

УДК 681.3:533.98

## ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ГРАФІВ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ПРИ УПРАВЛІННІ НАФТОГАЗОВИМ ОБ'ЄКТОМ

© Юрчишин В.М., 2001

Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу

**Проаналізовано процес інформаційного моделювання в нафтогазовій предметній області. Запропонована методика побудови інформаційних моделей для нафтогазових об'єктів на основі теорії графів, що може бути використана для проектування інформаційних експертних систем підтримки прийняття рішень в нафтогазовій галузі.**

Використання сучасних інформаційних технологій в процесах підтримки прийняття рішення при управлінні нафтогазовим об'єктом розглядається нами в двох аспектах: з практичної і теоретичної точок зору. З практичної точки зору інформаційні технології уявляють собою сукупність автоматизованих процесів циркуляції і переробки інформації та опису цих процесів, що прив'язані до нафтогазової предметної області.

З теоретичної точки зору інформаційні технології розглядаються як науковий напрямок, що дає можливість дослідити проблеми розробки і застосування автоматизованих процесів циркуляції і переробки інформації з метою підтримки прийняття рішення при управлінні життєвим циклом нафтогазового родовища.

Дослідження нафтогазового об'єкта повинно включати в себе аналіз функціональної і організаційної структури одержання інформації, способів її обробки, маршрутів інформаційних потоків по внутрішнім і зовнішнім зв'язкам об'єкта [1].

Нехай задано множину  $X$ , яка складається з параметрів, які описують нафтогазовий об'єкт, і дано закон, що дозволяє встановити відповідність  $T$  між кожним елементом множини  $X$  і деякими з її підмножин. Позначимо через  $T_x$  підмножину, що відповідає параметру  $x$  підмножини  $X$ .

Дві математичні величини – «множина  $X$ » і «відповідність  $T$ » – визначають інформаційний граф, який позначимо як  $G = (X, T)$ . Параметри множини  $X$  будемо зображати точками і називати вершинами графа, а відповідність  $T$  відрізками, що з'єднують параметр з елементами підмножини  $T_x$ , – називати ребрами графа, що вказують на наявність інформаційних зв'язків між вузлами.

Рішення задачі аналізу інформаційних потоків при цьому зводиться до аналізу інтенсивності

взаємодії нафтогазових об'єктів, що моделюються, і групи кількісних та якісних даних, які описують ці об'єкти.

Оскільки вершинам графа відповідають джерела інформації, а ребрам – інформаційні потоки, то на основі інформаційного графа можна побудувати інформаційну матрицю

$$G = \| G_{ij} \| . \quad (1)$$

В цій матриці кожному об'єкту інформаційної моделі ставиться у відповідність набір характеристик кожного інформаційного зв'язку, а саме:  $G_{ij} = 1$ , якщо є інформаційний зв'язок між  $X_i$  та  $X_j$ ;  $G_{ij} = 0$  – якщо такий зв'язок відсутній.

Серед різноманітних методів моделювання інформаційних потоків найбільш ефективний і найбільш наглядний метод моделювання в нафтогазовій справі, на наш погляд, дає теорія графів.

Найбільш розвиненим в даний час методам кількісного опису і моделювання діяльності особи, що приймає рішення, дано аналіз в роботі [2]. Це алгоритмічний метод [3], структурно-алгоритмічний метод [4], узагальнений структурний метод [5]. Вказані підходи до інформаційного моделювання мають такі обмеження: відсутній процес прийняття рішення особою, що його приймає, як розумового акту, який реалізується з метою усунення деякої конфліктної ситуації в умовах невизначеності початкової інформації і шляхах її усунення; важко одержати достовірні дані про елементи діяльності особи, що приймає рішення в конкретній системі; діяльність особи, що приймає рішення – це цілесний процес з сильним зв'язком етапів, різним рівнем їх інтеграції і диференціювання.

Вказаних недоліків можна в значній мірі уникнути, якщо при моделюванні діяльності

використати експертну інформацію спеціалістів нафтогазової предметної області, а саму інформаційну модель розглядати як логіко-лінгвістичну [6].

Оскільки моделі прийняття рішення орієнтовані на імітацію людської діяльності, то при їх розробці необхідно враховувати три психологічні властивості користувача нафтогазової предметної області, який приймає рішення: свідому спрямованість, структурність і стохастичність [7]. Перша властивість передбачає активний характер формування цільової функції прийняття рішення фахівцем нафтогазової галузі. Структурність дає можливість встановити той факт, що для прийняття рішення необхідно виконати певну послідовність цілеспрямованих дій. Стохастичність обумовлена індивідуальними рисами фахівця нафтогазової галузі і особливостями умов, в яких приймається рішення на будь-якому етапі життєвого циклу нафтогазового родовища. Перелічені властивості за своїм характером протиречиві, тому що в практичній діяльності особи, що приймає рішення, виникають протиріччя. Наприклад, протиріччя усувають на основі досвіду та інтуїції з врахуванням цільової функції прийняття рішення при управлінні життєвим циклом нафтогазового родовища.

Як теоретичну основу розробки моделі прийняття рішення використаємо концепцію ідеалізованих і часткових структур, що запропонована А. Галактіоновим [8]. Згідно цієї концепції в багатоплановій діяльності фахівця нафтогазової галузі завжди існує постійна складова у вигляді ідеалізованої моделі. Ідеалізовані моделі є складовою частиною концептуальних представлень фахівця нафтогазової галузі про його дії при прийнятті рішення і відображає лише закономірності процесу прийняття рішення для різних умов.

Враховуючи той факт, що в процесі прийняття рішення центральне місце займає інформаційний опис нафтогазового об'єкта і що дії фахівця нафтогазової галузі суттєво зв'язані з одержанням необхідної інформації для прийняття рішення, охарактеризуємо цей процес через повноту інформаційного опису.

Нехай існує ідеальний план алгоритму прийняття рішення  $A_i$ , який дає найкраще рішення на певному етапі життєвого циклу нафтогазового родовища з кількісною оцінкою ефективності  $\mu(A_i)=1$ . Цей алгоритм містить множину  $n$  кроків зняття інформаційної напруженості  $A_i = \{a_i, \dots, a_{i+1}, \dots, a_{i+n}\}$ , що виконуються з метою одержання і оцінки необхідної для прийняття рішення інформації. Поява іншого алгоритму  $A^*$

відмінного від  $A_i$ , надлишковість того, що  $A_i \in A^*$ , означає надлишковість інформації у використанні прийняття рішення. В той же час при  $A^* \in A_i$  має місце неповнота алгоритму  $A^*$ , тобто в даному випадку неповнота інформаційного опису нафтогазового об'єкта. Оскільки фахівець нафтогазової галузі одержує не всю інформацію, необхідну для прийняття рішення, то виникає ризик прийняття помилкового рішення. При цьому безпомилковості прийняття рішення буде характеризуватися оцінкою  $\mu(A^*) < \mu(A_i) = 1$ , а помилковість  $-\bar{\mu}(A^*) = 1 - \mu(A_i)$ .

Звичайно, при прийнятті рішення бажано забезпечити  $\mu(A^*) \rightarrow 1$ , але це є не завжди реальним за рахунок технологічних, економічних, екологічних обмежень.

Одже безпомилковості прийняття рішення можна оцінити через повноту інформаційного опису нафтогазового об'єкта. Якщо формування ідеалізованого алгоритму прийняття рішення виконується експертним шляхом, то оцінками повноти інформаційного опису є функції корисності  $\mu(A^*)$ .

Функція корисності за своїми характеристиками є адитивною [9]. Адитивність функції корисності  $\mu(A^*)$  дозволяє визначити її взаємозв'язок з функціями корисності кожного кроку зняття інформаційної напруженості  $\mu(a_i), i = \overline{1, N}$ . Оскільки оцінки  $\mu(a_i)$  передбачається формувати лінгвістично при експертному опитуванні, то при нечіткості оцінок буде справедлива рівність [9]

$$\mu(A^*) = \min\{\mu(a_1), \mu(a_2), \dots, \mu(a_N)\}.$$

З цього виразу випливає, що в алгоритм прийняття рішення необхідно включати інформацію, що має максимальну корисність.

Таким чином в загальному випадку можливі дві постановки задачі структурного синтезу моделей прийняття рішень:

– мінімізація кроків зняття інформаційної напруженості прийняття рішення при обмеженні на безпомилковості,

– максимізації безпомилковості рішення з обмеженням на кількість кроків зняття інформаційної напруженості.

Для рішення сформульованих математичних задач модель прийняття рішень представимо у вигляді зваженого орієнтованого нечіткого графа [9].

Нехай в склад алгоритму прийняття рішення входить множина  $A$  кроків зняття інформаційної

напруженості  $q_i \in, i = \overline{1, N}$ , кожний з яких має певний смисловий вираз  $Z_i$ .

Враховуючи багатоваріантність процесу прийняття рішення за рахунок нечітких відношень між кроками зняття інформаційної напруженості, використаємо поняття нечіткого графа у вигляді  $\forall a_s, a_t \in A: \mu_G(a_s, a_t) \in F$ , де  $G = A * B = Y \times Z * T$  – граф у вигляді декартового добутку ( $B$  – множина взаємозв’язків між кроками зняття інформаційної напруженості; що зображені дугами;  $Z$  і  $T$  – семантичні та часові оцінки вершин графа);  $F \in [0,1]$  – множина функцій належності, що характеризує наявність орієнтованої дуги від вершини  $a_s$  до  $a_t$ , яким відповідають кроки зняття інформаційної напруженості. Крайні значення функції належності характеризують однозначну відсутність ( $\mu_q = 0$ ) або наявність ( $\mu_q = 1$ ) взаємозв’язків між вершинами. При наявності тільки крайніх оцінок нечіткий граф розглядається як чіткий.

Невизначеність вибору альтернативних алгоритмів прийняття рішення оцінюється через ентропію за нечіткістю, запропоновану Кофманом [9]:

$$A(\mu_s t_1, \mu_s t_2, \dots, \mu_s t_n) = \frac{1}{\ln N} \cdot \sum_{n=1}^N p(\mu_{stn}) \ln p(\mu_{stn}), \quad (2)$$

де  $p(\mu_{stn}) = \mu_{stn} / \sum_{n=1}^N \mu_{stn}$ .

Невизначеність вибору альтернативи змінюється в межах 0 - 1 і досягає максимального значення при рівності оцінок альтернатив.

Узагальнення моделей, що одержані від різних експертів, оснований на об’єднанні графів:

$$\overline{G}_i = \overline{G}_{i1} \vee G_{i2} \vee \dots \vee G_{ik}, \quad (3)$$

де  $\overline{G}_i$  - результуючий граф-модель по  $i$ -й ситуації,  $G_{ik}$  - граф-модель сформована  $k$ -м експертом.

Оцінку узагальненої моделі належності знаходять як середнє арифметичне часткових оцінок.

1. Юрчишин В.М. Використання теорії графів для інформаційного моделювання нафтогазовидобувних об’єктів // Математические модели и современные технологии. Сб.научн. трудов / НАН Украины . Институт математики, редкол: Самойленко А.М. (авт.ред.) и др.- Киев-1998- С.272-275. 2.Герасимов Б.М.,Тарасов В.А., Токарев И.В. Человеко-машинные системы принятия решения с элементами искусственного интеллекта-К.:Наукова думка, 1993.-183с. 3. Зараковский Г.М. Психофизиологический анализ трудовой деятельности. – М.: Наука, 1966 - 114с. 4. Суходольский Г.В. Структурно-алгоритмический анализ и синтез деятельности.- Л.: Издательство Ленинградского университета, 1976. – 120с. 5. Губинский А.И. Надежность и качество функционирования эргатических систем. - Л.: Наука, 1982. – 270с. 6.Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления. – М.: Энергоатомиздат.-1981-232с. 7.Завалишина Д.И. Психологический анализ оперативного мышления. Экспериментально-теоретическое исследование. – М.: Наука, 1985.- 219с. 8. Галактионов А.И. Основы инженерно-психологического проектирования АСУ ТП. – М.: Энергия, 1978.-208с. 9. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / Пер. с франц.-М.: Радио и связь, 1982.-432с.