

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОНЕЧІТКИХ ТЕХНОЛОГІЙ У НАФТОГАЗОВІЙ СПРАВІ

Розглянуто основні напрямки застосування сучасних інформаційних технологій на базі м'яких обчислень у нафтогазовій справі. Особливу увагу приділено дослідженню особливостей роботи з нейронечіткими технологіями при управлінні процесом заводнення нафтових родовищ.

Considered the main directions of applying the modern informational technologies on the base of the soft computations in the oil-and-gas domain. Special attention has been paid to the investigation of the peculiarities in neuronal-fuzzy technologies working by controlling the process of the oil origins watering.

Вступ. В умовах постійно зростаючих енергетичних потреб людства набуває особливого значення ефективна експлуатація свердловин по видобутку вуглеводнів.

Джерелом інформації про числові значення параметрів, що характеризують колекторські властивості пласта в даній точці або в деякому об'ємі, служать свердловини, що розміщені дискретно впродовж покладу. Відомо, що деякі колекторські властивості нафтогазових пластів (наприклад, проникність, пористість, нафтонасиченість) можуть змінюватися від однієї точки пласта до другої цілком випадково. При екстраінтерполяції по об'єму пласта окремих точкових значень параметрів, що досліджуються, можуть бути допущені досить грубі помилки. Внаслідок цього неможливо одержати повну інформацію про мінливість колекторських властивостей продуктивних пластів [1]. Тому основними проблемними питаннями при управлінні процесами розробки нафтових і газових родовищ є невизначеність, нечіткість і неповнота знань про нафтогазовий об'єкт. Знання людини-експерта внаслідок цього також мають нечіткий характер.

В таких умовах ефективним засобом є використання інформаційних технологій на базі м'яких обчислень, для яких характерна «терпимість до неточності, невизначеності або часткової істинності для досягнення зручності маніпулювання, низької вартості рішення і кращої відповідності реальності» [2].

М'які обчислення включають дослідження методами нечіткої логіки, штучних нейронних мереж, генетичних алгоритмів та імовірнісного моделювання. Кожна із складових методології має багато можливостей для її використання в рамках м'яких обчислень. Нечітка логіка лежить в основі методів роботи з неточністю, зернистою структурою інформації, наближеним міркуванням, обчислень зі словами (computing with words). Використання нейромереж дає можливість навчання, адаптації та ідентифікації. Генетичні алгоритми забезпечують можливість систематизувати випадковий пошук і досягати оптимального значення характеристик.

На сьогоднішній день технології м'яких обчислень знайшли широке застосування для розв'язання різноманітних задач нафтогазової справи. Так нейромережі використовуються для діагностики стану нафтогазового обладнання [3]; генетичні алгоритми в управлінні технологічними режимами нафтопродуктопроводів [4]; методологія розпізнавання образів на основі нечітких множин для ідентифікації пласта [5]; нечітка логіка для класифікації геофізичних даних, інтерпретації даних сейсморозвідки [6], створення нечітких експертних систем та баз знань [7].

Таким чином, виконаний аналіз літературних джерел показує, що на сьогоднішній день актуальним є застосування нейронечітких інформаційних технологій при управлінні процесами розробки нафтових та газових родовищ. Тому **мета даної статті** – дослідити особливості їх використання як для розв'язання різноманітних задач нафтогазової справи загалом, так і при управлінні процесом заводнення нафтових родовищ зокрема.

Аналіз проблеми. В 2000 році Гайягулером та його колегами було використано нейромережі та генетичні алгоритми в дослідженні оптимального розташування чотирьох нагнітальних свердловин родовища Помпано в Мексиканській затоці [8]. Для оцінки була взята повноцінна кінцева числова модель родовища, цільовою функцією слугувала чиста зведена вартість. Досліджувались оптимальне розташування свердловин та потужності нагнітання. Нейромережі використовувались для зменшення кількості імітацій і вхідних змінних генетичного алгоритму.

Цього ж року Амініаном та його колегами було досліджено методи роботи з нейромережами для покращення моделювання процесу заводнення [9]. Робота проводилась на нафтовому родовищі, розташованому в західній Вірджинії. Використовувались кілька штучних нейромереж для прогнозування структурних елементів потоку флюїдів (що визначались відповідно до геологічних і петрофізичних властивостей, які впливають на потік). Навчання та тестування нейромереж засновувалось на даних геофізичних досліджень свердловин та інформації по дослідженню керна з семи свердловин родовища.

Утіеном то його колегами в 2003 році було запропоновано адекватно поєднати числові імітатори та алгоритми оптимізації. У своїй роботі вони використали нейромережі щоб отримати наближені характеристики родовища і уникнути застосування дорогавартісних імітаторів для оптимізації нетрадиційного розташування свердловин. Нейромережі застосовувались для відтворення робочих

характеристик свердловини, а результати їх роботи служили ранговими індикаторами для генетичних алгоритмів. Генетичний алгоритм був обраний в якості керуючого алгоритму для оптимізації рішення та для повторної оптимізації розташування свердловин шляхом ранжування найкращих альтернатив [10]. На рис. 1 наведена робоча схема запропонованого алгоритму.

Штучна нейромережі зі зворотним поширенням похибки була використана групою вчених на чолі з Асгарі для прогнозування процесу заводнення родовища Онгре [11]. Прогнозування проводилось на основі як вже відомих даних про видобуток нафти, так і з врахуванням очікуваних темпів видобування. Мережа (схема показана на рис. 2) містила 10 вузлів на вхідному прошарку, що відповідало поточному та дев'яти дебітам нафти з історії видобутку, вісім нейронів прихованого прошарку з тангенсно-сигмоїдною передавальною функцією та один вузол у вихідному прошарку з лінійною передавальною функцією. Для її навчання використовувались промислові дані дев'яти років видобутку. В результаті роботи мережі було дано прогноз на десять місяців, дебіт нафти при цьому брався до уваги незмінним.



Рис. 1. Схема алгоритму, запропонованого Уїгеном

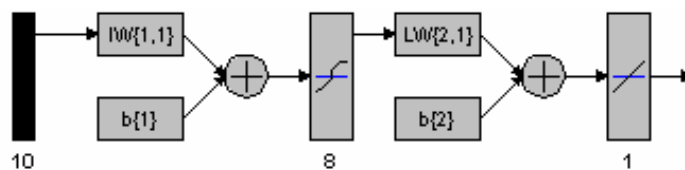


Рис. 2. Нейромережа, використана для прогнозування процесу заводнення родовища Онгре

При аналізі літературних джерел досліджено, що на сьогоднішній день для фахівця нафтогазової справи при прийнятті технологічних рішень ключове значення мають не тільки точні, математично обґрунтовані дані, але і якісна інформація, що включає в себе багатолітній досвід і важливі знання експерта про дану предметну область. В таких ситуаціях доцільно зберігати знання (вміння) експерта нафтогазової справи в базі знань.

Використання нечіткої логіки, в свою чергу, дозволяє найбільш адекватно здійснити перехід від словесного якісного опису нафтогазового об'єкта, що є характерним для міркування людини, до числових кількісних оцінок та характеристик його стану і сформулювати на основі цього прості та ефективні алгоритми розв'язання задачі, тобто дозволяє моделювати людське мислення.

В нафтогазовій галузі для управління знаннями досить часто застосовуються нейронечіткі інформаційні технології для створення нечітких експертних систем та баз знань.

Нечітка база знань являє собою сукупність лінгвістичних (значеннями яких є слова або речення природної мови) знань-правил типу:

ЯКЩО < входи >, ТО < вихід >.

В правилах нечіткої бази знань сконцентровані досвід експерта та його розуміння причинно-наслідкових зв'язків «входи – вихід». Нечітка база знань може бути легко сформована досвідченим експертом, оскільки вона являє собою сукупність висловлювань природною мовою.

В Росії під керівництвом Анікіна та Шахіахметова було розроблено експертну систему нечіткого прийняття рішення для задачі оптимального вибору методики дії на нафтовий пласт та його при забійну зону з метою підвищення нафтовіддачі і максимального вилучення нафти з надр [7]. В якості базової була обрана мова нечіткої експертної системи FLOPS. Для розробки бази знань було використано досвід фахівців ОАО «Татнефть», НГДУ «Прикамнефть», СМП «Нефтегаз». На сьогоднішній день база знань експертної системи містить 35 параметрів, 4 модифікатора, 271 методику і 150 правил. Аналіз роботи експертної системи на реальних свердловинах Мінібаєвської площини показав коректність її роботи в 92 % випадків.

В Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Борином В.С. було розроблено експертну систему прийняття раціональних рішень для управління установкою абсорбційної осушки газу на базі нечіткої логіки [12]. На першому етапі побудови нечіткої моделі були відокремлені головні

лінгвістичні змінні: вологість, тиск, витрата газу на вході, температура точки роси на виході з абсорбера. Потім визначались нечіткі множини, що описуються поняттями „норма”, „вище норми”, „нижче норми” і т.п., і відповідні їм носії нечітких множин.

Логіко-лінгвістична модель по контролю стану установки була виконана у вигляді набору логічних правил-продукцій, що визначають суб'єктивну оцінку діапазонів на основі знань, досвіду та інтуїції експертів-технологів (опитано 5 експертів).

Лінгвістичне формулювання експерта для вологості газу виглядає наступним чином:

1) ЯКЦО вологість газу дуже низька, ТО потрібно припинити подачу газу в абсорбер АБО припинити подачу ДЕГу в абсорбер;

2) ЯКЦО вологість на середньому рівні ТО регулювання не потрібне.

Запропонована структура не є автономно функціонуючим програмним продуктом, а розроблена як інтелектуальна надбудова для існуючої системи оперативного-диспетчерського управління.

Отже, дослідження застосування нейронечітких технологій в нафтогазовій справі дозволяє виділити такі основні особливості:

1. Нейромережі досить часто використовуються для прогнозування показників розробки, особливо при нетрадиційному розташуванні свердловин, оскільки є ефективним засобом розв'язання задач, для яких важко скласти явний алгоритм. Основними проблемними питаннями при їх використанні є складнощі по вибору відповідного типу мережі та необхідність достатньо великої кількості даних та, іноді, часу для їх навчання.

2. Генетичні алгоритми широко застосовуються як альтернативні засоби для розв'язання різноманітних задач оптимізації в нафтогазовій справі. І хоча сама постановка задачі в їх термінах не дає можливості проаналізувати статистичну значимість одержуваного з їх допомогою рішення, сила генетичного алгоритму полягає в його здатності маніпулювати одночасно багатьма параметрами, що для даної предметної області має важливе значення.

3. Найбільш поширеним застосуванням нечіткої логіки як методології розв'язання задач в нафтогазовій справі пов'язане з тим, що на відміну від традиційної математики, що вимагає на кожному кроці точних і однозначних формулювань закономірностей, нечітка логіка дозволяє маніпулювати в процесі моделювання мінімальним набором закономірностей. При цьому відбувається підключення інтуїції та досвіду експерта. Наявність унікальної структури моделі – нечіткої бази знань – для кожного класу задач дозволяє не тільки значно скоротити обсяг вибірки для навчання, але і забезпечити певну нечутливість моделі до випадкових викидів початкових даних. Крім того нечітка база знань може бути легко сформована досвідченим експертом, оскільки вона являє собою сукупність висловлювань природною мовою. Таким чином, на засадах нечіткої логіки можна створювати формалізовану модель, враховуючи як кількісні, так і якісні показники.

Висновки. Зроблено огляд використання сучасних інформаційних технологій на базі м'яких обчислень у нафтогазовій галузі. Розглянуто основні особливості їх роботи при розв'язанні задач даної предметної області. Особливу увагу приділено дослідженню основних напрямків застосування нейронечітких технологій при управлінні процесом заводнення нафтових родовищ. Нечітка логіка, штучні нейронні мережі, генетичні алгоритми дозволяють ефективно працювати з невизначеністю, нечіткістю і неповнотою знань про нафтогазовий об'єкт. Тому підсумком даної роботи можна вважати висновок про доцільність поєднання їх можливостей для створення інформаційної системи, яка дозволить приймати ефективні рішення при виборі раціональної системи заводнення родовищ.

Література

1. Юрчишин В.М. Наукові основи застосування інформаційних технологій при управлінні процесами розробки нафтогазових родовищ: Дис... д-ра техн. наук: 05.15.06. – Івано-Франківськ, 2006. – 353 с.
2. Заде Л.А., Батиршин И.З. Роль мягких вычислений и нечеткой логики в понимании, конструировании и развитии информационных интеллектуальных систем: Пер. с англ // Новости искусственного интеллекта. – 2001. – № 2. – С. 7-11.
3. Фазылова М.В. Алгоритм обучения нейронных сетей для задач диагностики состояния оборудования нефтегазовой отрасли [Электронный ресурс] // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2007. – Режим доступа до журн.: http://www.ogbus.ru/authors/Fazylova/Fazylova_1.pdf.
4. Кутуков С.Е. Приложение генетических алгоритмов в управлении технологическими режимами нефтепродуктопроводов [Электронный ресурс] // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2007. – Режим доступа до журн.: http://www.ogbus.ru/authors/Kutukov/Kutukov_6.pdf.
5. Grittiiths C. M. An example of the use of fuzzy-set based pattern recognition approach to the problem of strata recognition from drilling response // 27 Int. Geological Congr. – Moscow. – 1984. – P. 504-538.
6. Aminzadeh F. Application of fuzzy expert systems in integrated oil exploration // Computers and Electrical Engineering. – 1994. – № 20. – P. 89– 97.
7. Аникин И.В., Шагиахметов М.Р. Разработка экспертной системы нечеткого принятия решений о выборе методов увеличения нефтедобычи на нефтяных месторождениях // Труды восьмой Национальной конференции по искусственному интеллекту (КИИ-2002). – Коломна (Россия), 2002. – С. 55-60.
8. Guyaguler B., Horne R. N., Rogers L., Rosenzweig J. J. Optimization of Well Placement in a Gulf of Mexico Waterflooding Project // SPE Reservoir Evaluation & Engineering. – 2002. – № 5. – P. 229– 236.

9. Aminian K., Bilgesu H.I., Ameri S. Improving the simulation of waterflood performance with the use of neural networks // SPE Regional Meeting. – West Virginia. – 2000. – P. 122-130.

10. Yeten B., Durlofsky L.J., Aziz K. Optimization of nonconventional well type, location, and trajectory // SPE Journal. – 2003. – № 8. – P. 200– 210.

11. Asghari K., Nakutnyy P., Torn A. Neural network techniques for waterflooding in mature oil fields [Електронний ресурс] // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції “Ресурсозберігаючі технології у нафтогазовій енергетиці”. – 80 Min / 700 MB. – Івано-Франківськ: Ів. – Фр. нац. техн. ун-т нафти і газу, 2007. – 1 електр. опт. диск (CD-ROM); 12 см. – Систем. вимоги: Pentium; 32 Mb RAM; Windows 95, 98, 2000, XP; MS Word 97-2000. – Назва з контейнера.

12. Борин В.С. Автоматизація технологічного процесу абсорбційної осушки газу на базі нечіткої логіки: Автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.13.07 / Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Львів, 2004. – 20 с.

Надійшла 12.1.2009 р.