

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ В ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ Й УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

УДК 004.93'1

ЗАХОЖАЙ Олег Ігорович

к.т.н., доцент, доцент кафедри електронних систем Донбаського державного технічного університету.

Наукові інтереси: інформаційні технології, розпізнавання образів і штучний інтелект, обробка зображень та комп'ютерний зір, автоматизовані системи управління складними багатокomпонентними комплексами і системами.

e-mail: zoi@bk.ru

ВСТУП

Розвиток теоретичних і реалізаційних основ побудови інформаційних систем автоматизованої обробки інформації і управління пов'язаний з кількісним і якісним розширенням сфери їхнього застосування. Цей процес є багатоплановим і йде одночасно по різних напрямках. Значна кількість сучасних об'єктів автоматизації представляють собою складні системи, для яких частково або повністю невідомі функціональні залежності між вхідними і вихідними параметрами. В таких системах, управлінське рішення приймається без формування цілісного образу об'єкту управління і навколишнього середовища в їх поточному стані, а також без прогнозування розвитку середовища і реакції об'єкту управління на ті або інші управляючі або обурюючі впливи. У разі, коли параметри об'єкту управління детерміністським і цілком однозначним чином пов'язані з його станами, такий підхід є адекватним. В цьому випадку, використання традиційного підходу до управління за параметрами, який пов'язаний зі створенням математичних моделей об'єктів, є раціональним.

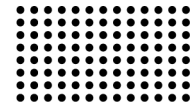
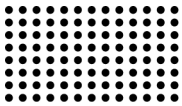
З іншого боку, використання інформаційних технологій для побудови автоматизованих систем управління складними системами дозволяє уникнути необхідності повного математичного опису об'єкту, та реалізувати не тільки концепцію управління за параметрами, але й управління за станом. Надалі пропонується

розглядати параметри складного об'єкту управління як зовнішній прояв його стану, оскільки у цьому випадку, зв'язок між спостережуваними параметрами і станом системи має складний і неоднозначний характер. Цей факт підтверджується у роботі [1], де на думку авторів, коли об'єкт управління є складною системою, підхід, заснований на управлінні по параметрах, є неадекватним. В цьому випадку формування управлінського рішення повинне здійснюватися на основі даних про поточний стан об'єкту управління.

Для рішення задач управління складними системами доцільне використання інформаційних технологій розпізнавання образів. Розпізнавання образів в задачах побудови систем автоматизованої обробки інформації і управління дозволяє реалізувати адаптивне управління складними системами [1].

Область застосування інформаційної технології розпізнавання образів досить широка. Фактично, будь які інформаційні процеси, в тому чи іншому прояві, використовують апарат розпізнавання. При цьому, інформаційні системи автоматизованої обробки інформації і управління не є винятком. Нижче наведений малий перелік існуючих застосувань апарату розпізнавання образів.

- Розпізнавання зорових образів, і побудова систем технічного зору [2, 3].
- Розпізнавання звукових образів [4].



- Розпізнавання стану технічних об'єктів і системи технічної діагностики [5].
- Аналіз екологічної обстановки, прогнозування сейсмічної активності, рівня річок, динаміки та просторового розподілу забруднень тощо [6].
- Прогнозування врожайності, системи підтримки прийняття рішень в задачах агропромислового комплексу [7].
- Завдання розпізнавання нафтоносних і водоносних пластів за непрямыми геофізичними даними тощо [8].
- Аналіз геомеханічних процесів і прогнозування динаміки газовиділень при веденні очисних робіт у вугільних шахтах [9].
- Аналіз стану технічних систем і формування управлінських рішень в автоматизованих системах управління складними багатокomпонентними комплексами та системами [5].
- Аналіз економічних і геополітичних процесів [10]. Системи психолого-соціологічних досліджень [11, 12].

Незважаючи на специфіку проблемної орієнтації тих або інших систем автоматизованої обробки інформації і управління, для більшості з них притаманні загальні концепції побудови, що базуються на необхідності прийняття управлінських рішень в умовах часткової або повної невизначеності і використання управління за станом.

Отже, в загальному випадку, завдання ідентифікації стану об'єкту на основі інформації про його параметри та параметри навколишнього середовища може бути представлено як типове завдання розпізнавання образів. У випадку складного об'єкту, ідентифікація його стану, а також вирішення будь-яких управлінських задач може бути зведене до рішення прямої або зворотної задачі розпізнавання образів.

АНАЛІЗ ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Конкретний результат роботи системи автоматизованої обробки інформації і управління може бути представлений в узагальненій формі, як приналежність об'єкта O одному із заздалегідь фіксованих класів $\{C\}$. А початкові данні, як правило, задаються у вигляді дискретних відомостей про об'єкти $\{x(t)\}$, що надаються до розпізнавання, наприклад у вигляді набору об'єктів, що

заздалегідь класифікуються. З математичної точки зору це означає, що розпізнавання образів є далекосяжним узагальненням ідеї екстраполяції функції.

На практиці створення таких систем стримується недостатньою розробленістю теорії, стандартних, перевірених і відпрацьованих методів їхнього синтезу, а також недоліком відповідних інструментальних програмних засобів [1].

Актуальність проведення дослідження у напрямку розробки інформаційної технології автоматизованої обробки даних і управління складними системами на основі апарату розпізнавання образів визначається необхідністю рішення наступних завдань:

- підвищення ефективності функціонування вже існуючих інформаційних систем автоматизованої обробки інформації і управління;
- розширення сфери застосування інформаційних систем автоматизованої обробки інформації і управління для випадків, коли об'єкт управління є складною, динамічною, багатопараметричною, слабодетермінованою системою.
- розробки нових методів синтезу гнучких, багатопараметричних, багатокритеріальних інформаційних систем обробки даних і управління;
- розробки наукових і методологічних основ створення ефективних і швидкодіючих інформаційних систем автоматизованої обробки даних і управління, що дозволяють формувати управлінські рішення за умови стохастичності зміни зовнішніх факторів, характеру об'єктів управління та динамічності управляючих впливів;
- розробки інформаційних моделей синтезу гнучких, багатокритеріальних і багатопараметричних інформаційних систем автоматизованої обробки даних і управління.

Досить часто, для отримання адекватного результату немає необхідності врахування усього переліку аспектів інформаційного процесу. Тоді окрім класичних підходів до алгоритмізації процесів обробки інформації і управління виникли і методи засновані на абсолютно іншій природі, до того ж, як показала практика рішення деяких завдань, вони дуже часто дають кращий результат ніж рішення, засновані на переускладнених математичних моделях. Ідея цих методів полягає у відмові від прагнення створити вичерпну математичну модель об'єкту, а замість цього

задовольнитися приватним рішенням, на основі використання різноманітної сукупності евристик і апарату розпізнавання образів [13].

Слід зазначити, що в інформаційній технології розпізнавання образів, за умови значного ступеня невизначеності при прийнятті рішення щодо класифікації, можуть бути використані евристики, що притаманні людині, як об'єкту з раціонально-нерациональним мисленням [14]. Базові дослідження в цьому питанні проведені такими вченими, як Г.Райфа, М.Алле, А.Тверський, П.Словик, Б.Фишхоф, Д.Канеман, С.Ліхтенштейн [14-16]. Серед основних евристик можна відокремити наступні.

1) *Судження по показності*. Людина часто судить про вірогідність того, що об'єкт А належить до класу В тільки по схожості А на типовий об'єкт класу В. Вона майже не враховує апріорну вірогідність, що впливає на цю приналежність. Людина орієнтується тільки на показність, не враховуючи розміру вибірки, по якій виноситься судження.

2) *Судження по повторювальності*. Люди часто визначають вірогідність подій по тому, як часто вони самі стикалися з цими подіями і наскільки важливими для них були ці зустрічі. Так А.Тверський і Д.Канеман відмічають [15], що багато людей, вірять в «закон малих чисел», що стверджує, що мала вибірка добре характеризує усю множину.

3) *Судження по точці відліку*. Якщо при визначенні вірогідностей використовується початкова інформація як точка відрахування, то вона істотно впливає на результат.

4) *Наддовіра*. Експериментальні дослідження вказують, що людина надмірно довіряє своїм судженням, особливо у випадках, коли виноситься судження про минулі події. Людина переоцінює свої судження про вірогідність рідкісних явищ.

5) *Прагнення до виключення ризику*. Численні роботи показують, що як в експериментах, так і в реальних ситуаціях людина прагне виключити альтернативи, пов'язані з ризиком. Вона погоджується на середні (і гірше за середніх) альтернативи, тільки щоб не виникли ситуації, де хоч би при дуже малій вірогідності можливі великі втрати.

Ці евристики можуть істотно спростити обробку даних в інформаційній системі, особливо у випадку слабо струк-

турованого завдання та високого рівня стохастизму. Цей факт обумовлює додаткову перевагу використання апарату розпізнавання образів в системах автоматизованої обробки інформації та управління.

Фактично, будь-яка сучасна інформаційна система обробки інформації і управління, поза залежністю від функціонального призначення, виконує три основні функції: збір інформації, її обробку і формування управляючої інформації (або формування інформації, на підставі якої може бути прийнято рішення або людиною, або технічною системою). Для якісного виконання вказаних функцій необхідно забезпечення наступних елементів:

1) адекватного функціонування технічних засобів введення інформації, що дозволить мінімізувати викривлення вхідного потоку інформації та забезпечити коректне представлення вхідного масиву даних;

2) коректних алгоритмів попередньої обробки даних, за необхідності їхньої нормалізації та подальшого збереження;

3) коректних алгоритмів обробки даних, що, з урахуванням специфіки задачі, яка вирішується, та стану об'єкту, дозволить отримати необхідний вихідний інформаційний потік.

4) за необхідністю, здійснення функцій управління визначеним об'єктом управління.

Слід зазначити, що розглянуті елементи мають значний взаємний вплив, що вимагає комплексного рішення по забезпеченню достовірного функціонування системи на кожному етапі життєвого циклу. При цьому, необхідний узагальнений підхід щодо побудови будь-яких систем автоматизованої обробки інформації і управління на основі апарату розпізнавання образів.

РІШЕННЯ ЗАДАЧІ

На рис. 1 наведена загальна інформаційна модель процесу збору, обробки інформації і управління. З точки зору теорії інформації, такий процес, фактично, представляє собою канал передачі даних. Якщо вважати, що ідеальний канал передачі інформації дозволяє передати інформацію зі входу на вихід без втрат і викривлень, то трансформація вхідного потоку інформації $I(t)$ у вихідний канал управління $I_0(t)$ можна представити як внесення деякої перешкоди ζ . Тоді залежність між вхідним і вихідним інформаційними потоками може бути представлена у детермінованому вигляді як

$$I_d(t) = \xi \cdot I(t). \quad (1)$$

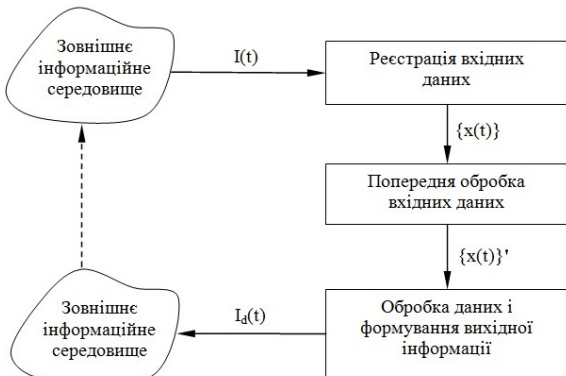


Рисунок 1 – Загальна інформаційна модель процесу збору, обробки інформації і управління

В залежності (1) характеристика перешкоди представлена скалярною величиною, однак таке припущення можливе тільки для нестохастичних систем. У випадку стохастичності, характеристика внесеної перешкоди буде мати вірогіднісний характер і повинна бути представлена функціоналом. Зміна характеристики перешкоди у часі пов'язана з внутрішньою організацією системи, неструктурованістю завдання на управління, а також відсутністю повного опису і врахування факторів, що визначають стан системи (система з елементами невизначеності). З урахуванням вищенаведеного, залежність (1) прийме наступний вигляд:

$$I_d(t) = \xi(t) \cdot I(t). \quad (2)$$

З урахуванням того, що у більшості випадків управління складними системами немає можливості аналітичного апріорного опису характеристики $\xi(t)$, задача її ідентифікації може бути виконана на основі додання апостеріорної інформації і використання апарату розпізнавання образів. Так, у випадку побудови систем автоматизованої обробки інформації і управління складними системами, неповна формалізація задачі управління не дозволяє здійснювати управління за параметрами системи. В цьому випадку доцільне використання управління за станом системи.

Залежність (2) ілюструє процес перетворення вхідного потоку в інформаційній системі автоматизованої обробки даних і управління. Однак в даному випадку не враховується кінцевий час перетворення інформації, так як часова складність процесів обробки даних не дорівнює нуля. Кінцевий час протікання інформаційних

процесів призведе до того, що вихідний результат, який базується на апостеріорній інформації $I(t)$, буде отриманий тільки у момент часу $t+\Delta t$, де Δt характеризує часову складність інформаційного процесу. Ця характеристика є інтегральною і складається з часової складності кожного етапу перетворення даних:

$$\Delta t = \sum_{i=0}^{n-1} (t_{i+1} - t_i), \quad (3)$$

де n – кількість етапів у послідовності інформаційного процесу;

t_i при $i=0$ відповідає моменту часу надходження вхідного потоку інформації.

Згідно з інформаційною моделлю, наведеною на рисунку 1, $n=3$, однак глобальні етапи, наведені в моделі, в залежності від специфіки процесу, можуть поділятися на сукупності локальних.

Тоді, з урахуванням (3) залежність (2) прийме наступний вигляд:

$$I_d(t + \Delta t) = \xi(t) \cdot I(t). \quad (4)$$

Із залежності (4) витікає, що з урахуванням часової складності інформаційного процесу буде спостерігатися невідповідність миттєвих характеристик вихідного і вхідного потоків. Тобто, у момент часу $t+\Delta t$ вихідний потік фактично буде характеризувати перетворений стан вхідного потоку для моменту часу t .

Таким чином, з урахуванням кінцевої часової складності процесу перетворення інформації, у будь який момент часу вихідний потік буде не актуально характеризувати вхідні дані, що негативно відбивається на якісному функціонуванні інформаційної системи і достовірності формування управлінських рішень. Це особливо важливо для автоматизованих систем керування, де такі часові затримки можуть вплинути на якість управління, особливо у випадку наявності динамічних, швидкоплинних процесів.

В таких умовах стає актуальним не тільки створення достовірних методів і алгоритмів обробки інформації, але й їхня оптимізація у напрямку мінімізації часової складності, що характеризується прагненням максимально зменшити величину Δt , а з урахуванням (3) – через часову оптимізацію кожного з етапів обробки інформації.

Фактично, розглянута інформаційна модель процесу збору, обробки інформації і управління (рисунк

1), що була представлена як канал передачі даних, може бути представлена послідовністю l каналів передачі даних, кожен з яких вносить свою перешкоду, і відповідно, має власну часову затримку обробки інформації. Тоді задача загальної оптимізації інформаційних процесів всієї системи може бути представлена декомпозицією окремих етапів.

Задача часової оптимізації процесу реєстрації вхідних даних (рисунок 1) пов'язана, насамперед, з мінімізацією вхідного інформаційного потоку, а також вдосконаленням технічних засобів реєстрації інформації. Результатом виконання цього етапу буде формування множини інформаційних ознак $\{x(t)\}$. Зменшення розмірності вхідного інформаційного поля, з метою мінімізації часової складності, не повинно вплинути на інформативність множини ознак, що отримується. По перше, повинна виконуватися умова достатньої інформативності ознак для отримання достовірного результату обробки інформації та формування управлінських рішень [16]. По друге, надмірне скорочення множини інформативних ознак і значна мінімізація часової складності процесу реєстрації може призвести до ускладнення методологічної і алгоритмічної реалізації наступних етапів обробки, що негативно може сказатися на їхній часовій складності. Таким чином, надмірна мінімізація часової складності одного етапу, може негативно вплинути на часову складність наступних етапів. При чому, локальний вигравш від оптимізації одного етапу може призвести до глобального програшу інтегрального показника (3) часової складності усього інформаційного процесу.

Виходячи з вищезгаданого можна зробити висновок, що локальна оптимізація окремих етапів інформаційного процесу може бути малоефективною щодо глобальної ефективності усього процесу. Тому, рішення оптимізаційних задач повинно здійснюватися з урахуванням взаємного впливу усіх етапів інформаційного процесу, а система критеріїв оцінки ефективності і достовірності обробки даних повинна мати інтегральний характер.

Отримання деякої множини інформаційних ознак $\{x(t)\}$ не достатньо для ефективного рішення задач обробки інформації і формування управлінських рішень. Мінімізація часової складності, а також забезпечення необхідної достовірності обробки даних, можливі тільки за умови використання меншої кількості, але

більш інформативних для прийняття рішення, ознак. Тому, попередньо необхідно провести селекцію інформативних ознак з метою визначення їхньої раціональної сукупності [17]. Результатом такої селекції є множина інформативних ознак $\{x(t)\}'$, при чому

$$\{x(t)\}' \subset \{x(t)\}. \quad (5)$$

Тобто, над самими ознаками не здійснюється перетворення, а зазнає перетворень тільки їхня сукупність.

Використання механізму розпізнавання образів обумовлює включення до загальної сукупності ознак як апостеріорної так і апіорної інформації. В системах автоматизованої обробки інформації і управління ці ознаки характеризують наступне:

- завдання управління;
- обурюючі впливи навколишнього (для системи) середовища, а також внутрішні обурюючі процеси;
- інформацію про вихідний стан системи (характеристики зворотних зв'язків).

На рис. 2 наведена функціональна модель системи автоматизованої обробки інформації і управління складними об'єктами.

Завдання ідентифікації стану складних об'єктів управління по його вихідних параметрах може вирішуватися підсистемою ідентифікації, що працює на принципах розпізнавання образів. При цьому класами розпізнавання є стани складного об'єкту управління, а ознаками – його параметри.

Підсистема формування управляючих дій також може бути заснована на алгоритмах розпізнавання образів, що вирішують наступні завдання:

- прогнозування розвитку в динаміці стану навколишнього середовища, а також внутрішніх обурюючих факторів;
- прогнозування розвитку стану об'єкту управління;
- вибір параметрів $\{x(t)\}$, що переводять об'єкт управління в цільовий стан, який характеризується деяким класом C .

Таким чином, ціль системи автоматизованої обробки інформації і управління може бути представлена у формі суперпозиції трьох вказаних підцілей. При цьому послідовно вирішуються наступні два зворотні завдання розпізнавання:

– визначаються найбільш характерні для класу C вихідні параметри об'єкту управління:

$$\{y(t)\} \Leftrightarrow C; \quad (6)$$

– за визначеною, на попередньому етапі життєвого циклу системи, сукупністю вихідних параметрів визначаються вхідні параметри, що з найбільшою ефективністю переводять об'єкт у шуканий стан, який характеризується класом C

$$C \Leftrightarrow \{x(t)\}. \quad (7)$$

Отримана класифікація за класами може надаватися людині, для остаточного прийняття управлінських рішень з урахуванням необхідної стратегії управління.

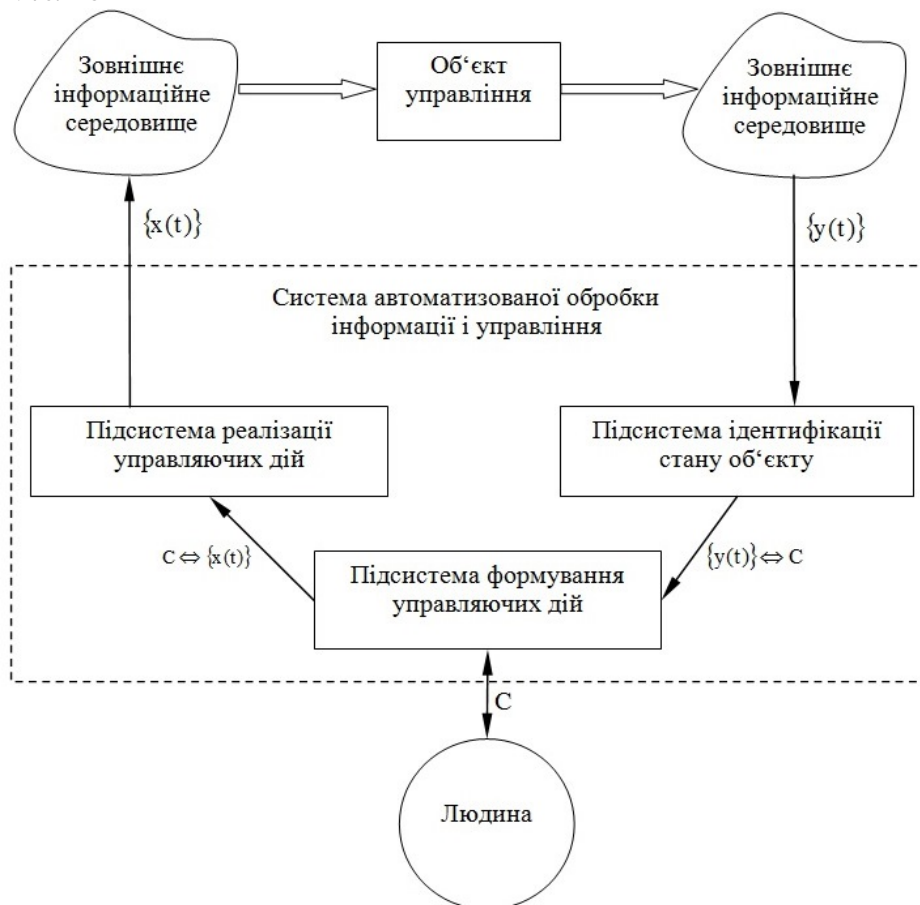


Рисунок 2 – Функціональна модель системи автоматизованої обробки інформації і управління

За отриманим вектором вхідних параметрів здійснюється функція управління. В цьому випадку, визначення стану системи реалізується через пряму задачу розпізнавання (6), а визначення управляючих дій – через зворотну (7).

Як витікає з функціональної моделі, наведеної на рисунку 2, система розпізнавання образів входить до складу як підсистеми ідентифікації стану об'єкту (моніторингу), так і підсистеми формування управляючих дій.

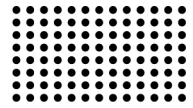
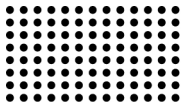
В підсистемі ідентифікації, розпізнавання образів застосовується для того, щоб класифікувати стан складного об'єкту управління, тобто дати йому узагаль-

нену оцінку, що не зводиться до сукупності значень вихідних параметрів. Таким чином, у підсистемі ідентифікації основним є режим розпізнавання.

У підсистемі формування управляючих дій по заданих цільових станах визначаються:

- передумови, тобто незалежні від людини ознаки (передісторія, ознаки середовища), необхідні для досягнення цього стану;

- управляючі дії, які з визначеною вірогідністю можуть перевести складний об'єкт управління в актуальному (початковому) стані, з визначеною передумовою в заданий цільовий стан.



Обидва ці завдання, відносяться до зворотних завдань системи розпізнавання образів.

Відповідно до наведеної функціональної моделі може бути забезпечена адаптивність алгоритмів обробки інформації і управління. В цьому випадку, накопичення інформації про результати попередніх циклів управління дозволяє, при формуванні управляючих дій, врахувати нові закономірності зв'язку ознак і поведінки об'єкту управління. При високій динамічності об'єкту управління раніше накопичені відомості застарівають і їхній вплив на вибір управляючих дій, з часом зменшується. Крім того є такі адаптивні можливості, як перегляд експертних оцінок і зміна списків класів розпізнавання та ознак. При цьому, також стає важливим зниження часової складності аналізу даних, що дозволяє актуалізувати у часі попередній досвід управління системою.

Після формування управляючих дій, за допомогою розпізнавання може бути здійснене прогнозування результатів їхнього застосування.

Таким чином, у підсистемі формування управляючих дій, режим аналізу узагальнених образів є основним, а режим розпізнавання – допоміжним. При чому, в підсистемах ідентифікації (моніторингу) і формування управляючих дій, може бути застосована одна система розпізнавання образів. Проте, в системі ідентифікації використовується лише режим розпізнавання, а в підсистемі формування управляючих дій – передусім режим аналізу, а також режим розпізнавання. У обох підсистемах доцільне використання режиму навчання і верифікації вирішальних правил.

ВИСНОВКИ

На основі вищевикладеного, можна зробити наступні основні висновки:

– аналіз існуючих проблем і обмежень щодо побудови систем автоматизованої обробки даних і управ-

ління складними об'єктами вказує на доцільність використання концепції управління за станом і апарату розпізнавання образів;

– використання інтелектуальних алгоритмів розпізнавання образів та евристик дозволяє спростити аналіз слабодетермінованих закономірностей поведінки складних об'єктів управління і знизити часову складність формування управлінських рішень;

– з метою узагальнення підходів щодо побудови інформаційних технологій автоматизованої обробки даних і управління різноманітними складними об'єктами доцільне використання інформаційної моделі, що представляє систему, як канал передачі даних;

– аналіз представленої інформаційної моделі наглядно вказує на невідповідність вхідного і вихідного інформаційних потоків, яка обумовлена кінцевою часовою складністю окремих етапів обробки даних;

– сформульовані основні підходи до мінімізації часової складності окремих етапів інформаційного процесу;

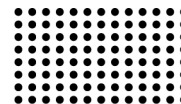
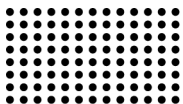
– мінімізація часової складності потребує розробки інтегральних критеріїв, що дозволили б отримати загальну мінімізацію усього інформаційного процесу, а не окремих його етапів;

– представлена функціональна модель системи автоматизованої обробки інформації і управління вказує на можливість виконання основних задач через пряме і зворотне розпізнавання, які можуть бути реалізовані у складі однієї інтелектуальної системи;

– напрямок подальших досліджень доцільно пов'язати з розробкою нових методів і засобів зниження часової складності процесів обробки даних, а також розвитку теоретичних і реалізаційних основ побудови багатокритеріальних, багатопараметричних систем розпізнавання образів для автоматизованої обробки інформації і управління складними об'єктами.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Simankov V.S. Adaptivnoe upravlenie slozhnymi sistemami na osnove teorii raspoznavaniya obrazov: Monografija /V.S. Simankov, E.V. Lucenko. – Krasnodar: Tehn. un-t Kuban. gos. tehnol. un-ta, 1999. –318 s.
2. Tarasov V.B. Nechetkie modeli v obrabotke izobrazhenij: obzor zarubezhnyh dostizhenij /V.B. Tarasov, S.Ju. Zheltov, A.A. Stepanov //Novosti iskusstvennogo intellekta. – 1993. – №3. – S.40-64.
3. Duda R., Hart P. Pattern classification and scene analysis. – New York, Wiley–Interscience, 1973.
4. Mazurenko I.L. Komp'yuternye sistemy raspoznavaniya rechi. //Intellektual'nye sistemy. – 1998. – T.3. Vyp.1-2.
5. Ul'janov S.V. Nechetkie modeli intellektual'nyh promyshlennyh sistem upravleniya: teoreticheskie i prikladnye aspekty //Izvestija AN SSSR. Serija: Tehnicheskaja kibernetika. – 1991. – №3. – S.3-29.



6. Dorohov I.N. Avtomatizirovannaja sistema jekologicheskogo monitoringa promyshlennogo rajona //Programmnye produkty i sistemy. – 1998. – №1. – S.37-44.
7. Zagajtov I.B. O primenenii metodov raspoznavanija obrazov k prognozirovaniju kolebanij urozhajnosti zernovyh kul'tur /I.B. Zagajtov, V.G. Raskin, L.P. Janovskij //Jekonomika i matematicheskie metody. – 1982. – Vyp. 5. – S.861-867.
8. Vapnik V.N. Teorija raspoznavanija obrazov (statisticheskie problemy obuchenija) /V.N. Vapnik, A.Ja. Chervonenkis. – M.: Nauka, Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoy literatury, 1974. – 416 s.
9. Antoshhenko N.I. Geomehanicheskie processy i prognoz dinamiki gazovydelenija pri vedenii ochistnyh rabot v ugol'nyh shahtah: monografija /N.I. Antoshhenko, V.N. Okalelov, V.I. Pavlov. – Alchevsk: DonDTU, 2010. – 451 s.
10. Statisticheskie metody povyshenija kachestva /Pod. red. H. Kumje. – M.: Finansy i statistika, 1990. – 304 s.
11. Solso R. Robert. Kognitivnaja psihologija: Per. s angl. – M.: Trivola, 1996. – 600 s.
12. Djuk V.A. Komp'juternaja psihodiagnostika. – SPb: Bratstvo, 1994. – 365 s.
13. Rjaben'kij V.M. Kombinovani sistemi rozpoznavannja obraziv /V.M. Rjaben'kij, O.I. Zahozhaj. //Problemi informacijnih tehnologij. – 2011. – №1 (009). – S.152-157.
14. Russell T. The Relevance of Quasi-Rationality in Competitive Markets. In: D. Bell, H. Raiffa, A. Tversky (Eds.) Decision Making: Descriptive, Normative and Prescriptive Interactions. /T. Russell, R. Taylor. – Cambridge: Cambridge University Press, 1988. – 462 p.
15. Kahneman D. Prospect Theory: an Analysis of Decisions under Risk /D. Kahneman, A. Tversky. //Econometrica. – 1979. – №47. – 384 p.
16. Fishhof B., Gojtein B., Shapiro 3. Sub#ektivnaja ozhidaemaja poleznost': model' prinjatija reshenij //Procedury ocenivanija mnogokriterial'nyh ob#ektov: Sb. tr. VNIISI. – 1984. – №9. – S.241-267.
17. Zahozhaj O.I. Pidvishhennja dostovirnosti rozpoznavannja ob'ektiv za umovi najavnosti vikrivlen' i'hn'ogo vidobrazhennja u prostori obraziv //Vestnik Hersonskogo nacional'nogo tehniceskogo universiteta. – 2013. – №2 (44). – S.144-148.
18. Zahozhaj O.I. Selekcija racional'noi sukupnosti informativnih obraziv v kombinovanih sistemah rozpoznavannja //Elektrotehnicni ta komp'juterni sistemi. – 2013. – №09 (85). – S.186-192.

Рецензент: д.т.н., проф. Меньяйленко О.С., Луганський національний університет ім.Т. Шевченка, Луганськ.