

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В
УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ
КЕРУВАННЯ БУРОВИМИ КОМПЛЕКСАМИ**

© L. Meshcheryakov

**INTELLECTUAL SUPPORT OF ACCEPTANCE OF DECISIONS
IN THE CONDITIONS OF VAGUENESS DURING AUTOMATION
OF MANAGEMENT BY BORING COMPLEXES**

Розглянуто можливість та шляхи застосування сутності перетворень методу резолюцій до задач інтелектуальної підтримки прийняття рішень в умовах суттєвої невизначеності оперативних станів при автоматизації керування буровими комплексами, що забезпечує формування раціональних керувань.

Рассмотрена возможность и пути применения сущности превращений метода резолюций к задачам интеллектуальной поддержки принятия решений в условиях существенной неопределенности оперативных состояний при автоматизации управления буровыми комплексами, что обеспечивает формирование рациональных управлений.

На даний момент перспективним напрямком розвитку автоматизованих систем керування гірничих електромеханічних комплексів являється розробка і впровадження систем інтелектуальної підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності, що призначені для вирішення задач експертного оцінювання ситуацій у різних предметних галузях. Мета досліджень таких систем складатиметься в розробці алгоритмів, які при розв'язанні важко вирішуваних задач дозволяють одержувати результати, що не уступають щодо якості і ефективності рішенням, котрі виробляються для аналогічних задач професійними спеціалістами. Таким чином максимально використовується апостеріорна інформація, що нарабляється всім життєвим циклом гірничих електромеханічних комплексів.

У більшості випадків систем інтелектуальної підтримки вирішують задачі, які важко формалізувати, або задачі, що взагалі не мають алгоритмічного вирішення. Саме до таких можна віднести багато задач ідентифікації технологічних процесів і комплексів в гірничій промисловості при розробці автоматизованих систем керування технологічних процесів на бурових комплексах. Дійсно, з однієї сторони в силу апріорної невизначеності фізичних та механічних властивостей гірських порід на конкретній свердловині, та відповідній складності визначення ступеня спрацювання породоруйнівного інструменту, обумовлюється відносна, в довірчих межах, невизначеність технологічних, технічних, геологічних та економічних параметрів процесу буріння. З іншої сторони потрібен компроміс між можливостями автоматизованих вимірювальних систем, їх складністю, вартістю та цінністю отриманої технологічної та технічної інфор-

мації. В зв'язку з чим, незважаючи на позитивне застосування промислових телевимірювальних систем при бурінні свердловин не знімається питання розробки та впровадження більш простих методів отримання оперативної інформації процесу глибокого буріння. І тут досить перспективним являється шлях використання породоруйнівного інструменту у якості інтелектуального датчика. Тобто використовувати породоруйнівного інструменту в якості автоматичного вимірювального перетворювача механічних величин переміщення, зусиль, моментів обертання і т.п. Відображення динамічних характеристик породоруйнівного інструменту через інформаційні характеристики енергопостачання приводу знімає ряд факторів режимного характеру, таких як інерція датчика, вплив фізичних параметрів навколишньої середовища, руйнівний вплив на датчик контрольованої і навколишньої середовища. Все це відкриває можливість більш достовірно і оперативно визначати миттєві технологічні та технічні стани системи "колонорізець-порода" і відповідно більш раціонально організувати процеси керування бурінням. Інтелектуальні властивості породоруйнівного інструменту засновуються на його спроможності у виділенні та передачі інформаційних потоків по стану процесів буріння. Це можливо на основі використання енергетичних аспектів руйнування гірських порід. Відомо, що у суцільному середовищі одиничного об'єму з незмінною масою та сталими пружними фізико-механічними параметрами гірської породи, квадрат повної внутрішньої механічної енергії дорівнює сумі квадратів кінетичної і потенційної енергії [1,2]. Таке припущення, що відображає закон збереження енергії та її взаємного перетворення із кінетичної в потенціальну через інформаційні коливання, дає можливість інформаційної ідентифікації суцільного середовища гірської породи з елементами колони бурового комплексу та породоруйнівного інструменту. Енергія руйнування гірських порід з урахуванням відповідних коефіцієнтів корисного використання передається через привід від джерела енергоспоживання. Таким чином використовуючи методи та алгоритми, які сформовані та представлені в роботах [3,4] можна вилучити додаткову інформацію з сигналів споживаної потужності або струму джерела енергоспоживання, що значно підвищить інтелектуалізацію породоруйнівного інструменту, як первинного інформаційного перетворювача.

Слід зазначити, що обсяг знань необхідних для будь-якого значного додатка бази знань систем інтелектуальної підтримки в керуванні технологічних процесів та гірничих електромеханічних комплексів, звичайно дуже великий, тому для вибірки, відновлення та підтримки таких великих обсягів знань систем інтелектуальної підтримки необхідні інформаційне місткі моделі представлення знань. Крім того, вдала модель представлення може значно полегшити побудову логічного висновку. Зважаючи на технологічні та технічні характеристики процесів буріння на свердловинах в систем інтелектуальної підтримки найбільш раціональне використання форми представлення знань у вигляді продуктивних правил і фреймів. В останніх у якості слотів різного ієрархічного рівня доцільно використати множинні імовірно-моментні дисперсійні, асиметричні та ексцесійні оцінки, що дозволяють виконати відповідний стиск

інформації. Оскільки взагалі не всі знання строго визначені, то систем інтелектуальної підтримки керування технологічних процесів і гірничих електромеханічних комплексів повинна мати статистичні засоби обробки різної міри довіри в заданих виразах фактів. Тому звичайно систем інтелектуальної підтримки виражають відносну довіру в факті за допомогою коефіцієнту довіри. Якщо його значення дорівнює 100, то це означає верхній рівень впевненості, а рівний 0 – саму низьку імовірну визначеність [3,4,5].

Обидва режими роботи, які існують в систем інтелектуальної підтримки, а саме режим придбання знань і режим вирішення задач, доцільно використовувати одночасно. Тоді для першої ітерації придбання знань в системі може використовуватися апріорна інформація по технологічному і технічному стану гірничих електромеханічних комплексів, що задається його проектними характеристиками. У режимі придбання знань при спілкуванні з гірничих електромеханічних комплексів та системою, в останню вводяться системні продукції у вигляді правил та понять з галузі технологічної і технічної статистичних експертиз. Об'єднання нововведеної продукції з базою знань здійснюється модулем знань, що здобуваються. Для перевірки достатності знань та визначення достовірних станів гірничих електромеханічних комплексів і формування раціональних керувань система перевіряється тестовими завданнями. По закінченні налагодження вона передається в експлуатацію. Якщо не виключати режиму придбання знань то система інтелектуальної підтримки може робити в режимі ітераційного самонавчання, що є найбільш доцільним.

Системи автоматизованої ідентифікації і керування гірничих електромеханічних комплексів з інтелектуальною підтримкою визначаються сукупністю характеристик призначення, проблемної зони, глибини аналізу проблемної зони, типом використовуваних методів отримання інформації і знань, класом систем, стадіями існування та апаратним і програмним забезпеченням реалізації. Проблема зони ідентифікації та керування гірничих електромеханічних комплексів визначається сукупністю таких параметрів як предметна зона і задачі, розв'язувані в цій предметній зоні. Кожний з цих параметрів може розглядатися з погляду як користувача, так і розроблювача системи. З погляду користувача, предметна зона характеризується описом зони в термінах користувача, що включає – ідентифікація зони, перелік і взаємозв'язок підзон і т.п., а задачі, розв'язувані існуючими систем інтелектуальної підтримки – їх типом. Звичайно у гірничих електромеханічних комплексів виділяються такі навігаційні типи задач: інтерпретація сигналів, тобто складання значеннєвого опису за вхідними, вихідними і даними оперативного стану; прогнозування – визначення наслідків технологічних ситуацій, що спостерігаються; діагностика гірничих електромеханічних комплексів – визначення несправностей за основними симптомами; конструювання – розробка гірничих електромеханічних комплексів з заданими властивостями при дотриманні встановлених обмежень; планування – визначення послідовності прогнозуючих дій, що ведуть до бажаного стану гірничих електромеханічних комплексів; спостереження – спостереження за станом, що безперервно змінюється і порівняння його показників із встановленими; керування – вплив на

гірничих електромеханічних комплексів для досягнення бажаного динамічного технологічного і технічного стану. В задачах автоматизованої ідентифікації та керування гірничих електромеханічних комплексів предметна зона являється динамічною, тому що вихідні дані, що її описують, змінюються оперативно під час вирішення задачі та відображаються випадковими величинами вимірів інформаційних сигналів. Крім того, предметна зона характеризується такими аспектами: числом та складністю сутностей; їх атрибутів та значень атрибутів; зв'язністю сутностей та їх атрибутів; повнотою та точністю знань. Розв'язувані задачі автоматизованих систем керування технологічних процесів гірничих електромеханічних комплексів являються оперативними, що обумовлює використання динамічних систем інтелектуальної підтримки.

Для оптимізації технологічної і технічної навігації гірничих електромеханічних комплексів на життєвому циклі потрібна максимально об'єктивна візуалізація його динаміки по параметрам та перерізам станів. Розроблено програмне забезпечення, що орієнтоване на правила поведінки об'єкту керування, формується множина правил типу “умова – дія”. Умова задає образ даних, при виникненні яких дія правила може бути виконана. Правила в заданій парадигмі відіграють таку ж роль, як і підпрограми в процедурній парадигмі. Однак, якщо в процедурній парадигмі поводження задається детермінованою послідовністю процедур, що не залежить від значень цих даних, то в парадигмі, яка орієнтована на правила поводження, послідовність дій задається не заздалегідь запропонованою послідовністю правил, а програмується на основі тих даних та їх значень, котрі в сучасний момент обробляються програмним забезпеченням системи. Формування поводження здійснюється за такою схемою. Умови правил зіставляються з поточними даними про технологічний та технічний стани гірничих електромеханічних комплексів, та ті правила, умови яких задовольняються значеннями поточних даних, стають претендентами на виконання. Потім за визначеним критерієм здійснюється вибір одного правила серед претендентів та виконання його, тобто виконання дії зазначеної в правій частині правила. Якщо система через інструментальні пристрої допускає рівнобіжну обробку, то всі правила – претенденти – можуть виконуватися одночасно. Отже, правила виконуються в порядку, який пропонується зразками даних. Такий підхід, орієнтований на правила, зручний для опису поводження систем інтелектуальної підтримки, він гнучко і різноманітно реагує на велику множину можливих технологічних і технічних станів гірничих електромеханічних комплексів.

Застосування правил висновку в обчисленні предикатів з використанням еквівалентних перетворень формул обчислення і методу резолюцій при доказі теорем в логіці предикатів дозволяє формалізувати алгоритми системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності при управлінні технологічними процесами буріння буровими комплексами. Відомо що найвища ефективність застосування методу резолюцій для досягнення достовірності міркувань з чотирьох визначених загальних умов, по-перше має у випадку коли теорема мети перетворюється у протилежну теорему. Вихідними для доказу тут

являється повна множина диз'юнктив, що належать до канонічної форми теореми мети. Використовуючи сутності методу резолюцій, перетворення теореми мети в протилежну теорему, зворотної дедукції за правилами доказу теорем методом резолюцій можна визначити слідувачі посилки та висновок в системі інтелектуальної підтримки.

Посилки. Система інтелектуальної підтримки та контролю перевіряє кожний вимір сигналу або обмежену реалізацію на виході об'єкта (для бурових комплексів це значення параметра механічної швидкості буріння, витрат промивальної рідини, швидкості обертання та навантаження породоруйнівного інструменту), окрім тих, що вийшли за межі інформаційного контролю. Деякі значення несуть в собі інформацію про раціональні та нераціональні технологічні та технічні режими, передаварійні або аварійні стани гірничих електромеханічних комплексів і можуть оброблятися виключно в штатних, аварійних або передаварійних станах системи контролю. Ніякі з сигналів (їх оцінок) за межами інформаційного контролю не відповідають аваріям.

Висновок. Деякі з аварійних станів контролюючої системи сприяють пропуску аварійних станів гірничих електромеханічних комплексів.

Позначення предикатів:

$E(x)$: x – сигнал входить в систему;

$V(x)$: x – сигнал знаходиться за межами інформаційної зони;

$S(x, y)$: y – аналізував x ;

$C(x)$: x – був станом системи контролю;

$P(x)$: x – сприяв проходу аварій гірничих електромеханічних комплексів не визначаючи.

Посилки відповідно поставленій задачі представляють наступні вирази:

$$\begin{aligned} & (\forall x)(E(x) \wedge \neg V(x) \supset (\exists y)(S(x, y) \wedge C(y))); \\ & (\exists x)(P(x) \wedge E(x) \wedge (\forall y)(S(x, y) \supset P(y))); \\ & (\forall x)(P(x) \supset \neg V(x)). \end{aligned} \tag{1}$$

А висновок теореми визначення відповідно (1) відображається формулою

$$(\exists x)(P(x) \wedge C(x)). \tag{2}$$

Перетворюючи посилки в диз'юнкти можливо отримати:

$$(1) \quad \neg E(x) \vee V(x) \vee S(x, f(x));$$

$$(2) \quad \neg E(x) \vee V(x) \vee C(f(x));$$

$$(3) \quad P(x);$$

$$(4) E(x);$$

$$(5) \neg S(x, y) \vee P(y);$$

$$(6) \neg P(x) \vee V(x).$$

Заперечення висновку обумовлюються так:

$$(7) \neg P(x) \vee \neg C(x).$$

Доказ методом резолюцій виглядає таким чином:

$$(8) \neg V(x) \quad \text{– резольвента з (3) і (6);}$$

$$(9) V(x) \vee C(f(x)) \quad \text{– резольвента з (2) і (4);}$$

$$(10) C(f(x)) \quad \text{– резольвента з (8) і (9);}$$

$$(11) V(x) \vee S(x, f(x)) \quad \text{– резольвента з (1) і (4);}$$

$$(12) S(x, f(x)) \quad \text{– резольвента з (8) і (11);}$$

$$(13) P(f(x)) \quad \text{– резольвента з (12) і (5);}$$

$$(14) \neg C(f(x)) \quad \text{– резольвента з (7) і (13);}$$

$$(15) \square \quad \text{– резольвента з (10) і (14).}$$

Висновок доведений, так як через визначену в порівнянні десятого та чотирнадцятого диз'юнктивів контрарну пару отримано пустий диз'юнкт.

В розробленій системі інтелектуальної підтримки прийняття рішень робота алгоритму доказу теорем в умовах невизначеності технологічного та технічного стану процесу буріння методом резолюцій реалізується на мові програмування Visual Prolog через алгоритм дерева родинних відношень.

Таким чином в складних умовах невизначеності, що до оперативного стану всього бурового комплексу або його окремих складових та руйнівних властивостей гірських порід і зношування породоруйнівного інструменту під час буріння, ефективність процесу буріння визначається можливістю та точністю диференціальної технологічної та технічної діагностики, тобто класифікації вище вказаного по однім з прийнятих в практиці рівнів важкості як до технології, так і до виникаючих ускладнень. Причому якість інтегрованої діагностики сильно залежить від кваліфікації обслуговуючого персоналу бурового комплексу. Це в значній мірі обумовлює актуальність розробки комп'ютерних систем інтелектуальної підтримки прийняття діагностичних рішень щодо достовірного визначення оперативних станів гірничих електромеханічних комплексів.

Перелік посилань

1. Дудля М.А. Діагностика та проектування бурових машин і механізмів / М.А. Дудля, Л.І. Мещеряков. – Дніпропетровськ: НГУ, 2004. – 268 с
2. Дудля М.А. Аварии при бурении скважин и методы их ликвидации / М.А. Дудля, П.А. Павлунишин, А.Я. Третьяк. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. – 286 с.
3. Мещеряков Л.І. Імовірносно-моментні оцінки процесу діагностування гірничих електромеханічних систем / Л.І. Мещеряков // Сб. науч. трудов НГАУ. – Днепропетровск, 2003. – № 18. – С. 195–201.
4. Мещеряков Л.І. Основні задачі енергоінформаційних технологій діагностування бурових комплексів / Л.І. Мещеряков // Науковий вісник НГАУ.: Науч.-техн. журнал, 2006. – №7. – С. 71–74.
5. Мещеряков Л.І. Інтелектуальна діагностика бурових комплексів / Л.І. Мещеряков // Сб. науч. трудов НГАУ. – Днепропетровск, 2007. – № 29. – С. 177–185

ABSTRACT

Purpose. To explore possibility of application of method of resolutions to the tasks of intellectual support of acceptance of decisions during automation of management by the boring complexes.

The methodology. Essence is used of transformation of target theorem in opposite one, at which a conclusion of opposite theorem is a denial of conclusion of initial theorem.

Findings. Results of researches confirm efficiency of application of essence of transformations of method of resolutions to the tasks of intellectual support of acceptance of decisions in the conditions of substantial vagueness of operative states during automation of management by the boring complexes.

The originality. Consists of the use of algorithms, which effectively recognize authenticity of reasoning to the tasks of intellectual support of acceptance of decisions.

Practical implications. The conducted researches confirmed practical expedience of application of method of resolutions to the management by the boring complexes.

Keywords: *boring complexes, automation of management, method of resolutions, target theorem, acceptance of decisions*