

ЛІТЕРАТУРА

1. Лисицына О. В., Подлегаев С. Н., Пчелкин В. В., Сивков Д. И.: Современные воздухоочистительные устройства для ГТУ. *Газотурбинные технологии*. 2006. №1. С. 12-14.
2. Рыжинский И. Н., Цодоков В. Г., Михайлов В. Г. Высокоэффективные устройства подготовки циклового воздуха для ГТУ. *Газотурбинные технологии*. 2004. № 5. С. 28-30.
3. Кирш В. А. Моделирование аэрозольных волокнистых фильтров при накоплении частиц: автореф. канд. дисерт. М., 2001. 20 с.
4. Бугаєва Л. М., Бойко Т. В., Безносик Ю. О. Системний аналіз хіміко-технологічних комплексів: підручник. Київ : Інтерсервіс, 2017. 254 с.
5. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М. : Горячая линия-Телеком, 2007. 288 с.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ НА БАЗІ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ

Бугаєва Л. М.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

Бугаева Л. Н.

AUTOMATISATION OF THE CHOOSING PROCESS OF EQUIPMENT BASED ON THE HIERARCHIES ANALYSIS METHOD

Bugaieva L.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
bugaeva_l@ukr.net

В статті представлено застосування методу аналізу ієрархій на прикладі вибору обладнання для систем мембранного водоочищення. Розглянуто алгоритм реалізації МАІ, на основі якого розроблено програму для автоматизації процесу вибору найкращого рішення.

Ключові слова: автоматизація вибору рішень, метод аналізу ієрархій, мембранне водоочищення

В статье представлено применение метода анализа иерархий на примере выбора оборудования для систем мембранной водоочистки. Рассмотрен алгоритм реализации МАИ, на основе которого разработана программа для автоматизации процесса выбора наилучшего решения.

Ключевые слова: автоматизация выбора решений, метод анализа иерархий, мембранная водоочистка

The article presents the application of the hierarchy analysis method on the example of choosing equipment for membrane water treatment systems. The algorithm for the implementation of the MAI, on the basis of which a program is developed to automatise the process of choosing the best solution, is considered.

Keywords: automatization of decision making, hierarchy analysis method, membrane water treatment

С точки зору системного бачення [1, 2] при побудові різноманітних систем є природним використання їх ієрархічного представлення. Привабливість застосування ієрархій пояснюється цілою низкою міркувань:

- Ієрархії надають більш докладну інформацію про структуру і функції системи на нижніх рівнях і забезпечують розгляд акторів та їхніх цілей на вищих рівнях. Наприклад, природу можна розглядати як актора, ціль якого використати певний матеріал і який підкоряється певним законам як обмеженням.
- Природні системи, складені ієрархічно, будуються набагато ефективніше, ніж системи, зібрані в єдине ціле.
- Ієрархії стійкі та гнучкі одночасно. Вони стійкі, тому що малі зміни викликають малий відклик, а гнучкі в тому розумінні, що введення доданків до добре структурованої ієрархії не руйнують її характеристик.
- Ієрархічне представлення системи можна використати для опису того, як впливають зміни пріоритетів на верхніх рівнях на пріоритети елементів нижніх рівнів.

У 70-80-ті роки минулого століття відомий американський вчений Т. Саати розробив, так званий, "ієрархічний аналітичний процес" (analytic hierarchy process, АНР). Цей потужний метод порівняльного аналізу та ранжування об'єктів, які характеризуються наборами критеріїв та показників, як кількісних, так і якісних, у літературі найчастіше називають методом аналізу ієрархій (МАІ) [3 - 6].

Запропонований Т. Сааті метод застосовується для широкого кола задач, серед яких основними є:

- Порівняльний аналіз об'єктів (багатокритеріальне ранжування).
- Багатокритеріальний вибір кращого об'єкта (кращої альтернативи).
- Розподіл ресурсів між проектами.
- Проектування систем за кількісними та якісними характеристиками.
- Процедура вибору за методом аналізу ієрархій має бути побудована у відповідності крокам алгоритму, що був запропонований Т.Сааті в роботі [3]:
 1. Визначення альтернатив;
 2. Визначення характеристик, по яких буде проводитися порівняння альтернатив;
 3. Проведення попарних порівнянь важливості характеристик;
 4. Визначення ваг характеристик;
 5. Проведення попарних порівнянь альтернатив по кожній характеристиці;
 6. Визначення ваг альтернатив по кожній характеристиці;
 7. Визначення зведеної ваги кожної альтернативи за формулою

$$V_{i, \text{зведена}} = \sum_{j=1}^K V_{i,j} \cdot W_j; \quad (i = 1, \dots, N),$$

де $V_{i,j}$ — вага i -ої альтернативи по j -й характеристиці;

W_j — вага j -ї характеристики;

$V_{i \text{ зведена}}$ — зведена вага i -ої альтернативи;

K — кількість характеристик;

N — кількість альтернатив.

8. Вибір альтернативи з найбільшою вагою.

МАІ та описаний вище алгоритм було покладено в основу програми, яка була розроблена у середовищі *Visual Basic*. Програма має дружній інтерфейс, що дозволяє інженеру-технологу прийняти рішення— обрати найбільш прийнятну альтернативу із запропонованих, через нескладну процедуру попарного порівняння важливості показників якості (критеріїв) та якості альтернатив по кожному з цих показників якості.

На сьогоднішній день розроблено багато ефективних технологій очищення стічних вод промисловості і комунального господарства, серед яких знайшли своє місце мембранні технології. Тому в роботі розглянуто, як приклад, застосування МАІ саме до цих процесів водоочищення. Крім того зрозуміло, що застосування різних технологічних схем очищення супроводжується вибором їх складових апаратів. Для вибору з багатьох альтернатив вибору обладнання для систем мембранного очищення метод аналізу ієрархій також може бути корисним, тому що вже показав свою ефективність при прийнятті рішень широкого кола задач.

Розглянутий алгоритм реалізації МАІ був застосований для автоматизації процесу вибору найбільш ефективної системи водоочищення на базі мембранного методу та її відповідної апаратної реалізації.

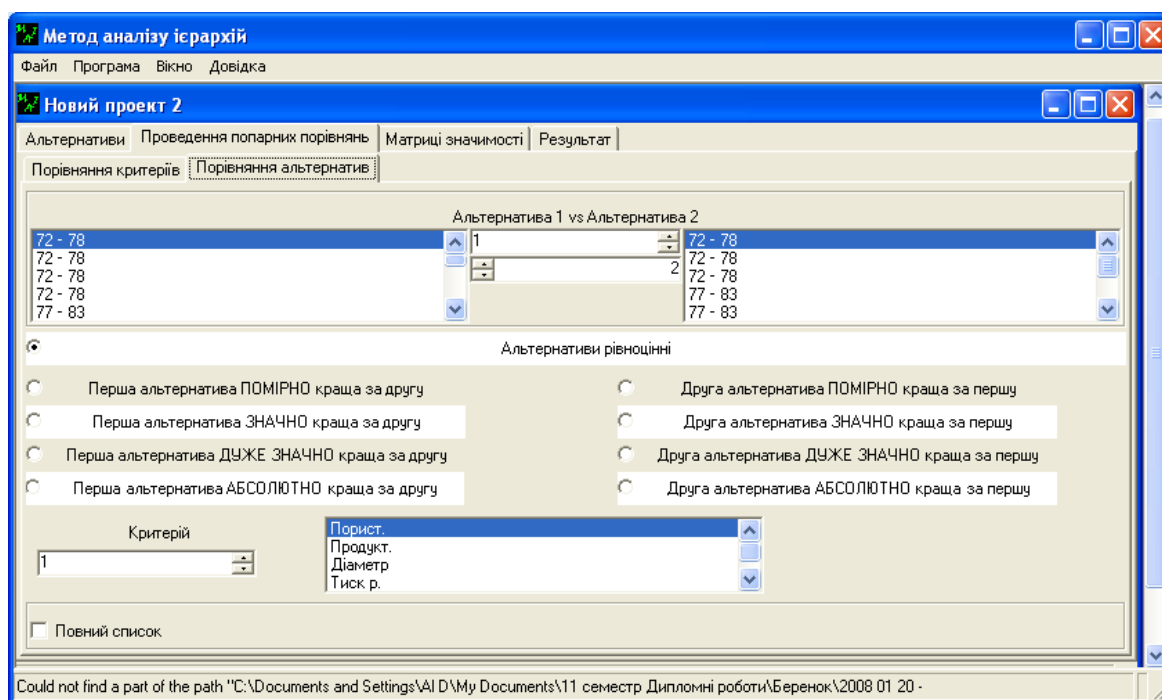
Як приклад було проведено вибір серед 10 мембран для ультрафільтрації (рис.1).

Після вводу матриці альтернатив слід вибрати пункт головного меню «Програма / Підготувати таблиці для порівнянь». Відбудеться перехід на закладку «Проведення попарних порівнянь» (рис. 2). Вона має дві свої внутрішні закладки: для проведення попарних порівнянь окремо критеріїв та альтернатив. Усі можливі пари, які слід порівняти, можна впорядковано перебрати наступним чином: у лівому полі вибору виділити елемент №1 (критерій або альтернативу, залежно від закладки). У правому полі вибору лишаються елементи $2 \dots N$, де N — загальна кількість елементів. Слід по чергові вибирати елемент із цього набору і виставляти перевагу шляхом вмикання відповідного перемикача (за замовчуванням увімкнтий перемикач «варіанти рівноцінні»). Після перебору усіх пар «елемент №1 — інший елемент» у лівому полі вибору слід вибрати елемент №2. У правому після цього лишаються елементи $3 \dots N$ (це якщо не увімкнута опція «повний список», перемикач якої знаходиться у нижній частині закладок. У цьому випадку у правому полі будуть усі елементи від першого по останній, окрім виділеного у лівому, але у цьому разі матимемо надлишковий набір пар). Повторюємо перебір елементів правого поля з виставленням переваг, тепер уже у парах «елемент №2 — елемент з більшим номером». Так слід продовжувати до пари «передостанній елемент — останній елемент».



	Порист.	Продукт.	Діаметр	Тиск р.	pH
1	72 - 78	30 - 130	До 0.005	0.15	4 - 7
2	72 - 78	140 - 390	0.005 - 0.01	0.15	4 - 7
3	72 - 78	400 - 790	0.01 - 0.015	0.15	4 - 7
4	72 - 78	800 - 1400	0.015 - 0.02	0.15	4 - 7
5	77 - 83	1600 - 3200	0.02 - 0.03	0.15	4 - 7
6	77 - 83	4500 - 7000	0.03	0.15	4 - 7
7	68 - 72	29 - 58	0.0075 - 0.0125	0.15	1 - 14
8	68 - 72	72 - 140	0.0175 - 0.0225	0.15	1 - 14
9	70 - 74	160 - 360	0.0275 - 0.0325	0.15	1 - 14
10	72 - 76	430 - 580	0.0425 - 0.0475	0.15	1 - 14

Рис. 1. Програма «Метод аналізу ієрархій», закладка «Альтернативи»



Альтернатива 1 vs Альтернатива 2

Альтернативи рівноцінні

Перша альтернатива ПОМІРНО краща за другу

Друга альтернатива ПОМІРНО краща за першу

Перша альтернатива ЗНАЧНО краща за другу

Друга альтернатива ЗНАЧНО краща за першу

Перша альтернатива ДУЖЕ ЗНАЧНО краща за другу

Друга альтернатива ДУЖЕ ЗНАЧНО краща за першу

Перша альтернатива АБСОЛЮТНО краща за другу

Друга альтернатива АБСОЛЮТНО краща за першу

Критерій

Повний список

Could not find a part of the path "C:\Documents and Settings\AI D\My Documents\11 семестр Дипломні роботи\Беренок\2008 01 20 -

Рис. 2. Програма «Метод аналізу ієрархій», закладка «Проведення попарних порівнянь»

Так як альтернативи слід порівнювати по кожному критерію, на закладці «Порівняння альтернатив» слід повторювати вище описану процедуру перебору стільки разів, скільки є критеріїв, виділяючи потрібний критерій у вікні вибору в нижній частині закладки.

Результати вибору динамічно оновлюються на внутрішніх закладках «Матриці значимості» (рис. 3).

Метод аналізу ієрархій - [Новий проект 2]

Файл Програма Вікно Довідка

Альтернативи | Проведення попарних порівнянь | **Матриці значимості** | Результат

Матриця значимості критеріїв Матриці значимості альтернатив

ПОРИСТИ

	72 - 78	72 - 78	72 - 78	72 - 78	77 - 83	77 - 83	68 - 72	68 - 72	70 - 74	72 - 76
A1	1	1	1	1	1/3	1/3	3	3	3	1
A2	1	1	1	1	1	1	3	3	3	1
A3	1	1	1	1	1	1	3	3	3	1
A4	1	1	1	1	1	1	3	3	3	1
A5	3	1	1	1	1	1	3	3	3	1
A6	3	1	1	1	1	1	3	3	3	1
A7	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1	1	1
A8	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1	1/3	1/3
A9	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	3	1	1/3
A10	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1

ПРОДУКТ

	30 - 13	140 - 3	400 - 7	800 - 1	1600 -	4500 -	29 - 58	72 - 14	160 - 3	430 - 5
A1	1	1/5	1/7	1/7	1/9	1/9	3	1/3	1/5	1/7
A2	5	1	1/3	1/5	1/7	1/9	5	3	1	1/3
A3	7	3	1	1/5	1/7	1/9	7	5	3	1
A4	7	5	5	1	1/5	1/9	9	9	7	5
A5	9	7	7	5	1	1/7	9	9	9	9
A6	9	9	9	9	7	1	9	9	9	9
A7	1/3	1/5	1/7	1/9	1/9	1/9	1	1/3	1/5	1/7
A8	3	1/3	1/5	1/9	1/9	1/9	3	1	1/3	1/5
A9	5	1	1/3	1/7	1/9	1/9	5	3	1	1/3
A10	7	3	1	1/5	1/9	1/9	7	5	3	1

Рис. 3. Програма «Метод аналізу ієрархій», закладка «Матриці значимості»

Після проведення порівнянь слід вибрати пункт головного меню «Програма / Розрахунок». За алгоритмом методу аналізу ієрархій буде проведено визначення ваг альтернатив. Результат буде виведено на однойменній закладці (рис. 4).

Метод аналізу ієрархій - [Новий проект 2]

Файл Програма Вікно Довідка

Альтернативи | Проведення попарних порівнянь | Матриці значимості | **Результат**

	Порист.	Продукт	Діаметр	Тиск р.	pH		
1	72 - 78	30 - 130	До 0.005	0.15	4 - 7	0,04498	
2	72 - 78	140 - 3900	0.005 - 0.01	0.15	4 - 7	0,057139	
3	72 - 78	400 - 7900	0.01 - 0.015	0.15	4 - 7	0,069082	
4	72 - 78	800 - 1400	0.015 - 0.02	0.15	4 - 7	0,102941	
5	77 - 83	1600 - 3200	0.02 - 0.03	0.15	4 - 7	0,155678	
6	77 - 83	4500 - 7000	0.03	0.15	4 - 7	0,240839	THE BEST
7	68 - 72	29 - 58	0.0075 - 0.0125	0.15	1 - 14	0,051771	
8	68 - 72	72 - 140	0.0175 - 0.0225	0.15	1 - 14	0,06127	
9	70 - 74	160 - 3600	0.0275 - 0.0325	0.15	1 - 14	0,081365	
10	72 - 76	430 - 5800	0.0425 - 0.0475	0.15	1 - 14	0,134936	

Рис. 4. Програма «Метод аналізу ієрархій», закладка «Результат»

Матриці альтернатив та попарних порівнянь можна завантажити з текстових файлів (мають бути окремими файл з матрицею альтернатив, файл з матрицею порівнянь критеріїв та файл з матрицями порівнянь альтернатив). Для цього призначені пункти головного меню «Файл / завантажити матрицю ... ». Аналогічно ці матриці можна зберегти у текстовому форматі. Для їх розрізнення пропонується вказувати різні розширення: «*alt*» для файлу матриці альтернатив, «*стр*» для файлів матриць порівнянь.

В кінці роботи програма визначає ваги альтернатив (рис.4). Найкращим буде рішення, що має найбільшу вагу - в нашому випадку шостий варіант буде найкращим. У останньому стовпчику можна бачити ваги всіх варіантів:

За необхідності програма може бути наповнена іншими характеристиками та варіантами альтернатив, що можуть бути запропоновані експертами-технологами. Матриці альтернатив та попарних порівнянь можна завантажити з текстових файлів. Тобто програма може автоматизувати процедуру вибору варіанту рішень для широкого кола задач. Зрозуміло, що набір альтернатив та характеристик має бути запропонований експертом у визначеній області.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бугаєва Л. М., Бойко Т. В., Безносик Ю. О. Системний аналіз хіміко-технологічних комплексів: підручник. Київ: Інтерсервіс, 2017. 254 с.
2. Згуровский М. З., Панкратова Н. Д. Системный анализ. Проблемы, методология, приложения. Киев: Наук. Думка, 2005. 743 с.
3. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 320с.
4. Saaty, T. L. Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors - The Analytic Hierarchy/Network Process". RACSAM (Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics). 2008. Vol.102 (2). P. 251–318.
5. Саати Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети. М.: Ленанд, 2016. 360 с.
6. Saaty L. Thomas Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors The Analytic Hierarchy/Network Process Rev. R. Acad. Cien. Serie A. Mat. 2008. Vol. 102 (2). P. 251–318.