

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
НАФТИ І ГАЗУ**

**МЕЛЬНИК Віталій Дмитрович**

УДК 004.89:681.518:622.24

**ІНТЕЛІМЕДІЙНА АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ  
ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ БУРІННІ НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН**

Спеціальність 05.13.07 – автоматизація процесів керування

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник**

доктор технічних наук, професор,  
**Шекета Василь Іванович**,  
Івано-Франківський національний технічний  
університет нафти і газу,  
завідувач кафедри інженерії програмного  
забезпечення.

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор,  
**Мещеряков Леонід Іванович**,  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»,  
професор кафедри програмного забезпечення  
комп'ютерних систем.

кандидат технічних наук, доцент  
**Савків Володимир Богданович**,  
Тернопільський національний технічний  
університет імені Івана Пулюя,  
завідувач кафедри автоматизації технологічних  
процесів і виробництв.

Захист відбудеться «23» вересня 2021 р. о 14:00 годині на засіданні спеціалізованої Вченої ради Д 20.052.03 Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

Автореферат розісланий «19» серпня 2021 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої Вченої ради Д 20.052.03,  
кандидат технічних наук, доцент

Т. В. Гуменюк

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Дане дослідження присвячене розробці та реалізації інтелектуальної системи з мультимедійним інтерфейсом та базою знань з мультимедійними включеннями. При створенні прототипу було розглянуто ряд аргументів, які також можна успішно застосувати для задачі створення інтелектуальної системи, яка оперує з мультимедійним контентом. Основна проблема на даному шляху полягає в досягненні ефективності процесу перенесення експертних знань та досвіду в комп'ютерну програму. Основна особливість полягає саме в тому, що такі знання та досвід опираються на мультимедійну основу. Загально відомо, що використання мультимедійних даних та технологій на даному етапі розвитку інформаційних технологій пов'язано з рядом обмежень, які суттєво впливають на кожен етап життєвого циклу розробки інтелектуальних систем. Тому в якості основної проблеми можна виділити проблему практичної імплементації шляхом інтеграції технології інтелектуальних систем та технології мультимедійних систем і даних, які, кожна в своєму класі, є, в принципі, достатньо дослідженими, але в питаннях їх інтеграції, яка дозволить збереження саме інтелектуальних функцій, є ряд невирішених аспектів, яким, власне, і присвячене дане дослідження.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Вибраний напрям досліджень є складовою частиною тематичного плану кафедри інженерії програмного забезпечення Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ). Тематика роботи є частиною планових науково-дослідних робіт із розвитку нафтогазового комплексу України та базується на результатах виконання науково-дослідних тем: «Розробка теоретичних та прикладних концепцій застосування сучасних інформаційних технологій в нафтогазовій галузі» 2008-2012 рр. (затв. Науковою радою ІФНТУНГ протокол № 3/48 від 08.09.2008р.); «Розробка моделей, методів і алгоритмів прямого і непрямого опрацювання великих потоків даних для підтримки прийняття управлінських рішень у сфері енергозабезпечення держави» (номер державної реєстрації 0118U006795).

У вищеназваних темах НДР автор був безпосереднім виконавцем робіт щодо розробки формальних моделей інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень процесів буріння нафтових і газових свердловин на основі мультимедійного контенту.

**Мета і задачі дослідження.** Метою даної роботи є розробка методу та системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень при виконанні технологічних операцій в процесі буріння нафтогазових свердловин.

Досягнення вказаної мети забезпечується в дисертаційній роботі шляхом розв'язання таких задач:

1. Аналіз предметної моделі інтелектуальної інформаційної системи.
2. Формалізація постановки задачі моделювання процесів інтелектуальної підтримки прийняття рішень при виконанні технологічних операцій процесу буріння шляхом вирішення технологічних проблем з накладеними обмеженнями в рамках абдуктивного фреймворку.

3. Обґрунтування та дослідження технології інтелімедійної підтримки прийняття рішень при виконанні технологічних операцій в процесі буріння нафтових і газових свердловин в умовах невизначеності.

4. Побудова формальної структури функціонування системи процесів підтримки прийняття рішень при оперуванні з мультимедійним контентом на кожному етапі життєвого циклу.

5. Розробка формального механізму підтримки прийняття рішень оператором в технологічному процесі буріння нафтових і газових свердловин на основі оперування з класифікованими входженнями мультимедійного контенту предметної області.

6. Реалізація системи інтелімедійної підтримки прийняття рішень при виконанні технологічних операцій в процесі буріння нафтових і газових свердловин.

7. Розробка методики інтелімедійної підтримки прийняття рішень щодо вибору технологічних операцій в процесі буріння на основі систем масштабованих маркерів з накладеними обмеженнями.

*Об'єкт дослідження.* Нестационарний технологічний процес буріння нафтових і газових свердловин, який супроводжується необхідністю прийняття ефективних та раціональних рішень в умовах невизначеності.

*Предмет дослідження.* Системи інтелектуальної підтримки процесів прийняття рішень при виконанні технологічних операцій процесів буріння нафтових і газових свердловин шляхом вирішення технологічних проблем на основі обмежень в абдуктивному фреймворку.

**Методи дослідження.** Для вирішення поставлених задач у роботі проведені теоретичні дослідження з використанням методів порівняльного аналізу, систематизації та узагальнення (для аналізу автоматизованих систем-тренажерів, структури прийняття рішень в технологічному процесі); системного підходу; формально-логічних досліджень із використанням базового апарату на основі предикатної логіки; методів теорії множин (для моделювання функціональності складових системи); методів теорії представлення та задоволення обмежень і теорії ймовірності; методів математичної статистики.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в розвитку та поглибленні методологічних підходів щодо підтримки прийняття рішень при виконанні технологічних операцій процесу буріння нафтових і газових свердловин, що ілюструється мультимедійним контентом та визначається наступними науковими результатами:

- **вперше** представлено модель інтелімедійної автоматизованої системи з виділеними основними компонентами інтелектуальної сутності, що *дозволило* визначити структурні елементи процесу підтримки прийняття рішень при бурінні нафтових і газових свердловин шляхом введення технологічних проблем з накладеними обмеженнями та імплементованою релевантністю щодо умов задоволення та порушення накладених технологічних обмежень;

- **удосконалено** формальні основи моделювання контенту інтелімедійної автоматизованої системи на основі теорії представлення та задоволення обмежень;

- **покращено** формальні засоби абдуктивного виведення знань на основі мультимедійних входжень в рамках введеного інтелімедійного фреймворку з

імовірнісною складовою у формі абдуктивних міркувань та введеною задачею класифікації на множині мультимедійного контенту;

– **удосконалено** процедури видобування мультимедійних даних та знань на основі методології коефіцієнтів впевненості для абдуктивного фреймворку, що дозволяє імплементацію релевантних доменних знань про технологічні операції процесу буріння.

*Отримали подальший розвиток* методи інтелектуалізації прийняття рішень та систем інтелектуальної підтримки прийняття рішень в процесі буріння шляхом реалізації метрично впорядкованих інтелімедійних маркованих складових.

**Практичне значення отриманих результатів** дисертаційної роботи полягає в тому, що розроблені моделі, методи та методики, а також алгоритмічне та програмне забезпечення, побудоване на їх основі, дають змогу вирішувати задачі прийняття ефективних та раціональних рішень в процесі буріння, що відповідно підтвердило свою ефективність під час тестування отриманої інтелімедійної автоматизованої системи підтримки прийняття рішень на фактичних даних «Укрнафта Буріння» ПАТ «Укрнафта». Розроблена система та рекомендації з її використання, прийняті до впровадження відділом АСУ ТП підприємства «МІКРОЛ» як прототип модуля візуалізації процесу підтримки прийняття рішень на основі баз знань мультимедійного контенту у «SCADA»-системах (акт від 01.03.2016 р.) і «Укрнафта Буріння» ПАТ «Укрнафта» (акт від 15.03.2016 р.). Результати досліджень упроваджені в навчальний процес кафедри інженерії програмного забезпечення ІФНТУНГ (акт від 15.03.2013 р.) для студентів напряму підготовки 6.050103 – Програмна інженерія в дисципліні «Методологічні основи наукових досліджень в нафтогазовій галузі» та спеціальності 8.05010301 – Програмне забезпечення систем у дисципліні «Математичні методи аналізу алгоритмів».

**Особистий внесок здобувача.** Основні положення та результати дисертаційної роботи, які виносяться на захист, одержані автором особисто. У роботах, написаних у співавторстві, дисертанту належать: у роботі [1] – спосіб інтерпретації маркованих входжень; у роботі [2] – ідея інтелектуалізації технології дистанційного навчання шляхом введення контрольованих параметрів; у роботі [3] – методологія підтримки прийняття рішень по виділених ключових параметрах; у роботі [4] – ідея представлення знань про технологічний процес буріння; у роботі [5] – фреймово-продукційна методологія побудови інтелектуальних стратегій підтримки прийняття рішень.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідались на 18-ти міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях, у тому числі:

1. XIII Міжнародний молодіжний форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке» (30 марта-1 апреля 2009., г. Харьков, Харьковский национальный университет радиоэлектроники).
2. VII, VIII, XI Міжнародні науково-практичні конференції «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем MPZIS-2009, 2010, 2013» (м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара).

3. XI Міжнародна науково-технічна конференція «Системний аналіз та інформаційні технології» (26-30 травня 2009 р., м. Київ, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»).
4. Шоста Міжнародна конференція «Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем» (8-10 грудня 2009 р., м. Київ, Національний університет «Києво-Могилянська академія»).
5. Xth International Conference «Modern Problems Of Radio Engineering, Telecommunications And Computer Science TCSET 2010» (February 23-27, 2010, Lviv-Slavske, Ukraine)
6. Восьма міжнародна науково-практична конференція «Математичне та імітаційне моделювання систем МОДС 2013» (24-28 черв. 2013 р. м. Чернігів-Жукин, Чернігівський державний технологічний університет).
7. XII<sup>th</sup> International Conference «Perspective technologies and methods in MEMS design MemTech'2016» (20-24 April 2016, Lviv-Polyana, Ukraine).

**Публікації:** основні результати дисертаційної роботи викладено в 26 наукових працях, в тому числі 8 статей у наукових фахових виданнях України, 2 публікації у виданнях, включених до Міжнародної науково-метричної бази SCOPUS та 16 публікацій у матеріалах міжнародних та Всеукраїнських науково-технічних конференцій.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 219 найменувань на 31 сторінці й 12 додатків на 49 сторінках. Загальний обсяг роботи складає 289 сторінок. Основний зміст викладено на 209 сторінках. Робота містить 34 рисунки та 1 таблицю.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи для нафтогазового комплексу України, сформульовано мету та задачі дослідження, наведено відомості щодо наукової новизни та практичного значення отриманих результатів для інтелектуальної підтримки прийняття рішень в процесі буріння нафтових і газових свердловин, наведено відомості про апробацію та впровадження результатів роботи.

У **першому розділі** досліджено логічні зв'язки між елементами та концепціями знань предметної області, оскільки проектувана система використовує методи штучного інтелекту, зокрема експертних систем.

Важливим питанням у реалізації системи є вибір стратегії засвоєння знань на основі мультимедійних включень, що передбачає наявність деякої базової множини знань предметної області та наявності розуміння механізму інференцій, що застосовуються інтелектуальною системою. Даний процес контролюється множиною накладених обмежень на кожному з виділених технологічних станів та множини технологічних проблем в цілому. Якщо на кожному з рівнів накладена множина обмежень задовольняється, то система оцінює діяльність об'єкта технологічного тренінгу щодо вирішення технологічних ситуацій як успішну (якщо всі обмеження задоволені), як частково успішну (якщо задоволено частину обмежень) і як не успішну (якщо кількість задоволених обмежень менша деякого визначеного числового значення для поточної технологічної проблеми). Система підтверджує

результати активності об'єкта технологічного тренінгу по виділеній (поточній) технологічній проблемі шляхом виведення релевантної множини задоволених та порушених обмежень.

Спосіб передачі знань визначається на основі підходу представлення та задоволення обмежень, тобто фрагмент знань, який представляє правильне рішення проблеми описується відповідною множиною задоволених обмежень, які є ранжованими згідно значень вагових коефіцієнтів. Тому основна характеристика коректних знань в ІМАС полягає в їх описі на основі обмежень, що якісно відрізняє ІМАС на фоні інших автоматизованих навчальних систем.

Наповнення навчального контенту можна представляти у вигляді компактних включень, які називаються кейс-наборами, які представлені поєднанням тестового, графічного, аудіо, відео та мультимедійного контенту тренінгового матеріалу, що може бути самостійно опрацьованим об'єктом технологічного тренінгу. У випадку ІМАС рівень знань об'єктів технологічного тренінгу визначається областю найближчого розвитку об'єкта тренінгу, кількість завдань в тесті співвідноситься до загальної кількості обмежень, що описують даний тест. Дане значення одержується як сумарне значення обмежень присвоєних кожному тестовому завданню, що представляється у вигляді послідовності технологічних проблем. Множина обмежень, що стосується певної технологічної проблеми називається множиною релевантних обмежень. В процесі виконання тесту об'єкт технологічного тренінгу намагається вирішити послідовність технологічних проблем визначених стратегією тренінгу. В результаті в кожній множині релевантних обмежень система виділяє підмножини задоволених і порушених обмежень.

**Таким чином,** загальна оцінка проектованого прототипу інтелімедійної автоматизованої інтелектуальної системи показала, що для нафтогазової предметної області мультимедійні інтерфейси та бази знань з включенням мультимедіа можуть значно покращити якість подання інформації предметної області в експертних та інтелектуальних системах відповідно, що в загальному об'єднується в концепцію інтелімедій як виду інтелектуалізованого медійного представлення.

**У другому розділі** проаналізовано особливості підходу CSP/CLP, які полягають в можливості опису неточних, нечітких, ймовірнісних, можливісних значень, а також значень з ваговими коефіцієнтами. Проте в загальному випадку твердження та судження представлені людиною-експертом не можливо описати тільки на основі жорстких обмежень. Тому використовується також м'які обмеження. Самі пошукові проблеми в залежності від кількості та якості обмежень поділяються на надобмежені, для яких не існує рішень, щоб задовольняли всі накладені обмеження і недообмежені, для яких існує ряд невпорядкованих рішень. Багато пошукових проблем дозволяють виконувати пошук найкращого (оптимального) розв'язку на основі наперед заданих критеріїв оптимізації. Як показує досвід, невизначеність закладена в формулюванні пошукової проблеми буде переноситись в знайдені розв'язки. Тому особливо ефективним видом пошукових задач на основі обмежень є ті, що дозволяють використовувати систему преференцій в декларативних описах та алгоритмах рішень, що утворює окремий клас пошукових задач з преференціями.

В пропонованому дослідженні ми прагнемо виконати побудову ІМАС, що забезпечує підтримку рішення технологічних проблем, базуючись на теорії Олсона, основним елементом якої є виділення помилок. Основна ідея підходу полягає в

тому, що об'єкт підтримки прийняття рішень (ППР) допускає помилки при виконанні технологічних задач, рішення технологічних проблем. Як показує досвід помилки виникатимуть навіть тоді, коли в попередніх сеансах вивчалися правильні (коректні) способи дій та рішень. Відповідно до цієї теорії, джерелом виникнення помилок, є те, що об'єкт ППР допускає помилки, оскільки засвоєнні ним знання є декларативні, а практичне рішення технологічних задач і проблем вимагає процедурних (алгоритмічних) знань.

Присвоєнням на множині технологічних проблем (набором помилок пропонуваніх рішень технологічної проблеми – *SubmittedSolution*)

$TP^{set} = \{TP_j\}_{j=1..jmax}$  будемо вважати відображення  $\Psi^{TP_j}$  з множини змінних

$Err_1 \subseteq Err_{TP_1}^{CH}$  в їх відповідні домени, тобто  $\Psi^{TP_j}(err_m) \in D_m$  для  $err_m \in Err_1$ ,  $\{D_1 \times D_2 \times \dots \times D_m\} | \{TPS_k\}_{k=1..kmax}$ . Множину всіх можливих присвоєнь для  $Err_1$  будемо позначати  $\Psi_{Err_1}^{TP_j}$ .

Застосування присвоєння  $\Psi^{TP_j}$  в домені  $Err_1$  для кортежів  $(err_1, err_2, \dots, err_{k_1})$  дозволить отримати присвоєння  $\{(err_1, d_{err_1}), \dots, (err_{k_1}, d_{err_{k_1}})\}$  і отримати кортеж значень  $\Psi^{TP_j} = (d_{err_1}, \dots, d_{err_{k_1}})$ , тобто кортеж значень помилок з інтерпретацією.

Присвоєння  $\Psi^{TP_j}$  будемо вважати повним, якщо відповідні йому домени значень  $D_m, m_i \in [1..m]$  не є порожніми для всіх станів технологічної проблеми  $TPS_k$ . В іншому випадку, присвоєння вважається частковим. Множину всіх присвоєнь означених для домену  $Err_{TP_j}^{CH} : \Psi_{Err_{TP_j}^{CH}}^{TP_j} \equiv D_1 \times \dots \times D_{n_1}$  розглядають як *простір інтерпретації помилок рішень* технологічної проблеми  $TP_j$ . Розглядатимемо присвоєння виду  $\Psi^{TP_j} = (err_1, err_2, \dots, err_{k_1})$ . Нехай стосовно обмеження  $c_m \in CH_{TP_j}$  даний набір помилок має ранжування виду  $(err_1 : rd_1^{c_m}, err_2 : rd_2^{c_m}, \dots, err_{k_1} : rd_{k_1}^{c_m})$ . Обчислимо середнє значення релевантності множини помилок з присвоєння обмеженню  $c_m$ :

$$AvgErr^{c_m} = (rd_1^{c_m} + rd_2^{c_m} + \dots + rd_{k_1}^{c_m}) / k_1$$

Будемо вважати, що обмеження  $c_m$  задовольняється присвоєнням  $\Psi^{TP_j}$  (позначатимемо це через  $\Psi^{TP_j} \Big|_{=SD^{c_m}}$ ) з ступенем  $sd^{c_m} = 1 - AvgErr^{c_m}$ . Відповідно – обмеження  $c_m$  порушується присвоєнням  $\Psi^{TP_j}$  з ступенем  $vd = AvgErr^{c_m}$ . Часткове присвоєння  $\Psi^{TP_j}$  будемо вважати послідовним, якщо всі релевантні йому обмеження порушуються. Технологічною проблемою з обмеженнями з ієрархічними мітками будемо вважати формальну структуру:

$$TP_j^{CH} = (Err_{TP_j}^{CH}, Err_{TP_j}^{Domain}, CH_{TP_j}^R, ([0..1], \subseteq, \geq, \oplus_{l_{CH}^{set}}), l_{CH}^{set}),$$

де  $l_{CH}^{set}$  – ієрархічна мітка,  $\oplus_{l_{CH}^{set}}$  – з'єднувальна функція для ієрархічних міток.

Верхня границя значень міток може обмежуватись значенням “1” на рівнях ієрархії коли зручно значеннями  $[0..1]$  для всієї ієрархії. Розглянемо випадок, коли ієрархія міток має  $n$ -рівнів. Відповідно кожен з рівнів представляється системами обмежень, що не перетинаються:



$$CH = (CS_1 = (CS_1, \geq_R), \dots, CS_n = (CS_n, \geq_R))$$

$$CH = CS_1 \cup, \dots, \cup CS_n, \quad CS_i \cap CS_j = \emptyset, \quad \forall i, j \in [1..n]$$

Розміщення обмежень по рівнях ієрархії, щодо їх вагових коефіцієнтів (міток) може бути довільним або впорядкованим, коли обмеження з більш високими ваговими мітками знаходяться, наприклад, в початкових або кінцевих рівнях. Таким чином можна ввести впорядкування ієрархії обмежень по індексах її рівнів:

$$CH = \{CS_i, \prec_{in}\};$$

$$CS_i, (CS_j, p_{in})^n, i < j; i, j \in [1..n].$$

В той же час в роботі було введено спосіб обчислення вагових коефіцієнтів. Тому природним буде також введення впорядкування по вагових коефіцієнтах:

$$CH = \{CS_i, p_{weight}\}$$

$$CS_i (p_{weight} CS_i)^n, Weight(CS_i) < Weight(CS_j),$$

для  $Weight(CS_i) = \sum_{k=1}^{k_{max}} c w_k$  де  $k_i$  - кількість обмежень в системі на  $i$ -тому рівні,

$CS_i$  - система обмежень  $i$  - того рівня.

Під технологічною проблемою на основі обмежень з *частковими рішеннями* будемо розуміти кортеж  $TP_j^{partial} = \langle TP, (STP, \leq), Mt, Sol^{ideal}, Sat(), Viol() \rangle$ , де  $TP$  – початкова задача на основі обмежень,  $STP$  – її простір,  $Mt$  – метрика введена на даному просторі,  $Sol^{ideal}$  – ідеальне рішення для проблеми,  $Sat()$  – функція обчислення вагових значень по задоволених обмеженнях,  $Viol()$  – функція обчислення вагових значень по порушених обмеженнях. За допомогою ідеальної функції та функції обчислення вагових значень можна виконувати контроль базової задачі та її простору, що на фактичному рівні  $STP$  буде містити, відповідно, послаблення та посилення початкової проблеми:

$$STP = \langle weak^i(TP_j), strong^i(TP_j) \rangle.$$

Як необхідне часткове рішення технологічної проблеми на основі обмежень  $TP_j^{partial}$  слід розглядати задачу  $TP'$  із простору проблем  $STP$ , разом з її рішенням  $Sol(TP')$ , де метрична відстань  $Mt(TP', TP) < dist([Viol(TP')]) - [Viol(TP)]$ .

Часткове рішення будемо вважати *достатнім* якщо  $Mt(TP', TP) < dist([Sat(TP')]) - [Sat(TP)]$ . Часткове рішення будемо вважати *оптимальним* якщо метрична відстань між проблемами мінімальна:  $Sol_{optimal}^{partial}(TP_j^{partial}) = \min_{STP} Mt(TP', TP)$ . Крім того матимемо, що  $SD(Sol^{partial}) = Mt(TP', TP)$ ,  $CD(Sol^{partial}) = SD(Sol_{optimal}^{partial}) = \min_{STP} Mt(TP', TP)$ , тобто в якості ступеня задоволення задачі  $TP_j^{partial}$  можна розглядати значення функції метричної відстані, а в якості ступеня послідовності – ступінь задоволення оптимального рішення.

Обмеженням з оцінкою будемо вважати кортеж  $(c, evf(c))$ , де  $c_i$  – обмеження з ієрархії  $CH_{TP}^R$ , а  $evf^i$  – функція оцінки обмежень,  $evf : CH_{TP}^R \rightarrow EvSet = ExpertEv \cup UserEv$ , де  $EvSet$  – загальна множина оцінок,

$ExpertEv$  – множина оцінок експерта предметної області,  $UserEv$  – множина оцінок користувача ІМАС.

У третьому розділі виконується дослідження процесу абдукції з метою обчислення певних пояснень для наявних спостережень, що є прикладом немонотонних міркувань, оскільки пояснення, що відповідає одному стану бази знань, може ставати суперечливим при надходженні деякої нової інформації. Абдуктивні міркування характеризуються існуванням множинних пояснень і вибір преференційного пояснення є важливою складовою даної проблеми.

Для початково заданого інтелімедійного абдуктивного фреймворку  $AF^{imd}$  загальне визначення абдуктивних пояснень можна ввести наступним чином.

**Означення 1.** Нехай  $(AF^{imd} = \langle CLP, Hyp^{Set}, C^{LF} \rangle)$  є інтелімедійним абдуктивним фреймворком, де  $CLP$  – це логічні програми з обмеженнями,  $Hyp^{Set}$  – можливі абдуктивні гіпотези, які можуть розглядатись як засіб припущень з метою пояснення заданих спостережень в контексті  $CLP$  при умові, що ці припущення є консистентними (несуперечливими) при заданих обмеженнях  $C^{LF}$ . Нехай  $Case$  є ціллю класу  $Goal$ . Тоді під абдуктивним поясненням для  $Case$  будемо розуміти підмножину  $\Delta \subseteq Hyp^{Set}$  базових виводимих атомів, таких, що:

- 1)  $CLP \cup \Delta \models Case$
- 2)  $CLP \cup \Delta \cup C^{LF}$  є консистентним (несуперечливим).

Для заданої мережі рішень з обмеженнями  $CN$  і шляху  $Route$  в  $CN$  позначимо через  $Case^{Example}(Route)$  деякий приклад:  $sc_1 = v_1, \dots, sc_k = v_k$ , де кожне  $sc_i$  не є листовим вузлом в  $CN_i$  і кожне  $v_i$  є значенням, що позначає вітку, яка виходить з  $sc_i$ . Означимо через  $Case^{CLASS}(Route)$  клас, що позначає лист вузла для  $Route$ .

**Означення 2.** Нехай  $AF^{imd} = \langle CLP, Hyp^{Set}, C^{LF} \rangle$  є абдуктивним фреймворком,  $\Delta_{imt}$  є множиною виводимих входжень і  $Case$  є ціллю. Вважатимемо, що  $\Delta$  є абдуктивним поясненням для  $Case$  при заданому  $\Delta_{imt}$ , якщо  $\Delta' \subset \Delta$  є абдуктивним поясненням для  $Case$ .

**Означення 3.** Нехай  $\langle CLP, Hyp^{Set}, C^{LF} \rangle$  є абдуктивним фреймворком,  $\Delta_{imt}$  є множиною виводимих входжень і  $Case$  є ціллю. Вважатимемо, що  $\Delta$  є  $\Delta_{imt}$  – мінімальним поясненням для  $Case$ , якщо  $\Delta$  є поясненням для  $Case$  при заданому  $\Delta_{imt}$  і для жодної власної підмножини  $\Delta'$  для  $\Delta$  ( $\Delta' \subset \Delta$ ),  $\Delta'$  є поясненням для  $Case$  при заданому  $\Delta_{imt}$ .

В рамках такого фреймворку визначають абдуктивну шему у вигляді  $Shema^{ab} = \langle F_{set}, Hyp^{Set} \rangle$ , де  $F_{set}$  – множина тверджень Хорна. Змінні в  $F_{set}$  є неявно

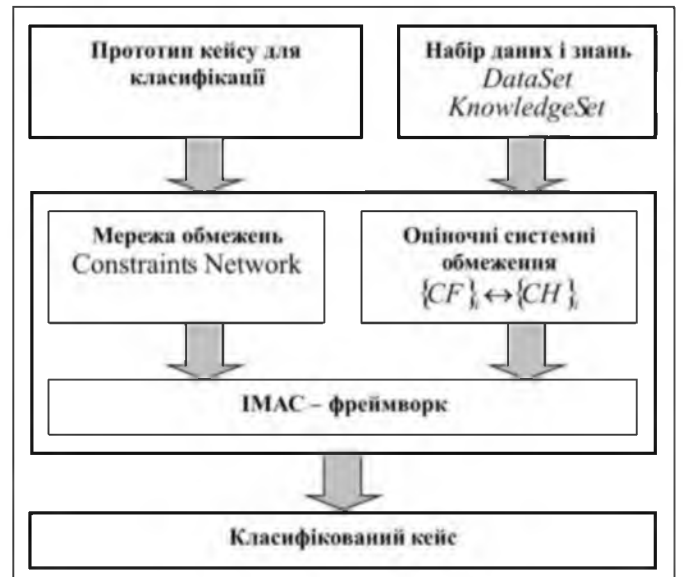


Рисунок 1 – Абдукційно-класифікаційна схема виділення кейсів

універсально квантифікованими. Нехай  $F_{Set}$  є множиною базових інстанцій елементів з  $F_{Set}$ , а  $Hyp^{Set}$  є множиною атомів, що називаються **очікуваними або можливими гіпотезами**:  $Hyp^{Set} = Hyp^{Exp} \cup Hyp^{Psb}$ . Подібно до інших застосувань та інтерпретацій теорії абдукції, основне завдання у випадку абдукції з ваговими коефіцієнтами полягає в пошуку на основі мультимедійних даних, що описують спостереження або події відповідної множини гіпотез, які найкращим чином пояснюють наявну множину мультимедійних даних на вході.

На формальному рівні фреймворк абдукції з ваговими коефіцієнтами є способом представлення мультимедійних знань з домену предметної області, що моделюються кортежем:  $AF^{CF} = (Hyp^{Set}, Rules, CF, Case^{Set})$ , де:  $Hyp^{Set}$  – множина гіпотез або пропозиційних тверджень;  $Rules$  – множина правил виду:  $\{rc_1 \wedge rc_2 \wedge \dots \wedge rc_n\} \rightarrow rc_{n+1}$ , де  $rc_1, \dots, rc_{n+1} \in Hyp^{Set}$ ;  $c$  – відповідна функція,  $c: Hyp^{Set} \rightarrow Rules^+$ , де  $c(rc)$  розглядається як вартість (вагове значення) очікуваності гіпотези  $rc \in Hyp^{Set}$ ;  $Case \in Hyp^{Set}$  – множина цілей або підтверджень.

**Означення 4.** Нехай  $CN^{Solve}$  є мережею рішень із введеними обмеженнями:  $CN^{Solve}: CH^{CNSolve} = \bigcup_i [CS_i = \bigcup_j CSet_j]$ ,  $Solve^{Sample}$  – екземпляр (приклад) рішення і  $class$  – кейс клас рішення. Будемо вважати, що можна стверджувати той факт, що екземпляр  $Solve^{Sample}$  може бути класифікований як  $class$ , засобами  $CN$  через  $\Delta$ , що позначається через  $CN \rightarrow class, \Delta$  якщо існує шлях  $Route$  в  $CN$  з вузлом  $Case^{CLASS}(Route) = class$  таке, що  $Solve^{Sample} \cup Case^{Example}(Route)$  є теж відповідним екземпляром (прикладом) рішення і



Рисунок 2 – Видобування знань в процесі кейс-солвінгу

кортежем:  $AF_{CN}^{ab} = \langle CLP_{CN}, Hyp_{Names}^{Set}, CH_{CN} \rangle$ , де  $CLP_{CN}$  – це логічні програми з обмеженнями, асоційовані з  $CN$ ,  $CH_{CN}$  – це множина обмежень накладених на  $CN$ ,  $Hyp_{Names}^{Set}$  – це множина імен атрибутів гіпотез.

Абсолютне значення підтримки частих входжень є параметром, що використовується для обчислення вартості їх абдукції (видобування).

Таким чином, проєктований фреймворк базується на абдукції з вартісними (ваговими) коефіцієнтами, де кожен виводимий елемент має асоційований з ним вартісний (ваговий) коефіцієнт, що повинен бути активований в ході побудови припущення.

$\Delta = Case^{Example}(Route) / Solve^{Sample}$ ,  $Y$  – процедура абдуктивного виведення. Розглянемо тепер спосіб перетворення мережі рішень  $CN$  у абдуктивну логічну програму з обмеженнями. Нехай  $CN$  – мережа рішень і  $Route$  – шлях в  $CN$ , тоді правило  $Rule_{Route} = [rc_{Route} \rightarrow sc_{Route}]$  асоційоване з  $Route$  буде твердженням виду  $Solve^{Sample} \leftarrow \{sc_1(v_1), \dots, sc_n(v_n)\}$ , таке, що:

- 1)  $Case^{Example}(Route) = class$ ;
- 2)  $Solve^{Sample}(Route) = \{sc_1 = v_1, \dots, sc_n = v_n\}$ .

**Означення 5.** Для заданого мережі рішень  $CN$  абдуктивний фреймворк  $AF_{CN}^{ab}$  асоційований з  $CN$  представлятиметься

Додатковим результатом є те, що спроектований фреймворк допомагає користувачу зрозуміти причини та міркування згідно яких ті чи інші інстанції були асоційовані з виділеним класом.

Єдине, що ми отримуємо на вході – це набір даних і приклад для класифікації. Особливість також полягає в тому, що інформація, яка індукується та використовується абдуктивною системою в загальному випадку, повністю ігнорується класифікаторами на основі дерев рішень.

Нехай для заданої множини імен атрибутів  $Hyp_{Names}^{Set}$  і  $Case_{Class}^{Set}$  множини класів (можливих класифікацій кейсів). Припустимо, що кожному атрибуту може бути присвоєне значення над скінченною множиною значень  $V$ . Відповідно, приклад  $Solve^{Sample}$  слід розглядати як множину пар атрибут/значення виду:  $Solve^{Sample} = \{[rc_1 \rightarrow]sc_1 = v_1, \dots, [rc_n \rightarrow]sc_n = v_n\}$ , де  $[rc_i \rightarrow]sc_i$  є іменем  $i$ -того атрибуту.

**Означення 6.** Мережею рішень CN над  $Hyp_{Names}^{Set}$  та  $Case_{Class}^{Set}$  є структура така, що:

- 1) кожен зовнішній вузол помічається атрибутом  $[rc \rightarrow]sc \in Hyp_{Names}^{Set}$ ;
- 2) кожен зовнішній вузол помічений класом  $class \in Case_{Class}^{Set}$ ;
- 3) кожна вітка помічається значенням  $v \in V$ ;
- 4) значення, що помічають всі вітки, які виходять із заданого вузла, є попарно відмінними;
- 5) мітки шляху  $Route.[l_1, l_2, \dots, l_k]$  теж є відмінними.

У четвертому розділі представлено процес створення системи класу IDSS / ІСППР (Intelligible decision support system / Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень), що забезпечує інтелектуальну підтримку прийняття рішень при виконанні технологічних операцій процесів буріння нафтових і газових свердловин.

Базовим елементом при формуванні інтелектуальної тренажерної системи слід вважати специфіку представлення експертних даних в контексті аналізованого мультимедійного представлення на базі спеціалізованого програмного та апаратного рішення. Саме проектоване мультимедійне представлення потребує детального структурного аналізу. Це досягається шляхом застосування інтелімедійних включень на основі мета-тегів у мультимедійний інтерфейс програмного рішення. Також передбачено обов'язковість інтеграції з іншими програмними реалізаціями (наприклад, експертною системою) не обмежуючи особливість поєднання з іншими експертними системами, що не впливають на складність інтерфейсу.

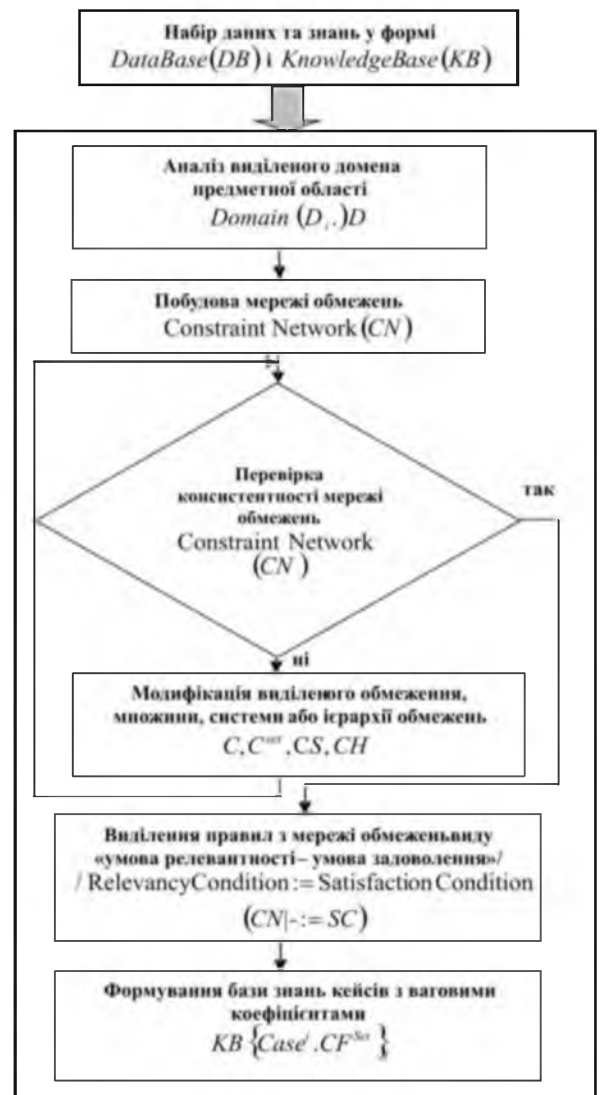


Рисунок 3 – Локалізація процедури побудови БЗ кейсів

Особливістю якісного мультимедійного представлення слід вражати, в першу чергу, мультимедійні дані, що ґрунтуються на експертних знаннях, та необхідність проєктованого технічного забезпечення для ефективної інтеграції інтелектуальних даних у тренажерну експертну систему. Також, особливістю мультимедійного представлення є важливість інтеграції анімаційних елементів та графічних представлень у конкретний технологічний процес.

При застосуванні методу прямого ланцюга як типової характеристики експертної системи необхідно враховувати усі інтелектуальні функції проєктованої системи-прототипу. Цей тип інтелектуальної системи полягає у формуванні висновків, що досягаються на основі обмеженого числа визначених даних. Припустимо, що у інтелектуальній системі-прототипі може бути деяке число «рішень» на основі конкретних характеристик окремих параметрів. Тому використання прямого процесу ланцюга міркувань – основний критерій формування проєктованої інтелектуальної системи в процесі зворотного логічного висновку.

Зручність використання інтелектуальної системи полягає у забезпеченні простоти використання та застосування елементів зміни таким чином, щоб суб'єкт діалогу зміг зупинитись в середині процесу використовуваної інтелектуальної системи і мати змогу відновити сеанс зберігаючи усі поточні зміни. Це стосується об'ємних складних систем, які включають введення експертом великих обсягів даних.

Ще один важливий аспект експертних систем (ЕС), що було використано, – це їх адаптивність, тобто здатність до змін у конкретних умовах. Інша характеристика однієї з типових оболонок ЕС – підтримка істинності. У цьому випадку експертна система здатна розпізнавати недостовірність окремих даних в контексті їх зміни. Характеристика здатності підтримки істинності пов'язана з можливістю виконувати аналіз параметрів, змінюючи деякі дані, для визначення їх впливу на зроблені висновки.

Однією з базових концепцій та можливостей експертних систем, таких як «Esta/Stress», є їх здатність оперувати з невизначеністю. Експертна система може керувати невизначеністю, даючи користувачеві можливість формувати запитання, щоб надати оцінку та переконатися, що вони дійсно входять в цю систему. Висновки, сформовані експертною системою, також можуть бути невизначеними;

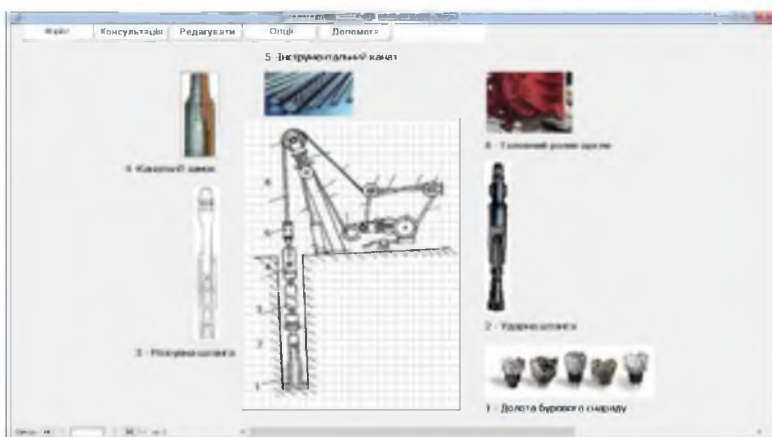


Рисунок 4 – Схематичне зображення базового бурового обладнання процесу буріння з введеними ключовими маркерами

належна оболонка експертної системи буде забезпечувати конкретні засоби, що включатимуть засоби невизначеності в цих висновках.

Базу знань для прототипу було складено з кількох джерел для того, щоб забезпечити правильність системи. Вони включали інтерв'ю з експертами процесу буріння (операторами технологічного процесу), а також огляд фахової літератури з цієї тематики. Було побудовано ряд

систем емпіричних правил та їх шаблонів, які допомагають у розробці системи підтримки прийняття рішень в процесі буріння свердловин. Було запропоновано ряд ідей, як краще зобразити дані для того, щоб впевнитися, що все зрозуміло і застосовується належним чином.

Знання, виділені з даних джерел, дозволяють імітувати власний процес міркувань при прийнятті рішень. Вибрані в якості засобу розробки оболонки експертних систем включають унікальні методи зберігання мультимедійних даних з можливістю їх зіставлення. Технологічно система зберігає дані про об'єкти в структурах, що описується означуваними схемами (*Definitions Schemas*). Для даного випадку – це забезпечує зручний спосіб зберігання та вилучення даних. Типи об'єктів цієї системи мають справу з буровим обладнанням, технологічними операціями та режимами буріння. Дані схеми забезпечують способи визначення характеристик об'єктів, в тому числі і по відношенню до інших об'єктів за допомогою технології комірок (семантичний аналог фреймових слотів). Кожна комірка представлена однією або більше ознаками чи відношеннями, які описують поточний нафтогазовий об'єкт.

Після створення функціональної бази знань забезпечується відображення інформації у відповідній формі з використанням засобів мультимедійного інтерфейсу. Ускладнює процес параметризації представлення на основі системи ключових маркерів, а з іншої сторони – наявними надміру абстрактними узагальненнями, що не дозволяють параметризацію взагалі.

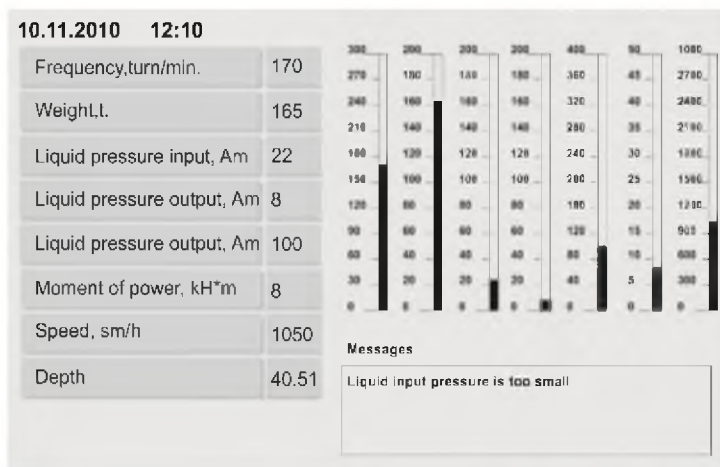


Рисунок 5 – Системна емуляція пульта бурильника

Інтелектуальний рівень системи та мультимедійний інтерфейс прототипу пов'язуються через «Dynamic Link Library» (DLL). Створений модуль «DLL», містить всі функціональні можливості, пов'язуючи існуючі бібліотеки, які підтримуються за допомогою об'єктно-орієнтованих функцій, що були спеціально розроблені для інтелектуальної інформаційної системи, заснованої на знаннях. Подальший розвиток створеного прототипу інтелектуальної автоматизованої системи для задач технологічного тренінгу в формі інтелектуальної тьюторної тренінгової системи (ІТТС) дозволить реалізувати напрямлений та налаштовуваний тьюторний процес на основі методів зворотного зв'язку із об'єктами техногічного тренінгу, та з використанням методів експертних систем в інтелектуальному режимі під час виконання технологічних задач.

Інтерфейсний модуль надаватиме об'єкту техногічного тренінгу доступ до ресурсів ІТТС і підтримуватиме окрему взаємодію користувачів та груп користувачів з ІТТС. Розглядаються два основних підходи до реалізації інтерфейсу ІТТС:

Інтелектуальний рівень системи та мультимедійний інтерфейс прототипу пов'язуються через «Dynamic Link Library» (DLL). Створений модуль «DLL», містить всі функціональні можливості, пов'язуючи існуючі бібліотеки, які підтримуються за допомогою об'єктно-орієнтованих функцій, що були спеціально розроблені для інтелектуальної інформаційної системи, заснованої на знаннях. Подальший розвиток створеного прототипу інтелектуальної автоматизованої системи для задач технологічного тренінгу в формі інтелектуальної тьюторної тренінгової системи (ІТТС) дозволить реалізувати напрямлений та налаштовуваний тьюторний процес на основі методів зворотного зв'язку із об'єктами техногічного тренінгу, та з використанням методів експертних систем в інтелектуальному режимі під час виконання технологічних задач.

1. Класичний графічний інтерфейс GUI. Є найбільш поширеною реалізацією у випадку класичних ІМАС, інтелектуальних ІМАС та інтелектуальних ІМАС на основі підходу представлення та задоволення обмежень.

2. Побудова віртуальної симуляції об'єктної динаміки предметної області.

Прикладами таких ефективних симуляцій предметних областей є випадки вивчення ходу технологічних процесів (наприклад в нафтогазовій промисловості).

У додатках наведені структуровані фактичні дані по свердловинах «Укрнафта Буріння» ПАТ «Укрнафта» із виділеними ситуаціями прийняття рішень, описано функціональність розробленої інтелектуальної системи, а також представлено акти щодо впровадження отриманих теоретичних і практичних результатів дисертаційних досліджень.

## ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення важливої науково-практичної задачі в галузі інтелектуальних інформаційних систем та технологій – розроблено метод і систему інтелімедійної підтримки прийняття рішень при виконанні технологічних операцій процесу буріння нафтових і газових свердловин. В роботі отримано такі основні результати:

1. Запропоновано основну ідею функціональності автоматизованої інтелектуальної системи на основі обмежень як ідею створення середовища підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності при вирішенні оператором технологічних проблем на основі інтелектуальних засобів виявлення помилок та генерації зворотного зв'язку на основі мультимедійного контенту.

2. В результаті дослідження практичної діяльності операторів технологічних процесів в нафтогазовій предметній області, визначено, що більшість знань операторів мають декларативну природу, в той час як реальні задачі прийняття рішень вимагають процедурних алгоритмічних знань, що є потенційним джерелом помилок.

3. Запропонована стратегія функціонування інтелімедійної автоматизованої системи полягає в тому, що при рішенні технологічних проблем і відповідному виявленні помилки виконується модифікація процедурних знань шляхом включення порушеного правила, порушення якого є причиною виникнення помилки, що визначає динаміку знань в напрямі орієнтованого перетворення декларативних знань в процедурні. В якості основного елемента автоматизованої інтелектуальної системи на основі обмежень виділено обробку помилок в процесах виявлення, класифікації та корекції.

4. Запропонований формально-логічний апарат дозволяє моделювати технологічний процес на основі помилок. Відповідно коректні рішення розглядаються як такі, що не порушують обмеження в накладеній на домен ієрархії обмежень. При рішенні технологічної проблеми об'єкт прийняття рішень переміщується по певній послідовності станів із множини можливих і в кожен момент часу знаходиться в певному виділеному стані, що є підмножиною однієї з технологічних проблем, які виникають в виділеному технологічному процесі. Відповідно накладання множини обмежень дозволяє виділити класи еквівалентностей для множини станів технологічної проблеми. В межах класу

еквівалентності система використовує одну і ту саму структуру та наповнення зворотного зв'язку, тому всі стани проблеми в межах класу еквівалентності розглядаються як тотожні. Технологічно повідомлення зворотного зв'язку прикріплюється безпосередньо до обмежень на рівні множини, системи або ієрархії.

5. Представлена модель домену технологічної проблеми розглядається як сукупність правил виду: якщо умова релевантності з коефіцієнтом впевненості тоді умова задоволення з коефіцієнтом впевненості. Коефіцієнт впевненості, в даному випадку, інтерпретується як коефіцієнт релевантності, як ваговий, ймовірнісний, можливісний або коефіцієнт преференції.

6. Представлені системи на основі обмежень виконують оцінку рішень запропонованих об'єктом прийняття рішень шляхом співставлення їх з відповідною доменною моделлю, що визначається накладеною множиною обмежень. Представлена процедура виконується як послідовність кроків: виділення шаблонів умов релевантності і шаблонів умов задоволення; співставлення шаблонів релевантності із відповідним станом проблеми; перевірка умови задоволення релевантних обмежень; перевірка задоволеності (порушення) обмеження, шляхом співставлення шаблону його умови задоволення стану проблеми.

7. Представлено процедуру побудови моделей об'єкта прийняття рішень в поточній, короткотривалій та довготривалій формах.

8. В якості основного завдання інтелектуальної автоматизованої системи на основі обмежень визначено підтримку рішення технологічних проблем шляхом реалізації системи у вигляді доменно та предметно незалежної інтелектуальної оболонки на основі інтерфейсної реалізації; забезпечення підтримки рішення технологічних проблем засобами зворотного зв'язку із об'єктом; підтримка рішення технологічних проблем на основі ведення контекстозалежних та релевантних діалогів з користувачем.

9. Представлення декларативних знань в формі обмежень високого рівня абстракції дозволяє виконувати ідентифікацію помилок відповідно таких знань робить неможливим розрізнення хибних, коректних та релевантних знань з метою корекції помилок. Таким чином, в пропонованому підході роль системи обмежень до технологічних проблем зводиться до класифікації та аналізу помилок і формування зворотного зв'язку. Основною ідеєю механізму функціонування автоматизованої інтелектуальної системи на основі обмежень є співставлення рішення об'єкту ППР з множинами, системами та ієрархіями обмежень, що описують технологічну проблему.

10. Реалізовано інтелектуальні функції автоматизованої інтелектуальної системи на основі обмежень шляхом взаємодії системи з об'єктом прийняття рішень, з активацією релевантних доменних знань для об'єкту відповідно до його профілю. Відповідно ефективність зворотного зв'язку оцінюється шляхом вказання місця виникнення помилки; ідентифікації та класифікації помилки, співвіднесення її до певної ієрархії помилок, виділення складових помилки та її можливих рівнів; виділення релевантних концепцій предметної області як основи побудови коректного рішення.

11. Виконано класифікацію рівнів зворотного зв'язку виду: 1) <<так>>, <<ні>>, <<так:cf>>, <<ні:cf>>,  $cf \in [0..1]$ ; 2) прапорець помилок; 3) виведення повідомлення про суть помилки; 4) виведення частини правильного рішення; 5)



виведення повного правильного рішення; 6) виведення всіх помилок; 7) візуалізація ієрархій помилок та порушених обмежень.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Публікації в наукових фахових виданнях України*

1. Мельник В.Д., Демчина М.М., Шекета В.І. Технології інтерпретації документів в інтелектуальних системах дистанційного навчання. Вісник Кременчуцького нац. ун-ту ім. М. Остроградського. 2011. № 3 (68). С.18-22.

*Здобувачем показано підхід до інтерпретації даних в інтелектуальних системах на основі критеріїв релевантності з введеними ваговими значеннями.*

2. Мельник В.Д., Шекета В.І., Демчина М.М. Виведення значень логічних параметрів в інтелектуальних системах дистанційного навчання. Вісник Хмельницького нац. ун-ту. Технічні науки : наук. журнал. 2011. № 1. С. 118-122.

*Здобувачем представлено формально-логічне обґрунтування використання коефіцієнтів впевненості в інтелектуальних системах на основі баз даних та знань з введеними логічними параметрами.*

3. Вовк Р.Б., Шекета В.І., Мельник В.Д. Система інтелектуальної підтримки прийняття рішень при контролі технологічних параметрів. Методи та прилади контролю якості = Methods and devices of quality control: науково-технічний журнал / За ред. І. С. Кісіля; ІФНТУНГ. 2012. № 2 (29). С. 119-129.

*Здобувачем представлено формальний опис функціональності інтелектуальної системи на основі обмежень як середовища підтримки прийняття рішень.*

4. Вовк Р.Б., Мельник В.Д., Гобир Л.М. Подання та оброблення технологічних знань про процес буріння на основі обмежень. Науковий вісник ІФНТУНГ. 2013. №1(34). С. 73-81.

*Здобувачем обґрунтовано методи роботи із знаннями про процес буріння на основі теорії представлення та задоволення обмежень.*

5. Шекета В.І., Демчина М.М., Мельник В.Д. Імплементация інтелектуальної стратегії прийняття рішень у процесі буріння. Нафтогазова енергетика: Всеукраїнський науково-технічний журнал. 2013. №2(20). С. 38-50.

*Здобувачем обґрунтовано, що підтримка прийняття рішень на основі контрольованих параметрів буріння дозволяє зменшувати його вартість та мінімізувати ймовірність виникнення нештатних аварійних ситуацій.*

6. Мельник В.Д. Абдуктивне виведення знань про процес буріння на основі мультимедійних даних про бурове обладнання. Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. 2016. №1(40). С.80-91.

*Здобувачем представлено застосування методології логічного програмування в обмеженнях до задач видобування мультимедійних даних.*

7. Шекета В.І., Мельник В.Д., Гобир Л.М. Інтелімедійна інформаційна система підтримки прийняття рішень в процесі буріння. Проблеми інформаційних технологій : науковий журнал ВАК. 2016. №01(019) травня. С.96-116.

*Здобувачем окреслено основні функції інтелімедійної системи та пояснено спосіб її імплементації та функціонування.*

8. Мельник В.Д. Формальна структура кейсів технологічних проблем в процесі побудови їх рішень на основі обмежень. Математичні машини та системи: науковий журнал Інституту проблем математичних машин та систем НАН України. 2016. №2. С. 116-127.

*Здобувачем визначено та формалізовано очікувані класи кейсів технологічних проблем в інтелімедійній системі зі структурою оцінювань в формі вагових коефіцієнтів.*

***Публікації у наукових виданнях інших держав та у виданнях України, що включені до міжнародних науко метричних баз, зокрема SCOPUS, WoS та ін.***

9. Sheketa V., Melnyk V., Romanyshyn Y., Chesanovsky M. The Construction of Technological Problems Cases for the Purpose of Intelligible Control. Perspective technologies and methods in MEMS design (MemsTech' 2016): the XII th International Conference. Lviv-Polyana (Ukraine), 20-24 th April 2016. P.96-99.

*Здобувачем представлено спосіб сумаризації ваг в обмеженнях при оцінюванні ймовірнісних значень релевантності кейсів технологічних проблем.*

10. Vitaliy Melnyk, Roman Vovk, Mykola Demchyna. Frame Based Approach to Construction of Intelligent System for Student Knowledge Control. 2010 IEEE Xth International Conference Modern Problems Of Radio Engineering, Telecommunications And Computer Science: Proceedings, Lviv-Slavske, February 23-27, 2010. P.287.

*Здобувачем представлено спосіб формулювання навчальних технологічних проблем засобами експертних систем.*

***Матеріали й тези Міжнародних і Всеукраїнських наукових та науково-практичних конференцій***

11. Мельник В.Д. Використання продукційного підходу для інтелектуалізації діалогів з користувачем в системах дистанційного навчання. Радиоелектроника и молодежь в XXI веке: материалы XIII Международного молодежного форума, г. Харьков, 30 марта-1 апреля 2009. ч.2. С.168.

*Здобувачем представлено підхід до інтелектуалізації діалогів на основі категоризації даних.*

12. Мельник В.Д., Шекета В.І., Демчина М.М. Обробка суб'єктивних оцінок групи експертів в інтелектуальній системі дистанційного навчання. Математичне і програмне забезпечення інтелектуальних систем: матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф., м. Дніпропетровськ, 25-27 листопада 2009 р. С.184-185.

*Здобувачем запропоновано підхід до ранжування істинності на множині суб'єктивних оцінок.*

13. Мельник В. Д. Структуризація відповідей користувача в системі дистанційного навчання на основі експертних параметрів. Системний аналіз та

інформаційні технології: матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції, м. Київ, 26-30 травня 2009 р. С.348.

*Здобувачем визначено методологію формування експертних параметрів для обробки діалогів з користувачем.*

14. Мельник В.Д., Процюк В.Р., Процюк Г.Я. Представлення документів та їх класів в системах дистанційного навчання. Сучасні проблеми прикладної математики та інформатики: матеріали XVI Всеукраїнської наукової конференції, м. Львів, 8-9 жовтня 2009 р. С.143.

*Здобувачем розроблено структурування типів документів з огляду на мультимедійність контенту.*

15. Мельник В.Д., Шекета В.І., Демчина М.М. Прийняття рішень при модифікації запитів в системі дистанційного навчання. Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем: матеріали шостої Міжнародної конференції, м. Київ, 8-10 грудня 2009 р. С. 149-156.

*Здобувачем обґрунтовано спосіб представлення знань в контексті підтримки прийняття рішень, що базується на множині виділених керованих параметрів.*

16. Мельник В.Д. Побудова контенту навчального матеріалу орієнтованого на знання. Математичне і програмне забезпечення інтелектуальних систем: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції, м. Дніпропетровськ, 10-12 листопада 2010 р. С. 148.

*Здобувачем обґрунтовано доцільність використання мультимедійного контенту в знання-орієнтованому середовищі.*

17. Демчина М.М., Мельник В.Д., Гобир Л.М. Застосування функцій доцільності при прийнятті рішень щодо оптимізації технологічних параметрів. Математичне та імітаційне моделювання систем МОДС 2013: матеріали восьмої міжн. наук.-практ. конференції: тези доповідей, м. Чернігів-Жукин, 24-28 червня 2013 р. С. 145-149.

*Здобувачем представлено механізм використання функцій доцільності в середовищі інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень.*

18. Мельник В.Д., Якубів Т.Р. Побудова інтелектуальних навчальних систем на основі мультиагентних технологій. Інформаційні технології в освіті, науці, техніці та промисловості : зб. тез доповідей Всеукр.наук.-практ. конференції аспірантів, молодих учених та студентів, м. Івано-Франківськ, 8-11 жовтня 2013 р. С. 98-100.

*Здобувачем обґрунтовано спосіб інтеграції знань в гетерогенному інформаційному середовищі.*

19. Мельник В.Д. Особливості представлення навчального контенту в інтелектуальній тьюторній системі на основі обмежень. Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем: тези доповідей XI міжнародної наук.-практ. конф., м. Дніпропетровськ, 20-22 листопада 2013 р. С. 157-159.

*Здобувачем сформульовано та досліджено концепцію інтелектуальних тьюторних систем на основі обмежень.*

20. Демчина М.М., Мельник В.Д., Бестильний М.Я. Інтелектуальний контроль параметрів буріння. Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання: збір. тез. доп. 4-ої наук.-практ. конф., м. Івано-Франківськ, 26-27 листопада 2013 р. С.41-43.

*Здобувачем обґрунтовано концепцію інтелектуального контролю параметрів буріння на основі графа знань.*

21. Демчина М.М., Юрчишин В.М., Мельник В.Д. Дослідження функціонування бази знань системи адаптивного тестування. Сучасні інформаційні технології в дистанційній освіті: зб. тез доповідей III Всеукраїнської науково-практичного семінару, м. Івано-Франківськ, 22-24 вересня 2014 р. С.97-100.

*Здобувачем сформовано та розгорнуто діалогове формування правил.*

22. Мельник В.Д., Шекета В.І., Романишин Ю.Л., Гургула О.Б. Застосування інтелімедійних інформаційних технологій в навчальному процесі. Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 23-28 травня 2016 р. С. 62-64.

*Здобувачем виконано інтеграцію технологій інтелектуальних систем та концепцій мультимедійних систем даних в процесі накладання та задоволення обмежень.*

23. Юрчишин В.М., Чесановський М.С., Стисло Т.Р., Мельник В.Д. Побудова знання-орієнтованого управління технологічними процесами нафтогазової галузі. Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості: матеріали III всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів, м. Івано-Франківськ, 10-13 жовтня 2017 р. С. 15-17.

*Здобувачем концептуалізовано підхід до знання-орієнтованого керування процесами в нафтогазовій галузі.*

24. Юрчишин В.М., Стисло Т.Р., Стисло О.В., Гобир Л.М., Мельник В.Д. Інтелімедійні методи контролю якості бурового обладнання. Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання: зб. матеріалів доповідей восьмої міжнар. наук.-техн. конф. пам'яті професора Ігоря Кісіля, м. Івано-Франківськ, 14-16 листопада 2017 р. С. 175-177.

*Здобувачем обґрунтовано процес переходу від рівня входжень інтелімедійних даних до рівня входжень інтелімедійних знань.*

25. Мельник В.Д., Шекета В.І. Інтелімедійні засоби підтримки прийняття рішень в нафтогазовій справі. Молодий вчений: науковий журнал. 2019. № 5 (69) травень. С. 268-271.

*Здобувачем обґрунтовано структуру використання інтелімедійних засобів в задачах інтелектуальної підтримки прийняття рішень.*

26. Мельник В.Д. Структуризація тьюторних складових навчальних систем. Міжнародний науковий журнал «Інтернаука».2020. № 3 (83), 1 т. С. 47-50.

*Здобувачем розглянуті теоретичні та прикладні особливості віртуалізації тьюторних підходів для комп'ютер-базованих тренінгів.*

## АНОТАЦІЯ

**Мельник В. Д. Інтелімедійна автоматизована система підтримки прийняття рішень при бурінні нафтогазових свердловин. – На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – «Автоматизація процесів керування». – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Міністерство освіти і науки України, Івано-Франківськ, 2021.

Дисертацію присвячено розробці методу інтелімедійної підтримки прийняття рішень в процесі буріння нафтогазових свердловин на основі методології масштабованих маркерів, що розглядається як основний елемент технології інтелектуального тренінгу з використанням тьюторних тренажерів як виду інтелектуальних автоматизованих систем. При побудові концептуальної предметної моделі інтелімедійної інформаційної системи виконано моделювання основних компонентів автоматизованих тренінгових систем у формі інтелектуальних тренажерів з точки зору особливостей представлення контенту тренінгового матеріалу та методів тестування, що застосовуються, в тому числі в формі емуляції ситуацій підтримки прийняття керуючих технологічних рішень.

Досліджено формальні основи процесу моделювання контенту інтелімедійної автоматизованої системи на основі базової технології представлення та задоволення обмежень шляхом введення технологічних проблем з накладеними обмеженнями як ситуацій інтелектуальної підтримки прийняття рішень засобом реалізованих інтелектуальних функцій інтелімедійної системи. Визначена структура релевантності щодо умов задоволення технологічних обмежень в контексті прийняття рішень, що дозволяє введення метричних характеристик формальних конструкцій в процесі побудови та імплементації абдуктивного виведення знань на основі мультимедійних входжень. Для рішення даної задачі досліджено сутність та види абдуктивних міркувань з введеними ймовірнісними складовими процесу інтерпретації, що дозволило оцінити ефективність абдуктивного підходу в цілому при вирішенні задач класифікації на множині мультимедійного контенту з метою подальшої імплементації релевантних доменних знань, в тому числі шляхом їх видобування на основі мультимедійних даних з регульованою ймовірнісною оцінкою в формі коефіцієнтів впевненості для заданих формальних конструкцій.

Запропоновано структуру алгоритмічного та програмного забезпечення системи інтелімедійної підтримки прийняття рішень на основі методології масштабованих графічних маркерів з накладеними обмеженнями.

**Ключові слова:** інтелімедіа, інтелектуальна підтримка прийняття рішень, буріння нафтових і газових свердловин, графічні маркери, масштабованість, правила, бази знань, абдуктивний фреймворк, коефіцієнти впевненості, обмеження, растрові зображення, відеофайли.

## ABSTRACT

### **V. D. Melnyk. The intellimedia automated system for decisions support by the drilling of the oil and gas wells. – The manuscript.**

The thesis for a candidate of technical sciences degree on speciality 05.13.07 – Automated systems. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ministry of Education and Science of Ukraine, Ivano-Frankivsk, 2021.

The thesis is devoted to the development of method for intellimedia based decision support in the process of drilling of oil and gas wells based on the methodology of scalable markers, treated as an essential part of the intelligent training technology with the use of tutor-simulators as an intelligent automated systems means. By the constructing of the conceptual model of the subject of intellimedia information system, the basic components of the automated training systems was modelled for achieving the form of intelligent simulators in terms of features that represent the content of training materials and the methods of testing, including in the form of decision-support situations emulation control for projected technological solutions.

The basics of simulation process for content of intellimedia automated system were studied based on the core technology of representation and constraint satisfaction theory by introducing the concept of technological problems with constrains situations as intelligent decision support tool implemented main intelligent features of intellimedia system. The structure meets the relevant conditions regarding technological constrains in the context of decision making and it allows the introduction of metric characteristics of formal structures in the process of building and implementing knowledge abductive output based on multimedia entries. The essence and types of abductive reasoning with imposed probabilistic component of the interpretations were analysed that allowed to evaluate the effectiveness of abductive approach as a whole by solving problems of classification on the set of multimedia content in order to facilitate the implementation of relevant domain knowledge, including their extraction from media with variables probabilistic estimation in the form of confidence factors for scalable markers with imposed constraints tool developing.

The structure of algorithmic and system software for decision-making support based on the methodology of scalable graphic markers with imposed constraints was created for the existing intellimedia environment.

**Keywords:** intellimedia, intelligent decision support, drilling of oil and gas wells, graphic markers, scalability, rules, knowledgebases, abductive framework, certainty coefficients, constraints, bitmap images, videos.

Підписано до друку 17.08.2021 р.  
Формат 60x84 1/16. Умов. друк. арк. 0,9.  
Папір офсетний. Гарнітура “Times New Roman”.  
Друк цифровий. Зам № 526.  
Наклад 100 примірників.



Видавець Кушнір Г. М.  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів  
видавничої продукції: серія ІФ №31 від 26.01.2009 р.  
76000, м. Івано-Франківськ, вул. Шота Руставелі, 1,  
тел. (099) 700-47-45, e-mail: kgm.print@i.ua