

На правах рукопису

ТКАЧУК АНАТОЛІЙ ІВАНОВИЧ

УДК 66.067:681.3:519.6

РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ
ПРОЦЕСУ РОЗДІЛЕННЯ СУСПЕНЗІЙ ДЛЯ РІШЕННЯ
ЗАДАЧІ ВИБОРУ ФІЛЬТРОВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

05.17.08 - Процеси і апарати хімічної технології,
та

05.13.16 - Застосування обчислювальної техніки,
математичного моделювання і математичних методів
у наукових дослідженнях

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Роботу виконано у Київському політехнічному інституті
на кафедрі кібернетики хіміко-технологічних процесів.

Науковий керівник: доктор технічних наук,
професор Статюха Г.О.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,
професор Гогунський В.Д.

доктор технічних наук,
професор Ротштейн О.П.

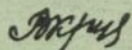
Ведуча організація: Науково-виробниче об'єднання
"Карбонат", м. Харків.

Захист відбудеться " 8 " листопада 1993 р.
в 14³⁰ годин на засіданні спеціалізованої ради Д 068.14.06
при Київському політехнічному інституті за адресою: 252056,
Україна, м. Київ-56, проспект Перемоги 37.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотечі інституту.

Автореферат розіслано " 1 " лютого 1993 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради
канд. техн. наук, професор

 Круглицька В.Я.



АНОТАЦІЯ

Метод роботи є створення системи моделювання процесу розділення суспензій для рішення задачі вибору фільтровального обладнання при автоматизованому проектуванні технологічних схем очистки стічних вод.

Для досягнення цієї мети в роботі розв'язані такі задачі: формалізовано знання про вибір фільтровального обладнання у виді продукційної моделі; обґрунтовано стратегію індуктивного виводу рішень, яка базується на математичному апараті розпізнавання образів; розроблено моделюючий алгоритм навчання вибору устаткування на основі обробки правил-продукцій; розроблені шкали якісних градацій для експертної оцінки факторів, що визначають вибір фільтрів; спроектовано і практично реалізовано інтегровану систему, яка забезпечує ефективну комп'ютерну технологію вибору фільтровального обладнання для розділення суспензій. Приводяться результати використання розробленого програмного комплексу, що увійшов до складу системи автоматизованого проектування ЕКОЛОГІЯ, при удосконаленні апаратурного оформлення діючої установки адсорбційної очистки стічних вод Первомайського хімкомбінату.

Автор захищає: формальну модель, що представляє знання про вибір фільтровального обладнання; стратегію та алгоритми індуктивного навчання вибору устаткування; архітектуру інтелектуальної моделюючої системи для вирішення задачі вибору фільтровального обладнання; отримані рішення по удосконаленню апаратурного оформлення діючої очисної установки.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Зростання вимог до охорони навколишнього середовища приводять до використання на хімічних підприємствах складних очисних споруджень, якість та надійність яких визначається у ході проектних робіт. Зростаючий обсяг цих робіт в умовах приблизно стабільної чисельності проектувальників при обмежених строках розробки очисних комплексів, приводить до необхідності створення нових автоматизованих систем, що підвищують продуктивність праці технологів-проектувальників.

При проектуванні схем очистки стічних вод виникає задача вибору обладнання для розділення рідких неоднорідних сумішей, причому незадовільне рішення цієї задачі може істотно знизити якість технологічного проекту. До теперішнього часу вибір обладнання для

розділення суспензій не формалізовано і залежить від кваліфікації та навичок роботи спеціаліста, що приймає рішення.

Фільтровальний апарат є одним з найбільш поширених та різноманітних видів обладнання для розділення неоднорідних сумішей. Обґрунтований вибір фільтра відповідної конструкції вимагає від технолога-проектувальника значних витрат часу та великого досвіду, які в умовах нової технології обробки інформації, основаної на використанні ЕОМ, можуть бути відсутні. Тому розробка та впровадження в практику проектування моделюючої системи для вибору фільтровального обладнання є актуальною задачею. Оскільки традиційні класичні методи неможливо застосувати для рішення цієї задачі, через те що вони не дозволяють формалізувати відповідну область предметних знань, запропоновано новий підхід до вибору фільтрів на основі принципів штучного інтелекту.

Наукова новизна. Вперше для цілей автоматизованого проектування з позицій штучного інтелекту розроблені методологічні основи побудови моделюючої системи для рішення задачі вибору фільтровального обладнання. Методологічна цінність роботи визначається наступними положеннями.

1. Виділені ключові поняття, синтезовано структуру простору пошуку рішень задачі та формалізовані знання про вибір фільтровального обладнання у виді продукційної моделі.

2. Обґрунтовано необхідність застосування у стратегії пошуку рішень індуктивного підходу, що дозволяє враховувати неповноту виражених у формі продукцій предметних знань. З позицій поняття подібності проведена інтерпретація індуктивного навчання вибору обладнання як процесу навчання розпізнавання образів.

3. Розроблено моделюючий алгоритм, що базується на використанні потенціальних функцій, який забезпечує навчання вибору фільтровального обладнання на основі обробки знань що представлені продукційними правилами, та дозволяє скоротити час виводу рішення за рахунок мінімізації числа корекцій кумулятивного потенціалу.

4. З позицій сформульованих принципів відбору факторів, що зумовлюють вибір фільтровального обладнання для розділення суспензій, визначена область предметних знань необхідних для використання у механізмі індуктивного виводу. Розроблені шкали якісних градацій які забезпечують експертне оцінювання факторів та проведена структурізація відібраних знань для формування бази знань.

5. Розроблено архітектуру інтегрованої моделюючої системи, що забезпечує нову інформаційну технологію для вибору фільтро-

вального обладнання, яка орієнтована на одержання нових знань та адаптацію системи по мірі її розвитку.

Практична цінність та реалізація результатів роботи. На основі запропонованої методології створено інтелектуальну систему, яка реалізує сучасну комп'ютерну технологію рішення задачі вибору фільтровального обладнання при автоматизованому проектуванні схем очистки стічних вод. Розроблена система може бути застосована і для навчання користувачів, підвищення їх кваліфікації в області вибору фільтрів для розділення суспензій, тобто використана як навчальна система.

Програмно реалізована моделююча система для вибору обладнання застосовувалась при удосконаленні апаратного оформлення діючої установки адсорбційної очистки стічних вод Первомайського хімікомбінату. Результати роботи впроваджені в практику автоматизованого проектування Українського державного інституту по проектуванню підприємств целюлозно-паперової промисловості (м.Київ), а також використовуються в учбовому процесі Київського політехнічного та Дніпропетровського хіміко-технологічного інститутів.

Дисертаційна робота виконувалась у відповідності до планів науково-дослідницьких робіт кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів Київського політехнічного інституту за темою № 315 "Розробити та впровадити I чергу системи автоматизованого проектування комплексних схем очистки та використання стічних вод" (державний реєстраційний № 01860011808), а також держбюджетною темою № 2234 "Розробка експертної моделюючої системи сорбційних процесів для інтенсифікації хімічних та інших виробництв у регіоні України", що затверджена наказом Мінвузу України № 78 від 21.03.1991 р. по науковому напрямку: "Перспективні наукоємні та інформаційні технології, ресурсосберігаючі технології".

Апробація роботи. Основні результати роботи докладалися та обговорювалися на: Республіканському семінарі "Інтегровані автоматизовані системи проектування об'єктів хімічної технології" (м. Київ, 1983 р.); Науковій конференції молодих вчених та спеціалістів Київського політехнічного інституту (м.Київ, 1984 р.); I Все-союзній нараді-семінарі молодих вчених "Методи кібернетики в хімії і хімічній технології" (м.Грозний, 1984 р.); Республіканській науково-практичній конференції "Актуальні проблеми досконалення управління природокористуванням і охорона навколишнього середовища" (м.Черкаси, 1988р.); Науково-технічних конференціях і семінарах "САПР і АСУ ТП у хімічній промисловості" (м.Черкаси, 1987 р.,

1989 р., 1991 р.); Міжрегіональному науково-технічному семінарі "Застосування комп'ютерних технологій і систем для рішення сучасних науково-технічних та економічних задач" (м.Черкаси, 1993 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 12 робіт.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, закінчення, списку літератури та додатка загальним обсягом 139 с. (у тому числі 14 малюнків, 2 таблиці, бібліографія із 109 назв).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовано актуальність теми, сформульовані мета і задачі дослідження, наукова новизна та практична цінність роботи, стисло відображено основний зміст дисертації.

У першому розділі досліджується процес розділення суспензій для рішення задачі вибору фільтровального обладнання з метою підвищення ефективності проектування технологічних схем очистки стічних вод. Наведена загальна характеристика факторів, що впливають на вибір фільтровального обладнання, та аналізуються існуючі засоби вибору. Відзначено, що задача вибору фільтрів вирішується проектувальником суб'єктивно на обмеженому колі варіантів апаратурного оформлення процесу розділення суспензій, а в умовах багатоваріантного проектування схем очистки кількість подібних задач стрімко збільшується. Для проведення експериментальних робіт, в межах існуючих засобів вибору, потрібні значні витрати часу, а строки проектування схем очистки обмежені. Прийняття рішення по вибору обладнання вимагає від технолога-проектувальника великого досвіду професійної роботи, а висококваліфікованих спеціалістів, при збільшених обсягах прєктних робіт, недостатньо, що веде до зростання тривалості виконання цих робіт і, отже, до зниження ефективності автоматизованого проектування очистних комплексів.

На основі проведеного дослідження процесу розділення суспензій встановлені наступні характерні особливості задачі вибору фільтровального обладнання.

1. Сучасний стан теорії розділення суспензій не дозволяє синтезувати математичну модель процесу розділення суспензій для рішення задачі вибору фільтровального обладнання на основі фізико-хімічних закономірностей цієї предметної області знань, яка б давала змогу її вивчати аналітичними або чисельними методами.

2. Фактори, що впливають на вибір фільтровального обладнання, являють собою складну в семантичному і структурному відношен-

ні інформацію, що характеризується як неточна, різномірна, неповна, нечітка, побічна, обмежена, неоднозначна. Рівень інформації не дозволяє застосувати традиційні класичні математичні методи для формалізації цієї області знань.

3. Процес вибору фільтровального обладнання є евристичним за своєю природою і для одержання задовільного рішення вимагає використання емпіричних правил або спрощень, що відображають досвід та навички професійної роботи в цій області.

Вказані особливості дозволили зробити висновок про доцільність використання принципів штучного інтелекту для рішення задачі вибору обладнання. Запропоновані етапи створення інтелектуальної моделюючої системи, яка забезпечить вибір фільтрів для розділення суспензій та сформульовані такі основні задачі роботи:

- виділити ключові поняття та розробити формальну модель, яка б давала змогу представити знання про вибір обладнання;
- розробити моделюючий алгоритм обробки предметних знань з керуючою стратегією що забезпечить прийняття задовільного рішення;
- визначити область предметних знань які необхідні при моделюванні процесу розділення суспензій для рішення задачі вибору фільтровального обладнання, та провести структурізацію відібраних знань для формування бази знань системи;
- розробити архітектуру та практично реалізувати інтелектуальну моделюючу систему для вибору фільтровального обладнання.

У другому розділі роботи розглядаються методологічні основи побудови моделюючої системи для вибору фільтровального обладнання. З позицій аксіоматичної теорії множини виділені наступні ключові поняття задачі, що вирішується.

Фактори, що впливають на вибір обладнання:

$$F = \{F_1, F_2, \dots, F_i, \dots, F_n\}, \quad (1)$$

де F_i - i -тий окремий фактор; n - кількість факторів.

Сукупність усіх можливих значень факторів:

$$Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_i, \dots, Z_n\}, \quad (2)$$

де Z_i - підмножина можливих значень i -ого фактору, тобто:

$$Z_i = \{Z_{i1}, Z_{i2}, \dots, Z_{i1}, \dots, Z_{im}\}, \quad (3)$$

де Z_{ij} - j -те значення фактору F_i ; m - кількість значень фактору F_i .

Сукупність відомих типів конструкцій фільтрів:

$$T = \{T_1, T_2, \dots, T_1, \dots, T_p\}, \quad (4)$$

де T_i - i -тий тип апарату; p - кількість типів апаратів.

Для синтезу структури простору пошуку рішень визначено конкретний простір даних D у виді множини пар "фактор: значення", у формі їх прямого помноження:

$$D \subseteq F \times Z = \{D_1, D_2, \dots, D_i, \dots, D_n\}, \quad (5)$$

де D_i - підмножина даних 1-ого фактору, тобто:

$$D_i = \{D_{i1}, D_{i2}, \dots, D_{ij}, \dots, D_{im}\}, \quad (6)$$

де $D_{ij} = \{F_i: Z_{ij}\}$ - j -тий елемент підмножини даних фактору F_i .

З урахуванням природи виділених понять запропонована гіпотеза про можливість розбиття множини даних D на ряд неперетинних підмножин, які відповідають елементам з множини T , причому кількість таких підмножин даних визначається числом апаратів:

$$S_1 \cap S_2 \cap \dots \cap S_i \cap \dots \cap S_p = \emptyset, \quad (7)$$

де \emptyset - порожня множина; $S_i \subseteq D$ - підмножина даних 1-ого типу апарату. Оскільки кожен тип апарату характеризується сукупністю певних факторів, то й елементом підмножини S_i є деяка узагальнююча сукупність даних, яка описує конкретну ситуацію що визначає тільки 1-ий тип апарату з множини T . Тоді з урахуванням усіх типів апаратів множина ситуацій фільтровального обладнання має вид:

$$S = \{S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_p\}, \quad (8)$$

де S_i - підмножина ситуацій 1-ого типу апарату.

Для вирішення питання про спосіб формування підмножини ситуацій певного типу обладнання скористуємось формальним апаратом обчислення предикатів першого порядку. Під обчисленням (або дедуктивною системою) будемо розуміти таку систему, в якій існує певне число початкових об'єктів (аксиом) та певне число правил побудови (правил виводу) нових об'єктів з початкових. В умовах задачі, що вирішується, кожен елемент даних розглядається як елементарне висловлення, якому формально неможливо приписати логічне значення "істина" або "фальш". Оскільки ситуація, що відображає природу знань, будується у вигляді формули, що містить буліві операції кон'юнкції, істинність якої не залежить від істинності елементарних висловлень (даних), що входять до неї, то кожна ситуація є аксіомою. Тоді елементи підмножини ситуацій певного типу апарату (як нові об'єкти простору пошуку рішень), формуються на основі аксиом що характеризують предметну область, та правил виводу обчислень предикатів першого порядку, тобто шляхом побудови формальної дедуктивної системи наступного виду:

$$\begin{cases} D_{11} \wedge D_{21} \wedge \dots \wedge D_{k1} \wedge \dots \wedge D_{n1} + a_1^i \in S_1 \\ D_{12} \wedge D_{22} \wedge \dots \wedge D_{k2} \wedge \dots \wedge D_{n2} + a_2^i \in S_2 \\ \vdots \\ D_{1j} \wedge D_{2j} \wedge \dots \wedge D_{kj} \wedge \dots \wedge D_{nj} + a_j \in S_j \\ \vdots \\ D_{1k} \wedge D_{2k} \wedge \dots \wedge D_{kk} \wedge \dots \wedge D_{nk} + a_k^i \in S_k \end{cases} \quad (9)$$

де $D_{ij} = \{F_i; Z_{ij}\}$ - j -ий елемент підмножини даних i -го фактору; \wedge - операція кон'юнкції; n - кількість факторів; $+$ - символ імплікації; a_j^i - j -тий елемент підмножини ситуацій i -ого типу апарату; k - кількість можливих ситуацій i -ого типу апарату.

Сукупність висновків, що виводяться за допомогою дедуктивної системи, утворюють підмножину ситуацій i -ого типу апарату:

$$S_i = \{a_1^i, a_2^i, \dots, a_j^i, \dots, a_k^i\}. \quad (10)$$

В умовах конкретної задачі, для практичної реалізації дедуктивного виводу метод резолюцій та його модифікації, що використовуються в обчисленні предикатів малоефективні, через те що відбувається втрата початкового семантичного представлення знань. У практичному аспекті значний інтерес представляє реалізація дедуктивного виводу на основі правил-продукцій. Як відомо, продукція являє собою правило, що складається з двох частин - лівої, що містить ситуацію у виді комбінації факторів, та правої, що описує дію на ситуацію, які записуються в формі такого умовного виразу: "ЯКЩО (ситуація) ТО (дія)". Для задачі, що розглядається, ситуація являє собою буліву комбінацію елементів даних, а дія визначає відповідний тип апарату, тобто поставлену мету. Таким чином, у кожній продукції представлена інформація про конкретні моменти процесу прийняття рішень по вибору обладнання в формі невеликого кванту знань. Сукупність правил-продукцій праві частини яких однакові, формують підмножину ситуацій конкретного типу апарату. Тоді еквівалентний запис формальної дедуктивної системи на основі правил-продукцій має наступний вид:

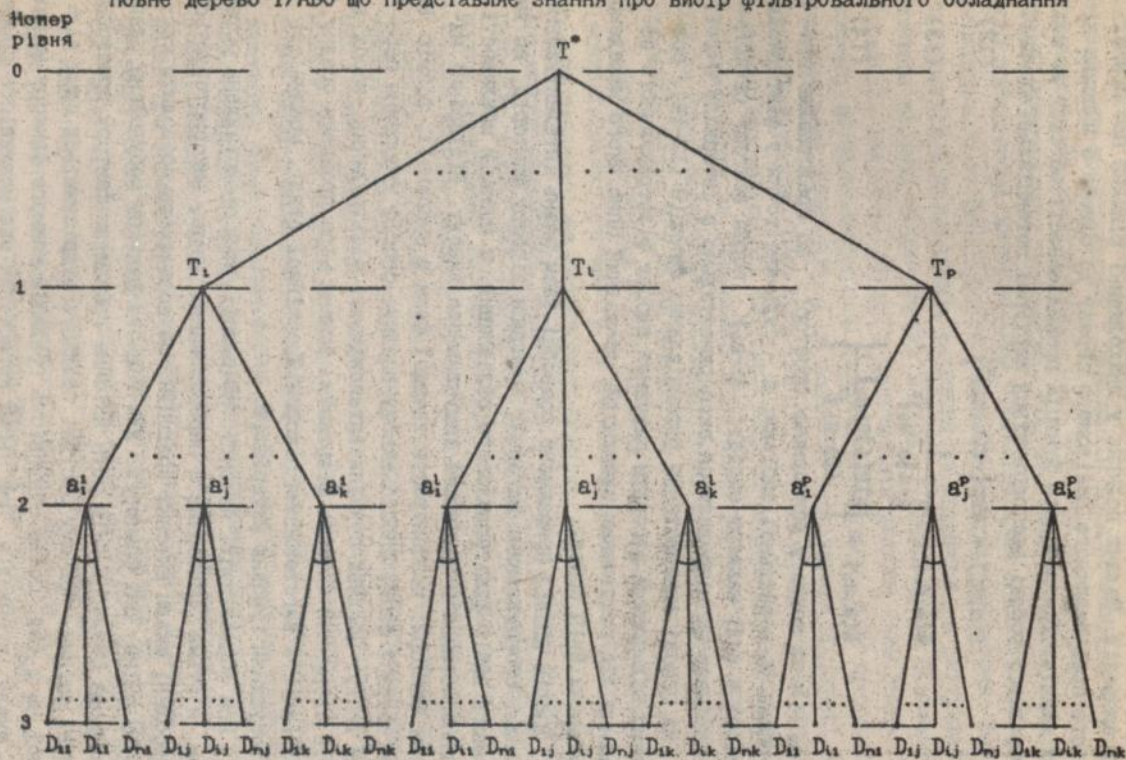
$$\begin{cases} \text{"ЯКЩО } (D_{11} \text{ I } D_{21} \text{ I } \dots \text{ I } D_{k1} \text{ I } \dots \text{ I } D_{n1}) \text{ ТО } (T_1 \in T) \text{"} \\ \text{"ЯКЩО } (D_{12} \text{ I } D_{22} \text{ I } \dots \text{ I } D_{k2} \text{ I } \dots \text{ I } D_{n2}) \text{ ТО } (T_1 \in T) \text{"} \\ \vdots \\ \text{"ЯКЩО } (D_{1j} \text{ I } D_{2j} \text{ I } \dots \text{ I } D_{kj} \text{ I } \dots \text{ I } D_{nj}) \text{ ТО } (T_1 \in T) \text{"} \\ \vdots \\ \text{"ЯКЩО } (D_{1k} \text{ I } D_{2k} \text{ I } \dots \text{ I } D_{kk} \text{ I } \dots \text{ I } D_{nk}) \text{ ТО } (T_1 \in T) \text{"} \end{cases} \quad (11)$$

де I - символ кон'юнкції; T_1 - i -тий тип апарату з множини T ; $D_{ij} = \{F_i; Z_{ij}\}$ - j -тий елемент даних i -ого фактору.

Ліва частина продукційної системи задає елементи підмножини ситуацій S_1 , тобто ця система продукцій є підсистемою правил-продукцій що визначають тільки один тип апарату (1-тий). Використовуючи аналогічні схеми міркувань можна побудувати такі ж самі підсистеми продукцій і для інших $(p-1)$ типів апаратів із множини T . Тоді загальна продукційна система, що представляє увесь обсяг знань цієї задачі, складається із сукупності таких підсистем-продукцій, і, таким чином, являє собою формальну модель яка представляє предметні знання про вибір фільтровального обладнання.

На мал. 1 зображено графову інформаційну модель, що представляє проблемний простір пошуку рішень у вигляді повного дерева типу I/АБО. Аналіз дерева з позицій розв'язання його вершин дозволив встановити, що для враховування неповноти виражених у формі продукцій предметних знань необхідно в стратегії процесу пошуку рішень застосувати індуктивний підхід. При цьому повне дерево типу I/АБО виступає як "вчитель" у процесі індуктивного навчання, оскільки задає фіксовану кількість різних типів апаратів у виді вершин диз'юнктивного типу на першому рівні, а також початкову (навчальну) інформацію про кожен тип апарату - у виді дочірніх вершин кон'юнктивного типу на другому рівні дерева. Причому навчальну інформацію можна задавати в вигляді певної навчальної вибірки, що містить множину прикладів які описують кон'юнктивні вершини що належать відповідним батьківським вершинам. Тоді, в процесі машинного навчання, на основі встановлення схожості (відмінності) для заданої множини прикладів, можна виявити скритні закономірності та зробити коректне узагальнення. Враховуючи, що синтез структури простору пошуку рішень проводився в припущенні, що дані які належать різним типам апаратів утворюють неперетинні підмножини (див. вираз 7), доцільно для побудови моделюючого алгоритму виводу рішень, застосувати математичний апарат теорії розпізнавання образів. С позицій поняття подібності, на основі ідеї потенціалу електричного поля, проведена інтерпретація індуктивного навчання вибору обладнання як процесу навчання розпізнавання образів. При цьому образ являє собою будь-яку вершину кон'юнктивного типу повного дерева I/АБО, а клас образів являє собою сукупність тільки таких кон'юнктивних вершин, батьківські вершини яких однакові. Оскільки кожна вершина диз'юнктивного типу на першому рівні визначає конкретний тип апарату, то можна твердити що кожен клас образів характеризує цілком певний тип апарату. Отже, число класів відомо зазделегіть і відповідає кількості

Повне дерево І/АБО що представляє знання про вибір фільтровального обладнання



Мал. 1

типів апаратів. Задача полягає у знаходженні рішення про приналежність пред'являемого невідомого образу до одного з множини відомих класів. Для побудови функцій приналежності об'єкту до класу образів у роботі застосовуються наступні потенціальні функції:

$$K(a, a_k) = \exp\{-\mathcal{L}|a - a_k|^2\}, \quad (12)$$

$$K(a, a_k) = \frac{1}{1 + \mathcal{L}|a - a_k|^2}, \quad (13)$$

$$K(a, a_k) = \left| \frac{\sin(\mathcal{L}|a - a_k|^2)}{\mathcal{L}|a - a_k|^2} \right|, \quad (14)$$

де a_k - k -та точка у факторному просторі, що представляє вектор-образ із навчальної вибірки; a - будь-яка точка у факторному просторі у виді вектору-образу; $|a - a_k|$ - норма вектору $(a - a_k)$; \mathcal{L} - параметр що підбирається експериментально з інтервалу $0 < \mathcal{L} < 1$.

На основі використання потенціальних функцій (12-14), розроблено моделюючий алгоритм навчання вибору фільтровального обладнання для розділення суспензій, докладний опис якого наведено у дисертаційній роботі.

Третій розділ присвячено розробці бази знань інтелектуальної системи. Сформульовані загальні принципи відбору факторів, що визначають вибір фільтровального обладнання, з позицій можливості їх використання у механізмі індуктивного виводу. Відібрані наступні фактори: концентрація твердої фази в суспензії, розмір частинок твердої фази, спосіб виводу осадку, спосіб утворення перепаду тиску, можлива ступінь інтенсивності фільтрування, необхідність одержання чистого фільтрату, бажана міра промивки осадку, необхідність виготовлення з корозійностійкої сталі, можливість застосування гумових матеріалів.

При формалізації якісної інформації, яка представлена останніми п'ятьма факторами з перерахованих вище, використовуються розроблені шкали якісних градаций, що дозволяють проводити експертну оцінку цих факторів. Для кожного фактору побудована власна порядкова шкала, в якій усім якісним градациям фактору присвоєні бальні оцінки, причому сусідні градации відрізняються одна від одної на 1 бал, тобто сукупність градаций кожного фактору утворюють шкалу інтервалів. При цьому користувач має можливість присвоїти проміжні (дрібні та цілі) значення числа балів на всій шкалі фактору. Зауважимо, що запропоновані шкали якісних градаций не тільки представляють собою можливі значення факторів у зручній для користувача формі, а й розкривають зміст факторів з позицій

Іх впливу на вибір фільтровального обладнання для розділення суспензій. Для представлення у моделюючій системі знань про предметну область, що досліджується, були виділені чотири типи системних знань - фактуальні, процедурні, керуючі та метазнання. Запропонована двохрівнева організаційна структура бази знань у формі концептуального та фактуального опису. Концептуальна частина бази складається з процедурних, керуючих та метазнань, а фактуальна частина містить тільки факти. В табл. 1 представлено фрагмент інформації, яка зберігається в фактуальній частині бази знань. Зауважимо, що кожен рядок цієї таблиці розглядається як продукційне правило типу "ЯКЩО-ТО", а це дозволяє реалізувати продукції програмними засобами. Така організаційна структура значно поліпшує адаптаційні можливості системи, тому що дозволяє користувачу легко коректувати та доповнювати базу знань новими правилами продукцій, а також забезпечує незалежність представлення знань концептуального рівня від рівня конкретних фактів.

Четвертий розділ роботи містить опис архітектури розробленої інтелектуальної системи та її функціональних можливостей. Програмний комплекс, що забезпечує сучасну комп'ютерну технологію для вибору обладнання, складається з трьох підсистем - IDEN-FIL, INFO-TOS, I-EDIT які будучи об'єднанні спільним інтерфейсом і утворили інтегровану систему INT-TOS, що являє собою програмну реалізацію інтелектуальної системи моделювання процесу розділення суспензій для рішення задачі вибору фільтровальної апаратури. Інтерфейсний редактор I-EDIT призначений для супроводження бази даних (знань) реляційного типу, а також створення непрограмуєчими користувачами власних інформаційних баз. Пакет забезпечує діалоговий режим взаємодії та реалізує ефективний і зручний спосіб виконання команд маніпулювання даними. Вибір команди здійснюється безпосередньо з режиму екранного редагування шляхом натиснення функціональних клавіш, а параметри команди задаються на основі меню. При такому засобі взаємодії з користувачем відпадає необхідність у запам'ятовуванні назви потрібної команди та її синтаксису. Крім того, у будь-який час на екран дисплея може бути виведена контекстно-чутлива допомога - довідкова інформація що містить опис поточного режиму роботи та можливі варіанти дій у цьому режимі. Інформаційна підсистема INFO-TOS забезпечує зберігання, ведення та пошук інформації по технологічному обладнанню та властивостям речовин, з метою її використання в процесі проектування схем очистки стічних вод. База пакету складається з нормативно-

Таблиця 1

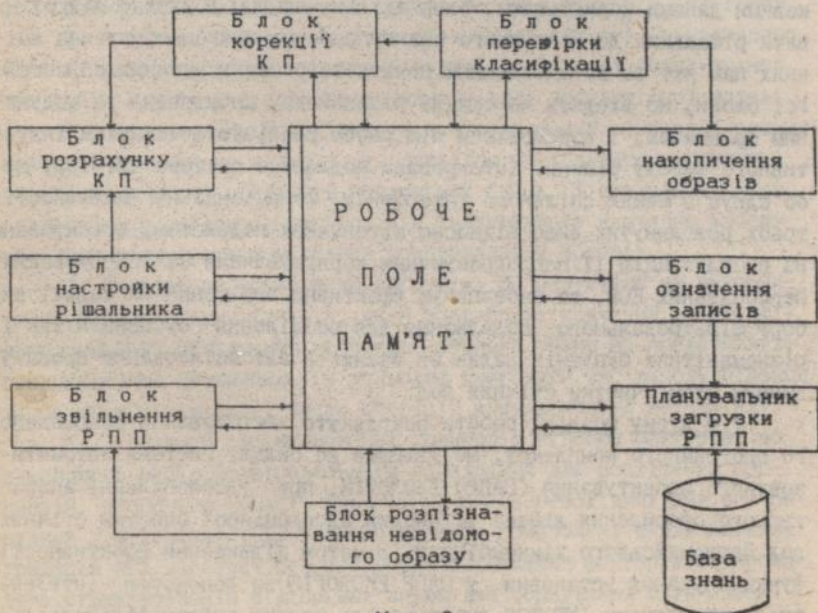
Фрагмент бази знань для вибору фільтровального обладнання

Т и п фільтру	Концентрація твердої фази в суспензії, %	Розмір частин твердої фази, мкм	Спосіб виводу осадку	Спосіб утворення перепаду тиску	Можлива ступінь інтенсивності фільтрування, бал	Необхідність одержання чистого фільтрату, бал	Бажана міра протидії осадку, бал	Необхідність виготовлення з корозійно- стійкої сталі, бал	Можливість застосування гумових матеріалів, бал	Режим роботи фільтру
Барабанний	5-15	10-100	Сухий	Р	4.0	2.0	4.0	4.0	2.0	Н
Нутч-фільтр	< 0.5	10-100	Мокрий	Р	4.0	4.0	1.0	4.0	2.0	П
Фільтр-прес	0.5-5	< 10	Сухий	Т	4.0	4.0	3.0	1.0	1.0	П
Листовий	0.5-5	10-100	Мокрий	Т	4.0	4.0	2.0	1.0	1.0	П
Стрічковий	1-15	100-1000	Сухий	Р	4.0	1.0	3.0	2.0	2.0	Н
Мішочний	< 0.5	10-100	Мокрий	Т	4.0	4.0	2.0	4.0	1.0	П
Дисковий	15-50	100-1000	Мокрий	Р	4.0	2.0	0.0	1.0	2.0	Н
План-фільтр	15-50	10-100	Мокрий	Р	3.0	1.0	2.0	2.0	2.0	Н
Капілярний	15-50	10-100	Мокрий	Р	4.0	3.0	3.0	0.0	2.0	Н
Піщаний	< 0.5	10-100	Мокрий	Т	4.0	4.0	0.0	1.0	3.0	П
Нутч-фільтр	0.5-5	< 10	Мокрий	Р	3.0	3.0	1.0	4.0	2.0	П
Листовий	< 0.5	< 10	Мокрий	Т	3.0	4.0	2.0	1.0	1.0	П
Барабанний	15-50	100-1000	Сухий	Р	3.0	2.0	4.0	4.0	2.0	Н
Стрічковий	15-50	10-100	Сухий	Р	3.0	1.0	3.0	2.0	2.0	Н

Примітка. Т - надмірний тиск; Р - розрядження; П - періодичний; Н - неперервний.

-довідкової інформації про різноманітні типи конструкцій фільтрів та відстійників, а також фізико-хімічних властивостей деяких речовин, що найчастіше зустрічаються у викидах певних хімічних виробництв. Моделююча підсистема IDEN-FIL реалізує можливість рішення у діалоговому режимі користувачем задачі вибору фільтрів для розділення суспензій. На мал. 2 зображено спрощену структурну схему головної ланки цієї підсистеми - рішальника, який безпосередньо здійснює процес пошуку рішень задачі що розглядається. Структура програмного забезпечення рішальника допускає можливість впливання на стратегію виводу рішень двома шляхами - заданням типу потенціальної функції, що використовується при побудові кумулятивного потенціалу (див. рівняння 12-14), та заданням значення коефіцієнта ϵ , що визначає кривину потенціальної функції. Поєднання цих двох підходів дозволяє досить гнучко керувати стратегією процесу пошуку рішень та налаштовувати підсистему на предметну область при зміні інформації у фактуальній частині бази знань. Ця можливість реалізується блоком настройки, що входить до складу рішальника. Увесь обсяг знань системи зберігається у файлах бази

Схема організації рішальника



Мал. 2

на магнітному диску і для забезпечення доступу до інформації її потрібно розмістити у певній робочій області оперативної пам'яті. Сукупність таких робочих областей і складає робоче поле пам'яті (РПП). Планування обміну інформації між зовнішньою та робочою пам'яттю, а також керування гнучкою схемою включення в роботу джерел знань, що знаходяться в робочих областях, здійснює планувальник загрузки РПП. Блок означення записів дозволяє формувати навчальну вибірку образів певного класу на основі програмного механізму фільтрації записів. Функцію накопичування образів, що забезпечують корекцію кумулятивного потенціалу (КП), виконує блок накопичення. Причому кожен окремий клас має дві редуцировані вибірки образів які коректують значення КП відповідно у бік збільшення та у бік зменшення. Блок розрахунку КП дозволяє вирахувати значення кумулятивного потенціалу окремого класу використовуючи відповідні вибірки образів. Блок перевірки класифікації забезпечує перевірку правильності класифікації пред'явленого образу. Блок корекції КП виконує корекцію значення кумулятивного потенціалу при невірній класифікації образу та запам'ятовування цього образу у відповідній редуцированій вибірці. Блок розпізнавання дозволяє класифікувати невідомий образ, який представлено початковими даними користувача. Блок звільнення РПП дозволяє підготувати рішальник до наступного сеансу роботи, шляхом обнулення зміних пам'яті та встановленням початкового стану робочих областей. Усі блоки, що входять до складу рішальника, побудовані за модульним принципом, і взаємодіючи між собою реалізують механізм індуктивного виводу рішень. Інтегрована моделююча система INT-TOS, що об'єднує в межах спільного інтерфейсу функціональні можливості трьох розглянутих вище відносно автономних підсистем, орієнтована на експлуатацію її непрограмуємими користувачами на IBM-сумісних персональних ЕОМ, та забезпечує ефективне вирішення як задачі вибору фільтровального обладнання для розділення суспензій так і різноманітних супутніх задач зв'язаних з автоматизованим проектуванням схем очистки стічних вод.

У п'ятому розділі роботи розглянуто застосування розробленого програмного комплексу, що увійшов до складу системи автоматизованого проектування (САПР) ЕКОЛОГІЯ, при удосконаленні апаратного оформлення діючої установки адсорбційної очистки стічних вод Первомайського хімкомбінату. З метою підвищення ефективності функціонування установки, у САПР ЕКОЛОГІЯ за допомогою інтелектуальної системи INT-TOS вирішувалась задача вибору фільтроваль-

ного обладнання для різних варіантів апаратного оформлення технологічної схеми вузла очистки. Результати рішення цієї задачі дали змогу проектувальникам зробити висновок про доцільність часткової заміни фільтровального обладнання установки на інше фільтровальне устаткування, яке в процесі експлуатації забезпечить кращі показники очистки. При цьому виникла необхідність уточнення параметрів функціонування основного апарату вузла очистки - адсорбера. Проведені розрахунки дозволили визначити ефективний режим роботи адсорбера та видати рекомендації по удосконаленню апаратного оформлення очистної установки.

У закінченні сформульовані стислі висновки, які характеризують результати, що отримані в роботі, а у додатку наведені матеріали по впровадженню результатів дисертаційної роботи.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Досліджено процес розділення суспензій для рішення задачі вибору фільтровального обладнання з позицій підвищення ефективності проектування технологічних схем очистки стічних вод. Встановлено, що традиційні класичні математичні методи не дозволяють формалізувати цю область знань. Обгрунтовано підхід до вибору фільтровального обладнання на основі методів штучного інтелекту.

2. Виділені ключові поняття предметної області, синтезовано структуру простору пошуку рішень задачі та формалізовані знання про вибір фільтровального обладнання у виді продукційної моделі.

3. Обгрунтовано необхідність застосування у стратегії пошуку рішень індуктивного підходу, що дозволяє враховувати неповноту виражених у формі продукцій предметних знань. З позицій поняття подібності проведена інтерпретація індуктивного навчання вибору обладнання як процесу навчання розпізнавання образів.

4. Розроблено моделюючий алгоритм, що базується на використанні потенціальних функцій, який забезпечує навчання вибору фільтровального обладнання на основі обробки знань що представлені продукційними правилами, та дозволяє скоротити час виводу рішення за рахунок мінімізації числа корекцій кумулятивного потенціалу.

5. З позицій сформульованих принципів відбору факторів, що зумовлюють вибір фільтровального обладнання для розділення суспензій, визначена область предметних знань необхідних для використання у механізмі індуктивного виводу. Розроблені шкали якісних градацій які забезпечують експертне оцінювання факторів та проведена структурізація відібраних знань для формування бази знань.

6. Розроблено архітектуру інтегрованої моделюючої системи, що забезпечує нову інформаційну технологію для вибору фільтровального обладнання, яка орієнтована на одержання нових знань та адаптацію системи по мірі її розвитку.

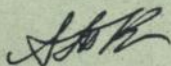
7. Інтелектуальна система реалізована як програмний комплекс, що входить до складу САПР ЕКОЛОГІЯ, і застосовувалась при виборі фільтровального обладнання для вузла очистки стічних вод Первомайського хімомбінату. Отримані рішення дозволили видати рекомендації по удосконаленню апаратного оформлення діючої адсорбційної установки та інтенсифікації роботи обладнання.

8. Результати роботи впроваджені в практику автоматизованого проектування Українського державного інституту по проектуванню підприємств целюлозно-паперової промисловості, а також використовуються в учбовому процесі Київського політехнічного та Дніпропетровського хіміко-технологічного інститутів.

За матеріалами дисертації опубліковані наступні роботи.

1. Статюха Г.А., Ткачук А.И., Копецкий В.П. Алгоритмы имитационного моделирования для исследования проектируемых технологических систем // Хим. технол. (Киев). - 1983. - № 2. - С.51 - 53.
2. Статюха Г.А., Браженко Н.В., Ткачук А.И. Интегрированные автоматизированные системы проектирования в химической технологии. К.: О-во "Знание" УССР, 1983. - 16 с.
3. Ткачук А.И. Оптимизация режима работы аппарата адсорбционной очистки вредных выбросов // Методы кибернетики в химии и химической технологии: Тез. докл. I Всесоюз. совещания-семинара молодых ученых. - Грозный, 1984. - С. 12.
4. Ткачук А.И. Задачи оптимизации в системе автоматизированного проектирования схем очистки вредных выбросов // Материалы Науч. конф. мол. ученых и специалистов Киев. политехн. ин-та / Киев, 1984. - С.3-6. - Деп. в УкрНИИНТИ 05.04.85, № 694-Ук85.
5. Статюха Г.А., Ткачук А.И. Автоматизированный выбор оборудования при проектировании химико-технологических схем очистки // Хим. технол. (Киев). - 1987. - № 5. - С. 50 - 52.
6. Ткачук А.И. Использование методов распознавания образов при автоматизированном выборе проектируемого технологического оборудования // САПР и АСУТП в химической промышленности: Тез. докл. I обл. научно-техн. семинара. - Черкассы, 1987. - С. 38.
7. Ткачук А.И., Конопацкий О.В. Использование моделей экономической оценки оборудования при проектировании химико-технологических схем очистки // Актуальные проблемы совершенствования уп-

- равления природопользованием и охрана окружающей среды: Тез. докл. респ. научно-практич. конф. - Черкассы, 1988. - С.99-100.
8. Ткачук А.И. Выбор варианта аппаратурного оформления проектируемой химико-технологической схемы очистки // САПР и АСУТП в химической промышленности: Тез. докл. III научно-техн. семинара. - Черкассы, 1989. - С. 12 - 13.
 9. Ткачук А.И. Интеллектуальная система для выбора фильтровального оборудования // САПР и АСУТП в химической промышленности: Тез. докл. IV научно-техн. конф. - Черкассы, 1991. - С.15 - 16.
 10. Ткачук А.И. Информационная система по технологическому оборудованию и свойствам веществ // Там же. - С. 13 - 14.
 11. Ткачук А.И., Статюха Г.А. Интеллектуальная система моделирования процесса разделения суспензий для решения задачи выбора оборудования // Применение компьютерных технологий и систем для решения современных научно-технических и экономических задач: Тез. докл. межрегионального научно-техн. семинара. - Черкассы, 1993. - С. 46.
 12. Ткачук А.И. Инструментальная оболочка для создания информационных систем // Там же. - С. 50.



AB 28.193