

то  $F_1(n)$ ,  $F_2(n)$  є порожніми множинами. З вище означеними функторами  $F_1, F_2$  ми можемо зв'язати множину  $P$  з скінченою множиною параметрів, які характеризують КОЛЕКТОРИ.

На даному етапі розвитку геодезичних методів відомо досить багато факторів, не зв'язаних між собою, які прогнозують колектор: сейморозвідка, електророзвідка, гравірозвідка, акустична розвідка, аналіз керну, якісний та кількісний склад наявних геотермальних вод [5].

**Висновки.** Виконано узагальнення і структуризація даних, які будуть використані для інформаційних систем, необхідних для прийняття рішень при розробці перспективних геотермальних родовищ Прикарпаття. Введено підхід до опису геотермального покладу області на категорійному рівні за допомогою предикатних схем, що дає змогу зображати зв'язки і відмінності між різними об'єктами даної предметної області.

#### Список літератури

1. Bojan Stoyanov, Anthony Taylor. Geothermal resources in Russia & Ukraine. November 22, 1996, p. 11 – 15.
2. The Italian geothermal database. Proceedings World Geothermal Congress 2000. Kyushu – Tohoku, Japan, May 28 – June 10, 2000, pp. 3991 – 3992.
3. Шекета В.І. “Побудова інформаційної предикатної схеми, як середовища виконання трансформації запитів користувача по напівструктурованій інформації нафтогазової предметної області” Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу /Технічні науки – 2003. №2(6).-С.50-57.
4. F. Piessens, E. Steegmans "Categorical data-specification" Theory and Application of Categories, vol. 1, No. 8, 1995, pp.156-173.
5. Бойчук Л.О. Управление процессом прогнозирования наличия геотермальных вод на истощенных нефтегазовых месторождениях/ Бойчук Л.О., Яцышин Н.Н. Юрчишин В.Н.// Материалы XI Международной научно-технической конференции : Кибернетика и высокие технологии XXI века (С&Т-2010).- 12–14 мая 2010 года, Воронеж, Россия .- Воронеж.: ВГУ, 2010.- с. 343-351.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Слесарєвим В.В.  
Надійшла до редакції 18.05.11*

УДК 004.942:622.286

© М.М. Демчина, В.Р. Процюк, В.І. Шекета

## **МОДЕЛЮВАННЯ НАФТОГАЗОВОЇ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ НА ОСНОВІ ФРЕЙМОВО-ПРОДУКЦІЙНОГО ПІДХОДУ**

Для нефтегазового объекта введено описание его характеристик и свойств в форме числовых и логических атрибутов, а также атрибута категории. Описана структура типичных производственных правил для информационных интеллектуальных систем промышленного применения. Представлена формальная фреймовая модель предметной области с введенной доменной иерархией, уровни которой описываются правилами.

Для нефтегазового объекта введено описание его характеристик та властивостей в формі числових, логічних та категорійних атрибутів. Описано структуру типових продукційних

правил для інформаційних інтелектуальних систем промислового застосування, визначено їх необхідні та достатні складові. Представлено формальну фреймову модель предметної області з введеною доменною ієрархією, рівні якої описуються правилами.

For introduced oil and gas object there is presented the description of his properties in the form of numerical, logical and categorical attributes. The structure of typical production rules for intelligible systems of industrial use is described, and their necessary and sufficient parts are defined. The formed frame model of subject area with introduced domains hierarchy is constructed with levels in the form of rules.

Фреймовий підхід для представлення знань базується на теорії фреймів. Дана модель часто розглядається як добре структуризована, об'єктно-орієнтована модель предметної області. В найпростішій інтерпретації фрейми це структури для зберігання даних та знань [1-2]. Фреймова інформація категоризується по кількох рівнях: перший рівень описує спосіб використання фрейму; другий рівень – очікувану поведінку фрейму; третій рівень – нестандартні ситуації. Фрейм розглядається як контейнер для знань і в той же час, як входження бази даних. Крім того фрейм представляє вузькоспеціалізовані зв'язані знання по виділеній темі з частиною входжень визначених як значення по замовчуванню. Важливим елементом також є можливість застосування ієрархії фреймів, в якій введена операція наслідування є подібною до об'єктно-орієнтованих реалізацій в імперативних мовах програмування. Використання операцій наслідування відкриває широкі можливості щодо побудови ієрархій фреймів, які на відміну від ієрархій класів ООП можуть мати відмінну структуру та наповнення фреймів на всіх рівнях, ідентичну структуру та наповнення, ранжованість структури та наповнення, наслідування у формі заміщень по структурі та наповненню. Ієрархія фреймів крім властивостей зв'язаності її рівнів дозволяє також виконувати стратифікацію контенту предметної області, виконуючи виділення та класифікацію ситуацій, що представляється у формі секцій або доменів. В кожному вузлі фрейму розміщуються відповідно декларативні описи ситуацій або послідовності дій. Адаптивність фрейму забезпечується тим, що частина вузлів не заповнені конкретними даними, а тільки їх прототипами представленими також у формі умовних заміщень, де вибір значень залежатиме від виконання певних умов.

В залежності від виду застосування фрейми поділяють на: ситуаційні, рольові, семантизовані, декларативні, структурні, фрейми-сценарії. По характеру знань фрейми можуть описувати причинно-наслідкові зв'язки в формі декларативних описів ситуацій та послідовності дій як імплементації декларативності ситуацій предметної області. Доменно-секційні фрейми описують знання релевантні до певних ситуацій.

Проте недослідженою є проблема застосування фреймового підходу для представлення знань нафтогазової предметної області на виділеній множині об'єктів та правил.

**Метою** даної статті є розробка формальної та структурної основи для моделювання нафтогазових об'єктів на основі фреймових конструкцій.

**Означення 1.** Знаннями про *нафтогазовий об'єкт* будемо вважати інтерпретацію в термінах штучного інтелекту сукупності даних, понять, фактів та

закономірностей нафтогазової предметної області, що об'єднуються певною ознакою яка дозволяє представлення цілісної структури.

Згідно [3] під нафтогазовим об'єктом будемо розуміти також концепцію предметної області, яка може бути кінцевим набором характеристик. Для опису нафтогазового об'єкту потрібно вказати його розміри, форму та склад, а також охарактеризувати його будову (структуру), для чого потрібно зазначити положення його елементів у просторі станів. Нафтогазові об'єкти, які описуються одним і тим самим повним набором даних будемо вважати однотипними об'єктами. В даному випадку дані – це мінімальна, неподільна семантична одиниця інформації про нафтогазовий об'єкт, яка складається з елементів подальший поділ яких втрачає смисловий зміст. За допомогою даних є можливим відображення певних властивостей об'єкта, інформація про який зберігається в пам'яті комп'ютера. За структурованістю знання та дані які описують нафтогазові об'єкти поділяються на структуровані, слабоструктуровані та неструктуровані, що являють собою слабоформалізовані або неформалізовані знання та дані.

Прикладом нафтогазового об'єкту може бути резервуар, пастка, поклад, частина покладу, пласт, сукупність пластів, колектор, свердловина тощо. Під час опису параметрів об'єктів такого типу потрібно вказувати відомості про степінь освоєння даного об'єкта, фазовий стан флюїду, літологію колектора, просторове розташування, (нафтогазоносна провінція, область, район і т.д.), тектонічна належність (ера, система, відділ, ярус, світа, горизонт), стратиграфічна належність (блок, склепіння), літологія колектора (пісковики, вапняки, доломіти, гравеліти, тощо).

**Означення 2.** *Базою знань* нафтогазової предметної області (*KB – Knowledge Base*) будемо називати структуру представлення та управління наборами фактів, правил та процедур логічного висновку на множині нафтогазових об'єктів.

База знань нафтогазової предметної області може бути представлена у вигляді файлу в якому зберігається інформація про такі компоненти бази знань як об'єкти, правила, домени та функції. Структура такого файлу визначає взаємозв'язок між окремими його складовими та взаємодію між компонентами, які складають основу всієї системи.

Основною структурною одиницею нафтогазової предметної області є об'єкт який має певні характеристики та властивості, що описуються за допомогою атрибутів, які в свою чергу можуть бути одного із трьох типів: числового, логічного та категорійного. Наприклад, для об'єкту «Пласт» типовими атрибутами є тип колектора, наявність залишкової нафтонасиченості, пластова температура, які можуть приймати певні значення. Так категорійний атрибут «тип колектора» може приймати значення тріщинуватий, тріщинувато-поровий, поровий та прошаркуватий. Атрибут «наявність залишкової нафтонасиченості» є логічним атрибутом, який може набувати одного із трьох можливих значень: так, ні, не відомо, а числовий атрибут «пластова температура», відповідно може приймати значення з числового діапазону від 0 до 200. Аналіз існуючих інформаційних інтелектуальних систем на основі баз даних та знань для нафтогазової

предметної області [3] дозволяє в якості ефективного механізму представлення, збереження та підтримки знань використовувати набори правил. Наприклад для промислової задачі «обмеження припливу пластових вод» використовуються типові правила виду:

**якщо**  $A_{11} = V_{11} \text{ і } A_{12} \geq V_{12} \text{ і } A_{13} \leq V_{13}$  **тоді активація**  $D_{11}$ ,

де  $A_{11}$  = «Колектор»;  $A_{12}$  = «Пластова температура»;  $A_{13}$  = «Пластова температура»;  $V_{11}$  = «прошаркуватий»;  $V_{12}$  = «50 \*C»;  $V_{13}$  = «80 \*C»;  $D_{11}$  = «Техн 10 мости (100)».

**якщо**  $A_{21} = V_{21}$  **або**  $A_{22} = V_{22}$  **тоді активація**  $D_{21}$ ,

де  $A_{21}$  = «Пластова вода»;  $A_{22}$  = «Пластова вода»;  $V_{21}$  = «верхня»;  $V_{22}$  = «нижня»;  $D_{21}$  = «Тампонування (100)».

**якщо**  $A_{31} = V_{31} \text{ і } A_{32} \geq V_{32} \text{ і } A_{33} \leq V_{33}$  **тоді твердження**  $C_{31}$ ,

де  $A_{31}$  = «Експлуатаційна колона»;  $A_{32}$  = «Допустимий час витримки»;  $A_{33}$  = «Граничний градієнт тиску»;  $V_{31}$  = «герметична»;  $V_{32}$  = «48 год.»;  $V_{33}$  = «2 МПа/м»;  $C_{31}$  = «Номер технології = 7 (100)».

**якщо**  $A_{41} = V_{41}$  **або**  $A_{42} = V_{42}$  **тоді твердження**  $C_{41}$ ,

де  $A_{41}$  = «Колектор»;  $A_{42}$  = «Колектор»;  $V_{41}$  = «поровий»;  $V_{42}$  = «прошаркуватий»;  $C_{41}$  = «Номер технології = 4 (100)».

Для задачі «прогнозування нафтогазових покладів»:

**якщо**  $A_{11} > V_{11} \text{ і } A_{12} \leq V_{12} \text{ і } A_{13} > V_{13}$  **тоді активація**  $D_{11}$ ,

де  $A_{11}$  = «Розмір тріщин»;  $A_{12}$  = «Пластова температура»;  $A_{13}$  = «Мінералізація води»;  $V_{11}$  = «10 мм»;  $V_{12}$  = «40 \*C»;  $V_{13}$  = «10 г/л»;  $D_{11}$  = «Техн 11 бар'єри (100)».

**якщо**  $A_{21} = V_{21}$  **або**  $A_{22} = V_{22}$  **тоді активація**  $D_{21}$ ,

де  $A_{21}$  = «Колектор»;  $A_{22}$  = «Колектор»;  $V_{21}$  = «поровий»;  $V_{22}$  = «прошаркуватий»;  $D_{21}$  = «Техн 13 мости (100)».

**якщо**  $A_{31} = V_{31} \text{ і } A_{32} = V_{32} \text{ і } A_{33} \geq V_{33} \text{ і } A_{34} \leq V_{34}$   
**тоді твердження**  $C_{31}$ ,

де  $A_{31}$  = «Експлуатаційна колона»;  $A_{32}$  = «Вибій свердловини»;  $A_{33}$  = «Допустимий час витримки»;  $A_{34}$  = «Граничний градієнт тиску»;  $V_{31}$  = «герметична»;  $V_{32}$  = «незабруднений»;  $V_{33}$  = «48 год.»;  $V_{34}$  = «2 МПа/м»;  $C_{31}$  = «Технологія 13 (100)».

**якщо**  $A_{41} = V_{41}$  **або**  $A_{42} = V_{42}$  **тоді твердження**  $C_{41}$ ,

де  $A_{41}$  = «Пластова вода»;  $A_{42}$  = «Пластова вода»;  $V_{41}$  = «верхня»;  $V_{42}$  = «нижня»;  $C_{41}$  = «Напрямок ОППВ - тампонування за колонного простору (100)».

Для задачі «прогнозування нафтогазових колекторів»:

**якщо**  $(A_{11} = \text{true} \text{ і } A_{12} \geq V_{11})$  **експертна порада**  $C_{11}$

**якщо не**  $(A_{13} = \text{true})$  **або не**  $(A_{14} \geq V_{12})$  **експертна порада**  $C_{12}$ ,

де  $A_{11}$  = «прогноз\_колектор»;  $A_{12}$  = «пористість\_відкрита»;  $A_{13}$  = «прогноз\_колектор»;  $A_{14}$  = «пористість\_відкрита»;  $V_{11}$  = «10»;  $V_{12}$  = «10»;  $C_{11}$  = «Порода належить до класу колекторів»;  $C_{12}$  = «Порода не належить до класу колекторів».

**якщо** ( $A_{21} = \text{true}$  **і**  $A_{22} \leq V_{21}$ ) (**експертна порада**  $C_{21}$ , **стоп**)  
**якщо не**( $A_{23} = \text{true}$ ) **або не** ( $A_{24} \leq V_{22}$ ) (**експертна порада**  $C_{22}$ , **виклик процедури**) **якщо** ( $A_{25} = \text{true}$ ) (**експертна порада**  $C_{23}$ , **стоп**)  
**якщо не** ( $A_{26} = \text{true}$ ) (**експертна порада**  $C_{24}$ , **вихід**) ,

де  $A_{21}$  = «прогноз\_продуктивний\_колектор»;  $A_{22}$  = «коефіцієнт\_водонасичення»;  $A_{23}$  = «прогноз\_продуктивний\_колектор»;  $A_{24}$  = «коефіцієнт\_водонасичення»;  $A_{25}$  = «прогноз\_колектор»;  $A_{26}$  = «прогноз\_колектор»;  $V_{21}$  = «3.5»;  $V_{22}$  = «3.5»;  $C_{21}$  = «Порода належить до класу продуктивних колекторів»;  $C_{22}$  = «Порода не належить до класу продуктивних колекторів»;  $C_{23}$  = «Порода належить до класу колекторів»;  $C_{24}$  = «Порода не належить до класу колекторів».

**якщо** ( $A_{31} = V_{31}$ ) **виконати**  $D_{31}$ ,

де  $A_{31}$  = «родовище»;  $V_{31}$  = «Руденківське»;  $D_{31}$  = «Руденківське».

Правила містять змінні (V) які замінюють певну сукупність фактів. Так фактичним значенням атрибуту (A) – «Колектор» є змінна «прошаркуватий», а значенням змінної «Пластова температура» – число 50.

Для активації правил використовуються домени (D), які виступають в ролі специфічних контейнерів для зберігання певного набору правил. Так як правила можуть використовуватися в процесі висновку (C) тільки у випадку, якщо їхній домен є активним, то існує концепція головного домену (main domain), який є завжди активним. Активація інших доменів здійснюється через умову, яка визначається набором правил.

В якості механізму розширення функціональності системи використовуються функції, що дозволяють виконувати математичні операції над змінними, які можуть набувати певних фактичних значень і в результаті визначати характеристики та властивості нафтогазових об'єктів. Виклик функцій відбувається через механізм логічного висновку який формується набором правил.

На формальному рівні фреймову модель доцільно представляти кортежем виду:

$$FM = \langle FS, \{F_i.SS\}, DT, VR, RS, IR, \rangle, \quad (1)$$

де  $FM$  (*FrameModel*) – фреймова модель;  $FS$  (*FrameSet*) – множина фреймів;  $F_i.SS$  (*Frame<sub>i</sub>.SlotSet*) – множина слотів  $i$ -того фрейму;  $DT$  (*DataTypes*) – типи даних;  $VR$  (*ValuesRange*) – діапазон значень;  $RS$  (*RoutinesSet*) – множина процедур;  $IR$  (*InheritanceRelations*) – відношення наслідування.

Реалізація методики представлення знань про нафтогазові об'єкти у вигляді фреймів матиме вигляд, як на рис.1.

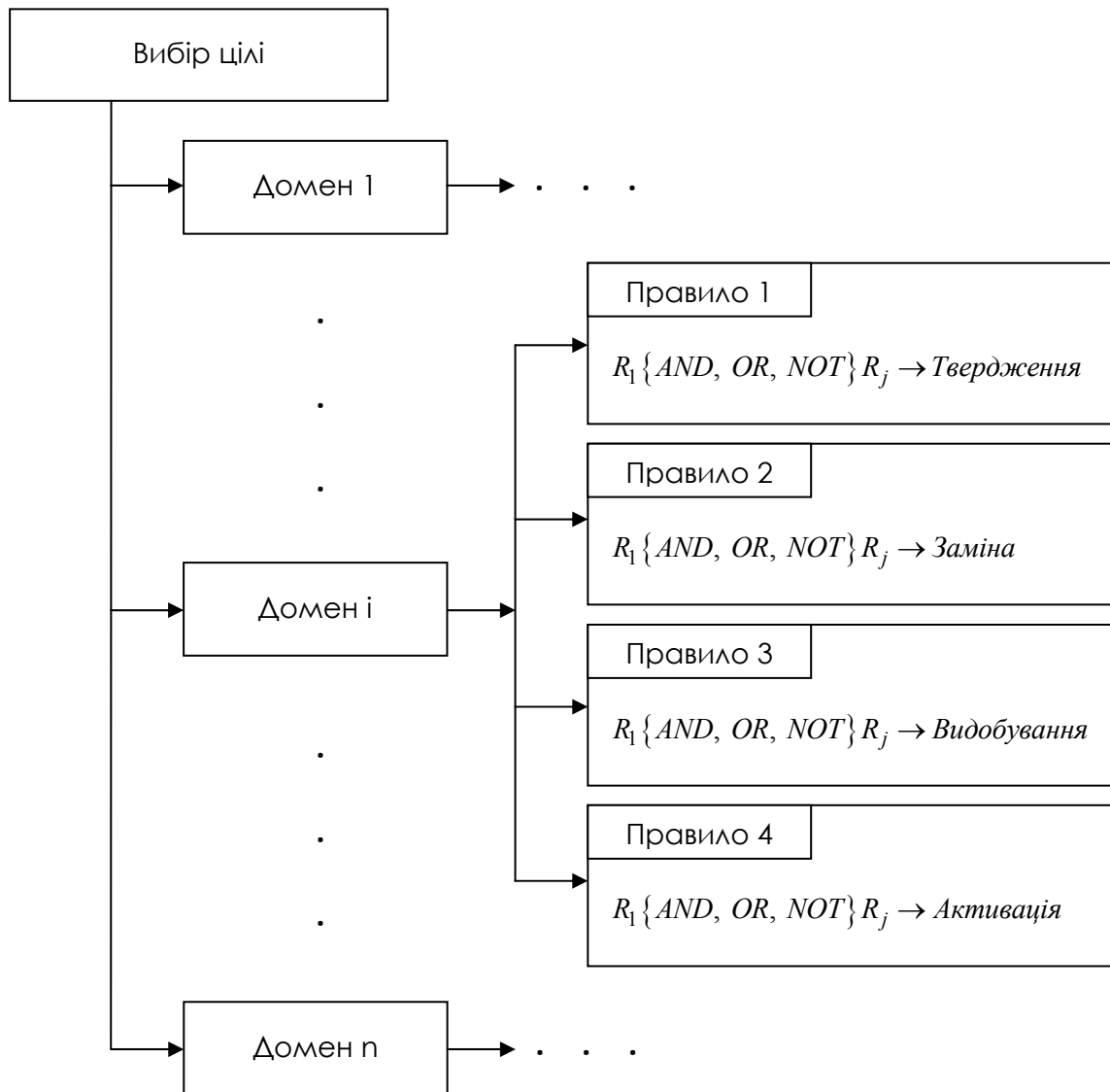


Рис. 1. Типова фреймова структура представлення знань нафтогазової предметної області

Відповідно до ситуації предметної області система вибирає певний фрейм з бази, що відповідає даному класу ситуації, виконує його узгодження з описом ситуації шляхом актуалізації певних даних з відповідних наборів, що відповідно призводить до отримання максимально адаптивного представлення фрейму. При такому підході система використовує два типи фреймів: прототипні фрейми із заданими значеннями комірок по замовчуванню та ініціалізовані фрейми з ініціалізованими значеннями комірок відповідно до фактичного стану предметної області. Такий опис дозволяє отримати деталізацію формальної структури фрейму у вигляді:

$$FrameStructure = \{ \langle Slot_1, Value_1 \rangle, \langle Slot_2, Value_2 \rangle, \dots, \langle Slot_k, Value_k \rangle \}, \quad (2)$$

де  $Slot_k$  –  $k$ -й слот;  $Value_k$  – значення  $k$ -го слоту.

Деталізація значень слотів може бути зведена до:

$$Slot_i.Value_i = \left\{ \left\langle Slot_i.Attr_{j_1}, Attr_{j_1}.Values^{set} \right\rangle, \dots, \left\langle Slot_i.Attr_{j_n}, Attr_{j_n}.Values^{set} \right\rangle; Ref_1, \dots, Ref_i \right\}, \quad (3)$$

де  $Slot_i.Attr_j$  - це  $j$ -й атрибут  $i$ -го слоту;  $Attr_j.Values^{set}$  - це множина значень  $j$ -го атрибуту;  $Ref_i$  - це посилання на інші слоти або фрейми.

Структуру слоту можна визначити формальною структурою виду:

$$SlotStructure = \left\{ SlotName, DateType, DefaultValue, InheritanceFeture, \right. \\ \left. Routines, Rules, Pictures, Remarks, Assumes \right\}, \quad (4)$$

де  $SlotName$  - ім'я слоту;  $DateType$  - тип даних;  $DefaultValue$  - значення по замовчуванню;  $InheritanceFeture$  - особливість наслідування;  $Routines$  - процедури;  $Rules$  - правила;  $Pictures$  - зображення;  $Remarks$  - коментарі;  $Assumes$  - припущення щодо стратегії поведінки.

Результати отримані в [3] показують, що з точки зору практичного застосування в нафтогазовій предметній області ефективним рішенням є побудова фреймової системи виду, як на рис.2.

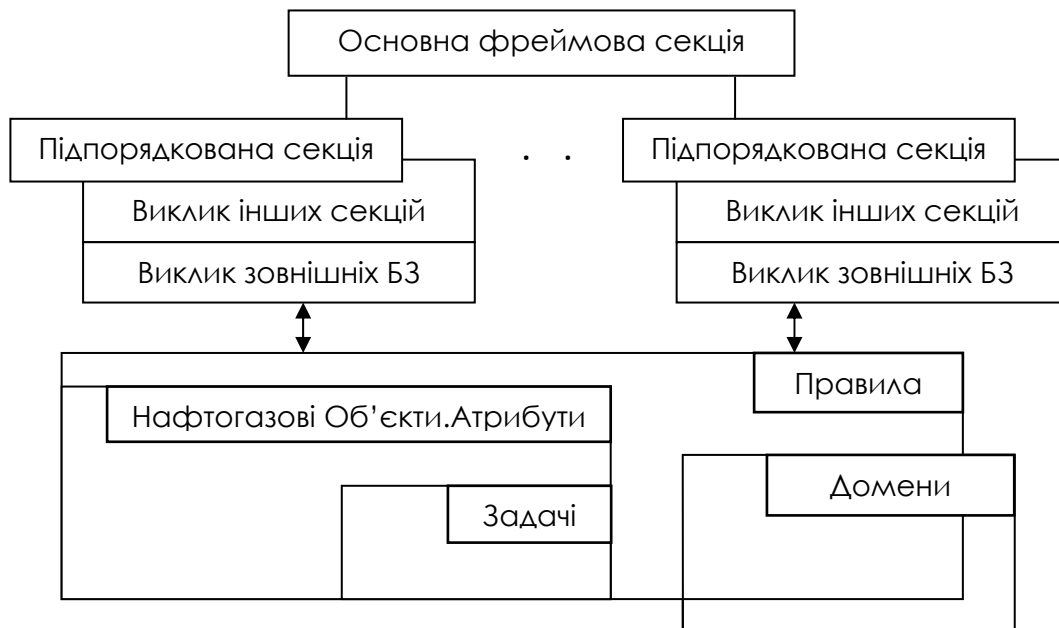


Рис. 2. Структура фреймово-продукційного підходу моделювання нафтогазових об'єктів

**Означення 3.** Фреймовою процедурою називають процедуру що запускається автоматично при досягненні певної умови (в основному при операціях із

вмістимим слотів). Розрізняють процедури-демони (що запускаються з поточного фрейму) і сервісні процедури, які запускаються з інших фреймів. У випадку баз знань нафтогазової предметної області такими процедурами в основному є засоби редагування цілей, доменів та правил.

Утворення бази знань на основі фреймів [4] передбачатиме процедуру контролю множини входжень яка дозволяє відповідно контролювати множину фреймів з метою уникнення повторних входжень.

**Означення 4.** Фреймовою системою називають сукупність фреймів з ієрархічною структурою, яка утворює одну з можливих моделей предметної області. В запропонованому підході введення фреймової системи на основі рішень представлених на рис. 1 та рис.2 дозволяє отримати продукційно-орієнтовані представлення для багаторівневої фреймової ієрархії, що реалізовує такі основні компоненти, як об'єкти, правила та домени. Введення ієрархії фреймів такого виду дозволяє виконувати таксономізацію та онтологізацію предметної області шляхом розміщення на верхніх рівнях більш значимих понять, які деталізуються на нижчих рівнях. Така ієрархія може функціонувати відповідно в статичному та динамічному режимі.

**Висновки.** В представленому дослідженні побудовано загальну структуру застосування фреймово-продукційного підходу при моделюванні нафтогазових об'єктів, а також для представлення знань про нафтогазову предметну область в інформаційних інтелектуальних системах на основі баз даних та баз знань. Імплементация отриманих формально-логічних рішень дозволяє поєднувати декларативні та процедурні знання в процесі послідовного уточнення рішень на множині впорядкованих та ієрархічно структуризованих предметних знань. Подальші дослідження даного напрямку будуть направлені на реалізацію практично орієнтованих шаблонів правил та фреймів.

#### Список літератури

1. Поспелов Д.А. Данные и знания. Искусственный интеллект / Д.А. Поспелов. – М.: Радио и связь. – 1990. – 300 с.
2. Vitaliy Melnyk, Roman Vovk, Mykola Demchyna. Frame Based Approach to Construction of Intelligent System for Student Knowledge Control // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та комп'ютерної інженерії: матеріали 10-тої Ювілейної міжн. наук.-тех. конф., 23-27 лютого 2010 р. – Львів, 2010 – С. 248-250.
3. Юрчишин В.М. Інформаційне моделювання нафтогазових об'єктів: монографія / Юрчишин В.М., Шекета В.І., Юрчишин О.В. – Івано-Франківськ: Вид-во Івано-Франківського нац. техн. ун-ту нафти і газу, 2010 – 196 с.
4. Демчина М.М. Застосування концептуальних елементів експертних систем для контролю знань / Демчина М.М., Шекета В.І., Федорак Р.М. // Комп'ютерні науки та інформаційні технології: матеріали IV Міжн. наук.-тех. конф. CSIT-2009., 15-17 жовтня 2009 р. – Львів, 2009 – С. 153-156.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Слесаревим В.В.  
Надійшла до редакції 19.05.11*