та газу здійснюється шляхом збору даних за допомогою датчиків параметрів буріння бурових компонентів; передачі даних засобами двостороннього зв'язку в реальному часі до системи управління, де під управлінням центрального обчислювального модуля додатками датчиків здійснюється нормалізація отриманих даних, надсилається запит до технологічних додатків, які формують інструкції параметрів буріння з подальшим встановленням їх пріоритетності контролером планування пріоритетів на основі плану пріоритетів, здійснюється вибирання та надсилання інструкцій до контролерів компонентів буріння. Здійснюють додаткову обробку нормалізованих даних центральним обчислювальним модулем з агентним штучним інтелектом на базі процесора, яка складається з:

- визначення кластерів кореляції в багатовимірному просторі;
- створення машинонавченого ранжування ваг важливості для кожного атрибута з сукупності атрибутів, які вибирають з нормалізованих даних, для отримання вагових коефіцієнтів;
- здійснення ранжування вагових коефіцієнтів важливості атрибутів і виявлення закономірностей технологічних параметрів у реальному часі на основі аналізу кластерів кореляції в багатовимірному просторі;
- виконання прогнозної та прескриптивної оптимізації нормалізованих даних відповідно до ранжування вагових коефіцієнтів важливості атрибутів і виявлених закономірностей технологічних параметрів;
- забезпечення передачі оброблених даних та сформованих інструкцій параметрів буріння до хмарного середовища з розподіленою інфраструктурою.

За одним з варіантів здійснення корисної моделі, для ранжування ваг важливості кожного атрибута використовують нормалізовані дані щодо тиску, температури, швидкості обертання бура та геологічних умов свердловини.

За наступним варіантом здійснення корисної моделі прогнозна та прескриптивна оптимізація нормалізованих даних виконується із застосуванням унікальних комбінацій ансамблів машинного навчання та статистичних алгоритмів, включаючи нейронні мережі та дерева рішень.

За ще одним варіантом здійснення корисної моделі, при передачі оброблених даних та сформованих інструкцій параметрів буріння до хмарного середовища використовують протоколи шифрування для забезпечення безпеки даних.

Для запропонованої корисної моделі використовують наступні терміни у таких значеннях.

Датчик параметрів буріння - це датчик встановлений на буровому компоненті, який вимірює фізичні або хімічні параметри бурових компонентів, ґрунту, перетворюючи їх на електричні сигнали, які передаються для первинної обробки додаткам датчиків та технологічним додаткам.

Буровий компонент - це бурове обладнання різного типу, включаючи, крім іншого, обертове обладнання для обертання бурового долота, підйомне обладнання для підйому бурильної колони, труби, що становлять бурильну колону, обладнання для регулювання тиску в стовбурі бурової свердловини, бурові та різні свердловинні інструменти тощо. Залежно від середовища та пласта, в якому буриться свердловина, конкретні бурові компоненти, що використовуються, можуть значно відрізнятися.

Засіб двостороннього зв'язку - це інтегровані технічні рішення, включаючи бездротові або дротові канали передачі даних, які забезпечують обмін інформацією в реальному часі між датчиками параметрів буріння бурових компонентів (наприклад, датчики тиску, температури та вібрації бурової установки), додатками датчиків, системою управління на основі агентного штучного інтелекту, технологічними додатками, контролером пріоритетів та контролерами компонентів буріння.

Система управління - це інтегрована автоматизована програмно-апаратна платформа, яка містить центральний обчислювальний модуль з АШІ на базі процесора, датчики параметрів буріння, додатки датчиків, технологічні додатки, контролер пріоритетів, контролери компонентів буріння, хмарне середовище з розподіленою інфраструктурою, засоби двостороннього зв'язку. Традиційна автоматизована система управління без застосування АШІ здійснює субоптимальне управління процесом буріння без можливості ефективно адаптувати процес буріння за умов непередбачуваних геологічних змін без втручання оператора, а відсутність прогнозування параметрів буріння не дозволяє уникнути надмірного навантаження на бурові компоненти та їх передчасний знос, що призводить до зниження продуктивності видобутку і підвищення ризику виникнення аварійних ситуацій.

Система управління, яка містить центральний обчислювальний модуль з АШІ на базі

процесора, виконує обробку нормалізованих даних для визначення кластерів кореляції в багатовимірному просторі, ранжування ваг важливості атрибутів, а також прогнозну та прескриптивну оптимізацію за допомогою унікальних комбінацій ансамблів машинного навчання (наприклад, нейронних мереж і дерев рішень), забезпечуючи автоматичне коригування роботи бурового обладнання для підвищення продуктивності, зниження ризиків і оптимізації видобутку нафти та газу.

Центральний обчислювальний модуль - це програмний модуль (інтегрована обчислювальна одиниця на базі процесора), оснащений системою штучного інтелекту у вигляді ієрархічної архітектури спеціалізованих агентів штучного інтелекту з розподіленим прийняттям рішень, виконує роль ядра системи управління процесом буріння на родовищах нафти та газу, при цьому кожен агент штучного інтелекту здійснює коригування певного аспекту процесу буріння, модуль інтегрується з хмарним середовищем для зберігання оброблених даних і їхньої синхронізації, сприяючи масштабованості та доступності інформації для подальшого аналізу.

Додаток датчика - це програмний модуль (забезпечення), який інтегрується з датчиком параметрів буріння для обробки та аналізу даних, зібраних під час буріння чи видобутку. Цей додаток може бути частиною автоматизованої системи управління, яка отримує необроблені дані (наприклад, про тиск, температуру, швидкість буріння чи стан породи) від сенсорів (датчиків) у свердловині. Основне завдання додатка датчика - перетворювати необроблені дані в цифровий формат для подальшої їх обробки агентним штучним інтелектом для визначення оптимальних параметрів буріння на основі прогнозу геологічних змін, та генерування інструкцій для контролера системи управління процесом буріння.

Нормалізовані дані - це оброблені значення параметрів буріння (таких як тиск, температура, швидкість обертання бура, вібрація чи геологічні характеристики), зібрані датчиками параметрів буріння в реальному часі, які приведені до єдиного формату для забезпечення їхньої сумісності, цілісності та точності. Процес нормалізації даних включає видалення шумів, усунення аномалій, приведення даних до стандартного діапазону (наприклад, від 0 до 1) та коригування з урахуванням умов експлуатації, що дозволяє агентному штучному інтелекту ефективно аналізувати ці дані для подальшої обробки, кластеризації чи оптимізації процесу буріння для миттєвого коригування параметрів буріння бурових компонентів в автоматичному режимі без втручання оператора (людини). Традиційна автоматизована система управління без застосування АШІ потребує втручання оператора для коригування роботи бурових компонентів, що знижує продуктивність та збільшує ризик поломок обладнання.

Технологічний додаток - це спеціалізований програмний модуль (забезпечення), що інтегрується в автоматизовану систему управління для підтримки, аналізу та удосконалення технологічного процесу. Цей додаток виступає допоміжним інструментом, що працює з додатками датчиків, контролерами та штучним інтелектом, забезпечуючи ефективне управління операціями. Обробляє первинні оброблені дані сенсорів (тиск, температура, стан породи) і перетворює їх на інформацію для прийняття рішень. Технологічний додаток відстежує параметри буріння в реальному часі, виявляючи відхилення та сигналізуючи про необхідність коригування. Завдяки вбудованим алгоритмам він допомагає оптимізувати навантаження на обладнання, що зменшує його знос і підвищує продуктивність. Може поєднуватися з АШІ для прогнозування геологічних змін або з контролером пріоритетів для передачі інструкцій компонентам буріння.

Інструкція параметрів буріння - це команда, згенерована АШІ на основі даних додатків датчиків і нейромереж, яка регулює (коригує) навантаження та швидкість бура (та/або інших бурових компонентів тощо) через контролер, відображається на моніторі оператора і зберігається в хмарі.

Контролер пріоритетів - це компонент системи (програмний модуль), що відповідає за координацію та оптимізацію операцій на основі визначених пріоритетів. Цей контролер аналізує дані від датчиків і додатків (наприклад, про стан свердловини, тиск, навантаження на обладнання) та, адаптуючись до змін у процесі, приймає рішення про розподіл ресурсів і послідовність дій у реальному часі; здійснює планування пріоритетів, забезпечуючи баланс між ефективністю, безпекою та економією.

При інтеграції з АШІ контролер може отримувати інструкції від штучного інтелекту, який визначає оптимальні параметри, і передавати їх компонентам буріння (бур, насоси тощо). До основних функцій контролеру належать:

- визначення пріоритетів, наприклад, пріоритет може бути відданий безпеці (уникнення аварій), економії ресурсів (оптимізація навантаження) чи максимізації продуктивності (швидкість видобутку).
- динамічне планування, за яким контролер коригує план буріння залежно від геологічних

умов у реальному часі, наприклад, уповільнюючи процес при виявленні твердих порід або підвищуючи тиск для прориву.

Агентний штучний інтелект (АШІ) - це форма штучного інтелекту (набір алгоритмів і моделей, які імітують людське мислення для аналізу даних, прийняття рішень і автоматизації складних завдань у реальному часі), здатна працювати автономно, приймати рішення та адаптуватися до складних умов з мінімальним наглядом з боку людини (оператора).

Адаптивність - це властивість АШІ до самонавчання на основі використання знань з нейромереж та/або попереднього досвіду буріння (архів попередніх робіт), що надає можливості АШІ адаптуватись до нових умов процесу буріння свердловин, таких як несподівані прошарки породи, що перевищує можливості традиційних автоматизованих систем, у реальному часі.

Нейромережа - це складні математичні моделі, побудовані на основі досліджень структури людського мозку, складаються з шарів нейронів (вузлів), що обробляють дані, "навчаючись" розпізнавати закономірності та приймати рішення на основі вхідної інформації, які використовують для реалізації таких функцій:

- аналіз даних, що передбачає оброблення величезного обсягу інформації від датчиків бурових компонентів (тиск, температура, стан породи тощо) у реальному часі, виявляючи навіть незначні зміни;

- прогнозування геологічних умов, такі як тріщини або тверді шари, завдяки навчанню на історичних даних (наприклад, дані отриманні під час попередніх бурінь свердловин);

- оптимізація, яка передбачає генерування інструкцій для контролерів, регулюючи навантаження на бур чи швидкість обертання, щоб максимізувати продуктивність і мінімізувати знос;

- адаптивність, яка передбачає постійне вдосконалення, інтегруючи нові дані (інформацію), що дозволяє адаптуватися до унікальних умов кожної свердловини.

Під "сенсорними системами", в запропонованому способі, маються на увазі сукупність сенсорів (датчиків), які збирають дані, та зв'язані з ними додатки датчиків для обробки цих даних.

Геологічні умови - це сукупність природних характеристик і параметрів геологічного середовища свердловини, включаючи тип і структуру порід, їхню пористість, проникність, наявність тектонічних розломів, а також змінні фактори, такі як тиск і температура на різних глибинах, які впливають на процес буріння нафтових і газових родовищ.

На відміну від традиційних способів управління процесом буріння на родовищах нафти та газу спосіб, відповідно до запропонованої корисної моделі, при виборі інструкції параметрів буріння на основі плану пріоритетів не ґрунтується на фіксованих алгоритмах обробки даних без можливості адаптації до унікальних умов кожної свердловини. Запропонований спосіб використовує АШІ, робота якого ґрунтується на використанні адаптивних алгоритмів, який здатний до самонавчання та динамічного коригування параметрів буріння в реальному часі на основі аналізу даних про геологічні зміни, у тому числі непередбачувані.

Для цього АШІ на основі обробки та глибокого аналізу нормалізованих даних отриманих від датчиків буріння визначає кластери кореляції в багатовимірному просторі. Кластери кореляції, в запропонованій корисній моделі, розглядаються як групи даних, які мають схожі взаємозв'язки або залежності між собою в межах набору параметрів. АШІ аналізує дані від датчиків (наприклад, тиск, температура, швидкість обертання бура тощо) і групує їх за схожими патернами кореляції, тобто як один параметр впливає на інший. Використовуючи алгоритми машинного навчання (наприклад, нейромережі), АШІ виявляє, коли підвищення тиску корелює зі зміною швидкості обертання чи вібрацій, і об'єднує такі випадки в кластери. Це дозволяє розпізнавати ситуації, що повторюються. Тобто, кластери кореляції допомагають АШІ зрозуміти, які комбінації параметрів буріння призводять до оптимальної продуктивності або сигналізують про потенційні проблеми (наприклад, аномалії в геологічних умовах).

Багатовимірний простір, в контексті запропонованої корисної моделі, розглядається як математична модель, у якій кожен параметр буріння (наприклад, тиск, температура, швидкість обертання, вологість порід) представлений як окремий вимір. Наприклад, якщо є 5 параметрів, простір стає п'ятивимірним, що дозволяє аналізувати їх у комплексі. При цьому, дані від датчиків нормалізуються додатком датчика і відображаються як точки в цьому просторі. АШІ використовує методи, такі як кластеризація (наприклад, k-means чи DBSCAN), щоб знайти закономірності серед цих точок. Багатовимірний простір дає змогу ШІ одночасно враховувати кілька визначених (обраних) параметрів буріння, а не аналізувати їх ізольовано, що підвищує точність прогнозів і оптимізації.

Таким чином, аналіз кластерів кореляції в багатовимірному просторі виконується для

виявлення прихованих залежностей між параметрами буріння та їхнього впливу на продуктивність свердловини. Це дозволяє АШІ адаптувати інструкції параметрів буріння, які передаються через контролер до бура, до реальних геологічних умов.

Також, здійснюється створення машинонавченого ранжування ваг важливості для кожного атрибута (тиск, температура, твердість ґрунту тощо) наступним чином:

1. Збір і нормалізація даних: свердловинні датчики збирають дані в реальному часі про параметри буріння, додаток датчика нормалізує ці дані, щоб забезпечити їхню сумісність для аналізу.

2. Аналіз кореляцій у багатовимірному просторі: центральний обчислювальний модуль з АШІ обробляє нормалізовані дані, визначаючи кластери кореляції в багатовимірному просторі. Це включає використання алгоритмів кластеризації (наприклад, k-means або DBSCAN) для виявлення залежностей між параметрами (наприклад, як тиск впливає на швидкість обертання). Нейромережі, навчені на історичних даних буріння (збережених у хмарному середовищі), допомагають ідентифікувати патерни та взаємозв'язки.

3. Машинне навчання для ранжування: АШІ застосовує методи машинного навчання, такі як регресійний аналіз, дерева рішень або глибокі нейронні мережі, для оцінки внеску кожного параметра в продуктивність буріння. Кожному атрибуту (наприклад, тиск, температура) присвоюється "вага важливості" - числове значення, яке відображає його вплив на цільову мету (наприклад, максимізацію видобутку чи стабільність буріння). Ці ваги ранжуються (сортуються за спаданням важливості), використовуючи алгоритми, такі як градієнтний спуск чи оптимізація витрат, щоб визначити пріоритетні параметри.

4. Інтеграція з контролером: ранжування ваг узгоджується з інструкцією контролера планування пріоритетів, яка визначає, які параметри (наприклад, навантаження чи швидкість) потребують першочергового коригування. Результати передаються контролеру компонентів буріння, який трансформує їх у конкретні інструкції для бура.

5. Зворотний зв'язок і вдосконалення: дані про ефективність інструкцій відображаються на моніторі оператора (1), а також зберігаються та аналізуються в хмарному середовищі для оновлення моделей нейромереж (7), що вдосконалює майбутнє ранжування.

Створення машинонавченого ранжування ваг має такі цілі: оптимізація параметрів буріння, адаптація до геологічних умов, зниження ризиків, підвищення автоматизації, підтримка масштабованості.

Після цього здійснюється адаптивне ранжування вагових коефіцієнтів важливості атрибутів і виявлення без втручання людини (оператора) закономірностей технологічних параметрів у реальному часі. Це забезпечує динамічну оптимізацію всього процесу: оптимізацію технологічних параметрів буріння, адаптацію до непередбачуваних геологічних умов, підвищення продуктивності видобутку, зниження операційних ризиків і витрат, підтримка автоматизації та масштабованості. При цьому мінімально достатнім переліком нормалізованих даних для зваженого ранжування ваг важливості кожного атрибута є дані щодо тиску, температури, швидкості обертання бура та геологічних умов свердловини. Завдяки цьому запропонована корисна модель, у порівнянні зі способом відповідно до найближчого аналога, має покращену адаптивність до змін параметрів буріння, у тому числі й геологічних умов.

Задля ефективного та точного прогнозування параметрів буріння, у тому числі продуктивності свердловини, АШІ здійснює прогнозну та прескриптивну оптимізацію нормалізованих даних, що дозволяє сформувати оптимальну інструкцію параметрів буріння для коригування роботи бурових компонентів в реальному часі, у тому числі для тих, які можуть виникнути у майбутньому. Найкращий варіант здійснення прогнозної та прескриптивної оптимізації нормалізованих даних виконується із застосуванням унікальних комбінацій ансамблів машинного навчання та статистичних алгоритмів, включаючи нейронні мережі та дерева рішень. Завдяки цьому АШІ також виявляє приховані закономірності для оптимізації технологічних параметрів, що має додатковий вплив на збільшення видобутку. Традиційні системи, орієнтовані на ручне налаштування, обмежені попередньо запрограмованими інструкціями без гнучкої адаптації не здатні досягти такого рівня точності та продуктивності.

Масштабованість способу відповідно до корисної моделі та безпека даних, які використовуються при його здійсненні, забезпечуються передачею оброблених даних до хмарного середовища з розподіленою інфраструктурою. Наявність інтеграції з хмарним середовищем із розподіленою інфраструктурою, при здійсненні способу відповідно до корисної моделі, дозволяє АШІ зберігати та обробляти великі обсяги даних із забезпеченням їхньої безпеки (наприклад, через застосування хмарним середовищем протоколів шифрування), тоді як здійснення традиційних способів зазвичай обмежується використанням локальних серверів з меншою гнучкістю та захистом.

Також на відміну від традиційних способів управління процесом буріння на родовищах нафти та газу, спосіб за корисною моделлю з використанням АШІ попереджає аномалії та аварії завдяки швидкому та ефективному аналізу великих обсягів даних, зменшуючи простої та витрати на ремонт.

Суть способу управління процесом буріння на родовищах нафти та газу пояснюється прикладом та кресленнями, де на фіг. 1 наведено - спрощену схему способу управління процесом буріння на родовищах нафти та газу, на фіг. 2 - спрощену схему бурильної колони, що використовується у способі управління процесом буріння на родовищах нафти та газу, де:

1 - монітор оператора;
2 - датчик параметрів буріння бурових компонентів;
3 - архівні/історичні дані;
4 - центральний обчислювальний модуль зі штучним інтелектом на базі процесора;
5 - додаток датчика;
6 - технологічний додаток;
7 - нейромережі;
8 - бурові компоненти (бур, насоси та ін.);
9 - контролер планування пріоритетів;
10 - контролер компонентів буріння;
11 - бур;
12 - канал зв'язку;
13 - свердловина;
14 - бурильна установка.

Запропонований спосіб управління процесом буріння на родовищах нафти та газу призначений для забезпечення ефективного вертикального та/або горизонтального буріння на різних типах родовищ, зокрема в умовах із непередбачуваними геологічними умовами, реалізується через моніторинг, обробку даних і динамічне управління буровим обладнанням за допомогою АШІ.

Процес починається з отримання даних у реальному часі від датчиків параметрів буріння бурових компонентів (2), наприклад, як показано на фіг. 2, свердловинного датчика, щодо зміни параметрів буріння, а саме: геологічних умов, зокрема типу та структури порід, тиску, температури та інших параметрів, що впливають на процес буріння. Принаймні один із датчиків параметрів буріння бурових компонентів (2) відстежує глибинні параметри, а принаймні один з інших розміщений на буровій установці для моніторингу параметрів бурових компонентів, що забезпечує отримання необхідних даних для оптимального моніторингу та контролю процесу буріння. Датчики (2) можуть бути розташовані в будь-якому зручному місці доступу до необхідних параметрів, що дозволяє адаптувати систему до конкретних умов родовища.

Первинні дані, зібрані датчиками параметрів буріння бурових компонентів (2), передаються засобами двостороннього зв'язку до додатків датчиків (5), які виконують їхню попередню обробку. Цей етап включає нормалізацію даних (приведення до єдиного масштабу, наприклад, від 0 до 1, для усунення диспропорцій між параметрами), фільтрацію шумів і видалення аномалій, що забезпечує високу якість інформації для подальшого аналізу. Оброблені дані передаються до центрального обчислювального модуля (4) з агентним штучним інтелектом на базі процесора, який є ядром системи управління, де виконується комплексна обробка даних для забезпечення адаптивного керування процесом буріння.

Центральний обчислювальний модуль (4) інтегрує різні бази даних із нейромереж (7), які містять моделі машинного навчання, такі як нейронні мережі, дерева рішень і ансамблі алгоритмів, навчені на раніше зібраних даних буріння. Цей модуль аналізує нормалізовані дані, визначаючи кластери кореляції в багатовимірному просторі для виявлення прихованих взаємозв'язків між параметрами (наприклад, вплив тиску на швидкість обертання бура). На основі цього аналізу центральний обчислювальний модуль (4) виконує машинонавчене ранжування ваг важливості атрибутів, визначаючи, які параметри (тиск, температура тощо) найбільше впливають на продуктивність свердловини.

Далі центральний обчислювальний модуль (4) здійснює прогнозну оптимізацію, прогнозуючи геологічні зміни та поведінку свердловини на основі даних нейромереж (7), і прескриптивну оптимізацію, генеруючи конкретні інструкції для коригування роботи бурових компонентів. Інструкція параметрів буріння у контексті запропонованого способу - це набір динамічно згенерованих команд, сформованих центральним обчислювальним модулем (4) із інтегрованим агентним штучним інтелектом на основі аналізу нормалізованих даних, отриманих від свердловинних датчиків (2) через додаток датчика (5), та прогнозів, отриманих із баз даних нейромереж (7). Ці інструкції визначають оптимальні значення ключових параметрів буріння,

таких як навантаження на бур (11), швидкість його обертання, тиск у свердловині та регулювання вібрацій, з урахуванням геологічних умов і кореляційних кластерів у багатовимірному просторі. Ці інструкції генеруються під координацією контролера планування пріоритетів (9), який визначає послідовність дій і пріоритетність параметрів (наприклад, пріоритет регулювання навантаження над зміною швидкості), базуючись на реальному стані буріння та прогнозах. Згенеровані інструкції передаються до контролера компонентів буріння (10), який забезпечує їхнє виконання, зокрема регулювання оптимального навантаження та швидкості обертання бура (11) через засоби двостороннього зв'язку, що дозволяє динамічно адаптувати процес буріння до змін геологічних умов, миттєво коригувати навантаження та обертальні параметри для максимізації продуктивності та безпеки, зменшуючи ризик аварій. Засоби двостороннього зв'язку для передавання даних використовують канал зв'язку (12).

Оброблені дані та згенеровані інструкції передаються до хмарного середовища, яке відіграє ключову роль у зберіганні та захисті інформації. Хмарна інфраструктура забезпечує масштабований і розподілений доступ до великих обсягів даних, отриманих від датчиків (2) і центрального обчислювального модуля (4) з агентним штучним інтелектом на базі процесора, дозволяючи зберігати всі раніше отримані дані щодо процесу буріння для подальшого аналізу та вдосконалення моделей нейромереж (7). Типи нейромереж, які можуть застосовуватися, включають глибокі нейронні мережі (DNN) для складного аналізу та рекурентні нейронні мережі (RNN) для послідовного прогнозування, які працюють із технологічним додатком, задля підвищення ефективності буріння. Дані шифруються за допомогою сучасних протоколів (наприклад, AES-256), що гарантує їхній захист від несанкціонованого доступу, а резервне копіювання в хмарі забезпечує безперервність роботи системи навіть у разі локальних збоїв. Хмарне середовище також забезпечує віддалений доступ для операторів і інженерів до реальних даних і інструкцій, сприяючи координації між різними родовищами.

Для забезпечення прозорості та контролю за роботою системи згенеровані інструкції відображаються у реальному часі на станції управління процесом буріння, зокрема на моніторі оператора (1). Цей інтерфейс дозволяє оператору відстежувати (контролювати) діяльність центрального обчислювального модуля (4) з агентним штучним інтелектом на базі процесора, перевіряти відповідність інструкцій геологічним умовам і, за потреби, вносити корективи, зберігаючи автоматизований процес під наглядом людини.

Таким чином, запропонований спосіб забезпечує комплексну автоматизацію процесу буріння, яка автоматично адаптується до змін геологічних умов, підвищуючи ефективність видобутку, знижуючи операційні ризики (наприклад, через раннє виявлення аномалій) і оптимізуючи використання бурового обладнання на родовищах нафти та газу, а також мінімізує участь оператора у процесі прийняття рішень. Інтеграція АШІ з хмарним середовищем створює гнучку, безпечну та масштабовану систему, що перевершує традиційні методи управління процесом бурінням.

Наведений приклад та креслення є одним із варіантів здійснення корисної моделі, що запропонована, і ніяким чином не обмежують обсяг домагань, викладених у формулі, а тільки пояснюють суть зазначеної корисної моделі.

Список використаної літератури

1. Drilling into the Future With Artificial Intelligence in Oil and Gas Industry-Techugo, дата последнего обращения: июля 31, 2025, https://www.techugo.com/blog/drilling-into-the-future-with-artificial-intelligence-in-oil-and-gas-industry/.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб управління процесом буріння на родовищах нафти та газу, який полягає в зборі даних за допомогою датчиків параметрів буріння бурових компонентів; передачі даних засобами двостороннього зв'язку в реальному часі до системи управління, де під управлінням центрального обчислювального модуля додатками датчиків здійснюють нормалізацію отриманих даних, надсилають запит до технологічних додатків, які формують інструкції параметрів буріння з подальшим встановленням їх пріоритетності контролером планування пріоритетів на основі плану пріоритетів, здійснюється вибирання та надсилання інструкцій до контролерів компонентів буріння, який **відрізняється** тим, що проводять додаткову обробку нормалізованих даних центральним обчислювальним модулем з агентним штучним інтелектом на базі процесора, яка складається з:

визначення кластерів кореляції в багатовимірному просторі;

створення машинонавченого ранжування ваг важливості для кожного атрибута з сукупності атрибутів, які вибирають з нормалізованих даних, для отримання вагових коефіцієнтів;

здійснення ранжування вагових коефіцієнтів важливості атрибутів і виявлення закономірностей технологічних параметрів у реальному часі на основі аналізу кластерів кореляції в багатовимірному просторі;

виконання прогнозної та прескриптивної оптимізації нормалізованих даних відповідно до ранжування вагових коефіцієнтів важливості атрибутів і виявлених закономірностей технологічних параметрів;

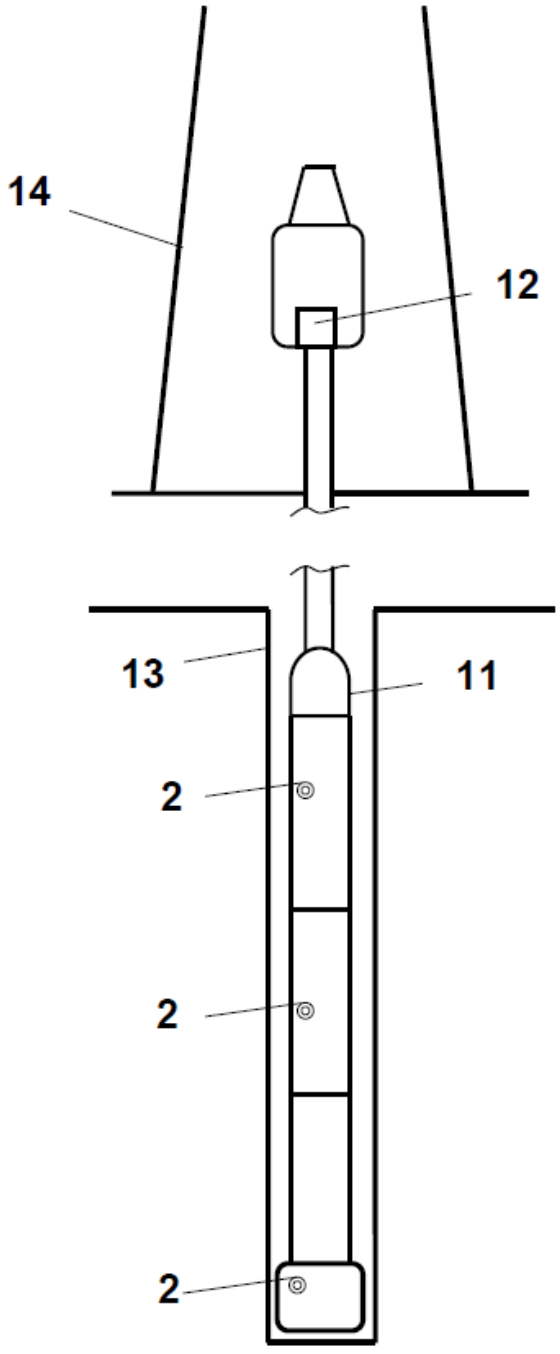
забезпечення передачі оброблених даних та сформованих інструкцій параметрів буріння до хмарного середовища з розподіленою інфраструктурою.

2. Спосіб управління процесом буріння за п. 1, який **відрізняється** тим, що для ранжування ваг важливості кожного атрибута використовують нормалізовані дані щодо тиску, температури, швидкості обертання бура та геологічні параметри.

3. Спосіб управління процесом буріння за п. 1, який **відрізняється** тим, що прогнозну та прескриптивну оптимізацію нормалізованих даних виконують із застосуванням комбінацій ансамблів машинного навчання та статистичних алгоритмів, включаючи нейронні мережі та дерева рішень.

4. Спосіб управління процесом буріння за п. 1, який **відрізняється** тим, що при передачі оброблених даних та сформованих інструкцій параметрів буріння до хмарного середовища використовують протоколи шифрування для забезпечення безпеки даних.

Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка О. Гергіль

ДО "Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій", вул. Дмитра Годзенка, 1, м. Київ – 42, 01601