

Оцінка перспективності артезіанської свердловини з використанням експертних знань

Кондратенко Н.Р.¹, Снігур О.О.²

¹Доцент, к.т.н., професор кафедри захисту інформації, Вінницький національний технічний університет
вул. Хмельницьке шосе 95, м. Вінниця, Україна, kondrn@gmail.com

²Аспірантка кафедри захисту інформації, Вінницький національний технічний університет
вул. Хмельницьке шосе 95, м. Вінниця, Україна, olha.snihur@gmail.com

Запропоновано систему підтримки прийняття рішення про перспективність видобутку питної води з артезіанської свердловини. В основі моделі – інтервальна нечітка логічна система типу 2. Вона працює не з усім вхідним вектором відразу, а лише з підмножиною параметрів, доступною на даний момент. На відміну від формального підходу, заснованого на оцінках кожного з параметрів відносно його допустимих значень, не висувається вимога повноти інформації за всіма параметрами для коректної роботи системи. Серед параметрів, доступних на даний момент, на вхід нечіткої логічної системи подаються не всі; попередньо проводиться процедура вибору комбінації інформативних ознак з метою пониження розмірності задачі та відкидання надлишкових параметрів. Початкова форма функцій належності вибирається довільним чином, виходячи з характеру експериментальних даних. На основі вхідних та вихідних змінних, а також бази правил, синтезованої з набору експериментальних даних, будуватиметься нечітка логічна система типу 1. Для покращення адекватності відображення моделлю навчальних даних проводиться оптимізація параметрів функцій належності за допомогою генетичного алгоритму. З функцій належності типу 1, одержаних в результаті оптимізації, отримуються інтервальні функції належності типу 2 з невизначеним середнім. Виходом системи є інтервал значень вихідної змінної. Ширина інтервалу характеризує невизначеність, пов'язану з прийнятим рішенням, та визначає необхідність проведення подальших досліджень. За умови прийнятної ширини інтервалу, значення його лівої та правої границь дають змогу попередньо оцінити перспективи видобутку води з досліджуваної свердловини, не чекаючи завершення геологорозвідувальних робіт.

Ключові слова: нечітка логічна система, інтервальні нечіткі множини, виділення інформативних ознак, гідрогеологія, артезіанська свердловина.

Artesian Well Potential Evaluation Using Expert Knowledge

Kondratenko N.R.¹, Snihur O.O.²

¹Associate Professor, Department of Information Security, Vinnitsa National Technical University
Khmelnyske shose str., 95, Vinnitsa, Ukraine, kondrn@gmail.com

²Post-Graduate Student, Department of Information Security, Vinnitsa National Technical University
Khmelnyske shose str., 95, Vinnitsa, Ukraine, olha.snihur@gmail.com

A decision support system to evaluate the potential of drinking water mining from an artesian well is introduced. The model is based on an interval type-2 fuzzy set. It does not work with the entire input vector at once, but only with the subset of parameters available at the moment. Unlike the formal approach, based on evaluating each parameter against the bounds of its acceptable values, the present procedure does not raise the requirement of having the complete data on all parameters for the system to function correctly. Of all parameters available at the moment, not all are given as inputs to the fuzzy logic system. Prior to this, an informative feature combination detection procedure takes place, in order to reduce the dimensionality of the problem and exclude redundant features. The initial shape of the membership functions is chosen arbitrarily, given the nature of experimental data. Based on input and output variables and the rules knowledge base, generated from the experimental data, a type-1 fuzzy logic system is built. In order to improve the adequacy of the model's reflection of the training data, membership functions parameters optimization is performed using a genetic algorithm. The type-1 membership functions obtained as a result of the optimization process are transformed into type-2 membership functions with uncertain means. The system's output is an interval of values of the output variable. The interval's width describes the uncertainty related to the decision taken; the values of its left and right bounds allow to provide a preliminary estimation of this artesian well's potential, without having to wait for the geological exploration to complete.

Keywords: fuzzy logic system, interval fuzzy sets, informative feature detection, hydrogeology, artesian well.

I. Вступ

Підземні води широко використовуються в господарстві для водопостачання, зрошення земель, для лікувальних цілей (мінеральні води), як сировина для видобутку цінних компонентів (промислові води) та для теплофікації (теплоенергетичні води). Особливо велике значення мають прісні підземні води, які в багатьох країнах є основним джерелом водопостачання населення. В Україні їхня частка в загальному балансі господарсько-питного водоспоживання також із кожним роком зростає, що зумовлено скороченням обсягів придатних для споживання поверхневих вод.

Оцінка запасів підземних вод – тривалий процес, що може займати від 3 до 10 місяців.

Увесь термін геологорозвідувальних робіт можна умовно розділити на три етапи:

1) попередня розвідка: збір наявної в архівах інформації про дану територію на предмет водокористування, збір, вивчення та аналіз матеріалів раніше виконаних робіт, обстеження експлуатаційних свердловин у районі, суміжному родовищу;

2) детальна розвідка: дослідження внутрішньої частини водозабірної свердловини, замір її продуктивності (дебіту), хімічне опробування якості води; геофізичні дослідження у свердловинах та дослідно-фільтраційні роботи, включаючи дослідні та пробні відкачки;

3) експлуатаційна розвідка: аналітична робота з зібраними на місці даними, гідродинамічні розрахунки викладки, а також безпосередня оцінка запасів підземних вод та розробка зон санітарної охорони. Даний етап включає стадію дослідно-промислового видобутку та режимні гідрогеологічні спостереження в ході експлуатації артезіанської свердловини [1].

На кожному з цих трьох етапів у розпорядження дослідника надходить інформація за різними ознаками, що прямо чи опосередковано характеризують саму свердловину, якість води в ній, або ж прилеглу до неї територію. Загальна кількість ознак, із якою доводиться працювати в процесі геологічної розвідки, перевищує 300. Допустимі значення кожної ознаки регламентуються законодавством. Як правило, рішення приймається за найгіршим із значень усіх доступних ознак, тому для прийняття остаточного рішення дослідник повинен мати в своєму розпорядженні значення всіх необхідних параметрів. Це означає, що лише по завершенні всіх трьох етапів на основі [2-4] можна зробити висновок про придатність свердловини до експлуатації протягом розрахункового періоду.

Пропонується система підтримки прийняття рішень, що може працювати з підмножиною ознак, значення яких доступні на даний момент. Вона дасть змогу зробити висновок про доцільність та/або необхідність подальших досліджень у будь-якій проміжній точці гідрогеологічної розвідки, та дозволить у деяких випадках скоротити час, необхідний для прийняття рішення про

перспективність артезіанської свердловини для подальших досліджень.

II. МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ПЕРСПЕКТИВНОСТІ АРТЕЗІАНСЬКОЇ СВЕРДЛОВИНИ

Загальну модель оцінки перспективності артезіанської свердловини та її роботу в часі показано на рис. 1. Слід зазначити, що етапи геологічного дослідження, виділені на рис. 1, досить умовні, як і точний набір ознак, доступних на кожному з них. Робота системи можлива в будь-який момент часу, проміжний відносно виділених етапів 1-3.

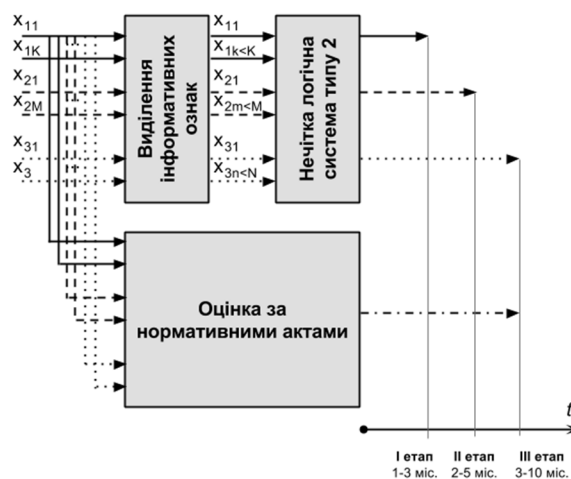


Рисунок 1 – Модель оцінки перспективності артезіанської свердловини

На вхід моделі подається вектор ознак $V_1 \subset V_2 \subset V_3 = V$, доступних на даному етапі гідрогеологічного дослідження. З огляду на надзвичайно високу розмірність та надлишковість простору вхідних ознак, проводиться його оптимізація. Серед усіх доступних на даний момент часу параметрів вибираються такі, що найбільш повною мірою характеризують досліджуваний об'єкт (свердловину) та не містять надлишкових ознак [5].

Отриманий набір значень інформативних ознак подається на вхід нечіткого класифікатора типу 2, що ставить у відповідність вхідному вектору значень інтервал із області допустимих значень вихідного параметру – перспективність свердловини $D \in [0; 10]$.

Початкова форма функцій належності вибирається довільним чином, виходячи з характеру експериментальних даних. На основі вхідних та вихідних змінних, а також бази правил, синтезованої на основі набору експериментальних даних, будується нечітка логічна система типу 1. Для покращення адекватності відображення моделлю навчальних даних проводиться оптимізація параметрів функцій належності за допомогою генетичного алгоритму. З функцій належності типу 1, одержаних в результаті оптимізації, отримуються інтервальні функції належності типу 2 з невизначеним середнім [6] (рис. 2).

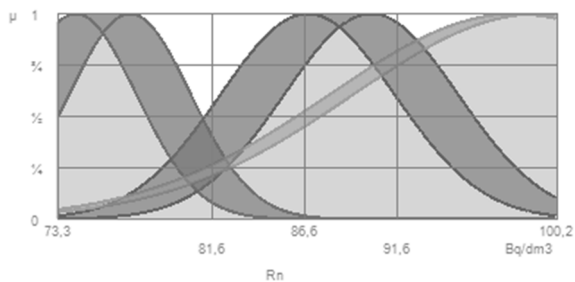


Рисунок 2 – Приклад інтервальної функції належності з невизначеним середнім

Розширення границь інтервалів функцій належності виконується доти, поки виконується умова:

$$\forall x_i \in X \quad F(x_i, P^{(k)}) = F(x_i, P^{(1)}),$$

де $P^{(1)}$ - початкові параметри функцій належності,

$$P^{(k)} = \{\mu_1 \cdot k, \dots, \mu_p \cdot k\} \quad k = k \pm 0,001$$

$F(x_i, P^{(k)})$ - вихід системи без дефазифікації – номер терму з максимальним покриттям результуючою функцією належності.

Процедуру побудови інтервального нечіткого логічного висновку реалізовано за алгоритмом Карніка-Менделя [7]. Вихідна змінна приймає значення $[y_i, y_i] \in D(Y)$. Ширина інтервалу характеризує ступінь невизначеності, пов'язаної з прийнятим рішенням.

Слід зазначити, що даний підхід пропонується лише як порада – альтернатива формальному методу оцінки на основі нормативно-правових актів. Окремим виходом системи завжди буде оцінка на основі законодавства України – тоді, коли вона можлива, тобто за умови повного завершення гідрогеологічного дослідження.

III. ВИСНОВКИ

Запропоновано систему підтримки прийняття рішення про перспективність артезіанської свердловини з виділенням інформативних ознак. В основі системи – інтервальна нечітка логічна система

типу 2. Виходом системи є інтервал значень вихідної змінної. Ширина інтервалу характеризує невизначеність, пов'язану з прийнятим рішенням. Значна ширина інтервалу свідчить про те, що інформації, накопиченої на поточному етапі, недостатньо для прийняття рішення, та рекомендовані подальші дослідження. У випадку ж не надто широкого інтервалу можна заздалегідь наближено судити про стан свердловини на основі накопичених даних.

Винесення остаточного рішення про те, що свердловина цілком придатна для подальшої експлуатації, вимагає завершення в повному обсязі всіх трьох етапів гідрогеологічної розвідки. Проте запропонована система дає змогу зробити висновок про доцільність подальших досліджень у будь-якій проміжній точці розвідки, та в деяких випадках дозволить уникнути зайвих витрат матеріальних та людських ресурсів там, де подальша розробка не видається перспективною.

- [1] Боревский Б.В. Оценка запасов подземных вод. / Б.В. Боревский, Н.И. Дробноход, Л.С. Язвин – 2-е изд., перераб. и доп. - К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989. – 407 с.: ил.
- [2] «Кодекс України про надра». Затверджений Постановою Верховної Ради України від 27.07.1994р., № 132/94 – ВР.
- [3] Закон України «Про питну воду та питне водопостачання». Затверджено Указом Президента України від 10.01.2002 р. № 2918-III.
- [4] «Положення про порядок передачі розвіданих родовищ корисних копалин для промислового освоєння». Постанова Кабінету Міністрів України від 17.06.2009 р., № 608.
- [5] Кондратенко Н.Р. Нечітка модель оцінки запасів підземних вод / Н.Р. Кондратенко, О.О. Снігур // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції. - Вінниця: ВНТУ.- 2014.
- [6] Кондратенко Н.Р. Діагностика гіпотиреозу на основі нечіткої логіки з використанням інтервальних функцій належності / Н.Р. Кондратенко, Н.Б. Зелінська, С.М. Куземко // Наукові вісті національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут”. – 2003. №4.
- [7] Karnik N. Type-2 Fuzzy Logic Systems / N. Karnik, J. Mendel, Q. Liang // IEEE Trans. On Fuzzy Systems, Vol. 7, No. 6. - 1999. - pp. 643-658.