

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ

УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

на правах рукопису

ЧІКІНА Наталія Олександрівна

ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНІВ СИСТЕМ, ЩО РОЗВИВАЮТЬСЯ, З ДИСКРЕТНИМ
ЧАСОМ В УМОВАХ АПРІОРНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

05.13.03 - Системи та процеси керування

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук



Харків - 1996

Дисертація є рукопис.

Робота виконана у Харківському державному технічному університеті радіоелектроніки.

Науковий керівник: Доктор технічних наук, професор
РУДЕНКО Олег Григорович.

Науковий консультант: Доктор медичних наук, професор
СОЛОШЕНКО Ельвіра Миколаївна

Офіційні опоненти:

1. Доктор технічних наук, професор
АБРАМОВ Юрій Олексійович.

2. Доктор технічних наук, доцент
ЛЮБЧИК Леонід Михайлович.

Провідна організація:

Харківське конструкторське бюро з машинобудування
ім.О.О.Морозова, м. Харків.

Захист дисертації відбудеться "27" серпня 1996 р. о 15⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради К 02.25.06 у Харківському державному технічному університеті радіоелектроніки за адресою: 310726, м.Харків, пр.Леніна, 14, Факс:(0572) 40-91-13.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці університету.

Автореферат розіслано "24" серпня 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Е.О.Дедіков

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00753625 (S)

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність і ступінь дослідженості дисертації.

Інтенсифікація досліджень динаміки систем, що розвиваються, вимагає постійного удосконалення і поновлення існуючого апарату моделювання і управління динамічними системами.

Сучасні вимоги практики до дослідження складних медично-біологічних об'єктів призвели до появи нового класу систем - системи, що розвиваються. Особливість даного класу систем полягає в тимчасовій мінливості їхньої структури, аналітичний вираз якої ускладнений або неможливий і характеризується непостійністю в процесі розвитку набору вхідних і вихідних змінних систем, зашумленістю вхідних даних і значним рівнем апріорної невизначеності.

Для подолання апріорної невизначеності про структуру системи доцільно використовувати алгоритми автоматичної класифікації, більша частина яких передвизначена на випадок кількісних змінних. В просторі ж різнотипних ознак засоби класифікації розроблені недостатньо повно, що особливо характерно для групи алгоритмів, які припускають явне визначення класу.

Розвиток засобів розпізнавання образів призвів до появи нового класу задач - динамічного прогнозування тимчасових процесів. Даний напрямок досліджень також знаходиться на стадії становлення.

Процеси прийняття рішень в системах, що розвиваються (РС), часто характеризуються нечітким завданням цілі корегування процесу зміни станів системи і обмеженням на керуючі дії. Застосування в даних умовах засобів класичної теорії примушує домагатися штучної формалізації і точності рішення задач управління, недоречної в подібних складних системах.

Мета роботи і основні задачі наукового дослідження.

Метою дисертаційної роботи є розвиток методології комплексного дослідження функціонування РС з дискретним часом, що орієнтується на рівень малої апріорної інформації, розробки засобів прогнозу розвитку систем і алгоритмів вибору керуючих дій для корегування їх станів.

У вигляді об'єкту дослідження і основи для застосування розроблених моделей і алгоритмів з'явилися дані по вивченню динаміки розвитку

професійно зумовлених захворювань у робітників хімічно-фармацевтичних підприємств.

Основні задачі наукового дослідження:

побудова статистичних моделей РС з дискретним часом і оцінка їх ефективності;

розробка засобу ідентифікації станів РС з використанням нечітких класифікаторів;

виявлення закономірностей функціонування РС з дискретним часом;

розробка засобів прогнозу стану систем з дискретним часом у випадку різнотипних ознак;

побудова алгоритму вибору управляючих дій для корегування стану системи.

Теоретична і практична цінність дослідження і його наукова новизна.

В дисертації з єдиної позиції загальної теорії систем вирішуються проблеми комплексного дослідження медико-біологічних РС при апріорній невизначеності про структуру системи і цілі її функціонування:

допрацьовано і розвинуто засіб виявлення закономірностей функціонування РС з дискретним часом з використанням класу логічних функцій;

розроблено алгоритм нечіткої класифікації і розпізнавання для ідентифікації станів РС з дискретним часом;

розроблено алгоритми прогнозу станів системи в умовах апріорної невизначеності;

розроблено алгоритм виявлення факторів ризику на базі обробки експертних оцінок методами нечіткого аналізу.

Практична цінність дисертації полягає в доведенні теоретичних результатів до конкретних дослідницьких методик, а також розробці прикладних програм систем обробки даних, що забезпечує можливість їх використання у таких напрямках:

1. У наукових дослідженнях та удосконаленні методів побудови моделей динамічних систем з дискретним часом.

2. При розробці автоматизованих систем нечіткої класифікації та прогнозу станів складних динамічних систем.

3. При проектуванні автоматизованих систем контролю та керуванню складними динамічними об'єктами.

4. При проектуванні спеціалізованих систем штучного інтелекту.

Рівень реалізації і впровадження наукових розробок.

Робота виконана згідно з тематикою науково-дослідних робіт: "Розробка комплексу заходів з автоматизованою системою управління по ранній діагностиці, лікуванню і профілактиці хворих на алергодерматози серед робітників з шкідливими умовами праці (хімічно-фармацевтична і хімічна промисловості)", шифр теми 505, Н ДР 01.9. 10 050715. ; "Вивчення умов праці і стану здоров'я робітників хімічно-фармацевтичних підприємств і аптек з ціллю розробки засобів профілактики і діагностики професійних захворювань з використанням автоматизованих інформаційних систем для диференційного підходу до реабілітації і медичного страхування", Н ДР ОК. 92.18. 302.

Засоби прогнозу і прийняття рішення в умовах апріорної невизначеності були використані при проектуванні і реалізовані при створенні автоматизованої інформаційної системи по ранній діагностиці і профілактиці професійно зумовлених алергодерматозів, що була впроваджена на фармацевтичній фірмі "Здоров'я", м. Харків, і автоматизованої інформаційної системи "АРМ лікаря-дослідника дерматовенеролога" в УНДЦДВ, м. Харків.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися на конференціях професорсько-викладацького складу Харківського політехнічного інституту (м. Харків, 1984-1990 рр.); на Республіканській науково-технічній конференції "Функціонально-орієнтовані обчислювальні системи" (м. Харків, 1986 р.); на Республіканському семінарі "Застосування ЕОМ в медицині" (м. Харків, 1984-1988 рр.); на семінарі "Питання оптимізації ефективності системи управління виробництвом" (м. Харків, 1988 р.); на Українській науково-практичній конференції "Метагігієна - 93" (м. Київ, 1993 р.), "Метагігієна - 94" (м. Київ, 1994 р.); на Міжнародній конференції країн СНД "Корекція і керування функціональним станом в процесі трудової діяльності" (м. Красноярськ, 1993 р.); на Міжнародних науково-технічних конференціях "MicroCAD" (м. Харків, 1993 р., 1994 р., 1996 р.).

Публікації. По темі дисертації надруковано 18 робіт.

Структура і обсяг дисертаційної роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, містить 12 малюнків, 6 таблиць, список зносок із 115 найменувань і 2 додатки. Загальний обсяг дисертації складає 133 сторінок.

Особистий внесок у наукові результати, що виносяться на захист:

розробка засобу ідентифікації станів РС з використанням нечітких класифікаторів;

розробка алгоритмів виявлення закономірностей функціонування РС з дискретним часом;

розробка засобів прогнозу стану РС з дискретним часом у випадку різнотипних признаков в умовах апіорної невизначеності;

побудова алгоритмів вибору керуючих дій для корегування стану систем.

Методологія і метод дослідження предмету. До основи теоретичних досліджень покладено: загальна теорія систем, теорія розпізнавання образів, теорія прийняття рішень.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі показана актуальність проблеми розробки засобів прогнозування станів динамічних систем з дискретним часом в умовах апіорної невизначеності на базі виявлених закономірностей їх розвитку.

У першому розділі розглядаються РС з дискретним часом в умовах апіорної невизначеності, які адекватним образом представляються у вигляді передбаченої системи, динаміка якої може бути описана на основі спостережень пар вхід-вихід $(x_t, y_t) \in V_t, t = \overline{1, M}$.

Існуючі в неявному виді відношення в множині спостережень V вхідних $x_t \in X(t)$ і вихідних $y_t \in Y(t)$ об'єктів системи містять всю інформацію про її властивості, що створюють реальну основу для вивчення поведінки системи з позицій менш структуризованих моделей.

Використання понятійного апарату загальної теорії систем, визначеного на теоретико-множинному рівні, що дає методологію дослідження складних систем при апіорній невизначеності, і виявлення властивих їм

закономірностей, дає можливість виконати математичні постановки задач дослідження РС визначити послідовність рішення окремих її етапів. Задачі кожного етапу з урахуванням взаємозв'язків між ними менш складні в структурному відношенні і характеризуються рівнем апріорної інформації, відповідним множині спостережень V . Тому адекватним інструментом алгоритмічної реалізації є засоби теорії статистичних рішень.

Клас тимчасових систем, що розглядається, - передбачені системи - дозволяє реалізувати їх реакцію у вигляді рекурентної процедури шляхом введення допоміжних функцій: $F_t: C_t \times X(t) \rightarrow Y(t)$ - вихідна функція системи, що зіставляє поточним станам цілком певне поточне значення вихідних змінних.

Введенням сімейства функцій переходу $\{R_{t_j t_{j+1}}\}$

$$R_{t_j t_{j+1}}: C_{t_j} \times Y(t_j) \times X_{t_j t_{j+1}} \rightarrow C_{t_{j+1}}$$

між об'єктами станів C_{t_j} і $C_{t_{j+1}}$ забезпечується можливість динамічного подання РС з дискретним часом, що дозволяє визначити умови опису її еволюції з використанням допоміжних функцій, що допускають більш просту реалізацію на основі експериментальних даних.

Використання взаємозв'язку між допоміжними функціями дає можливість проводити декомпозицію системи на підсистеми, які відбивають її динаміку і статистичні властивості в конкретні моменти часу.

Розвиток класу систем, що вивчається, припускає подання у вигляді взаємозв'язаної послідовності етапів зміни станів і зміни вихідних змінних системи до конкретних моментів часу $t_j \in T$. Початковими умовами для кожного $(j+1)$ етапу розвитку є $(C_{t_j}, y(t_j), x_{t_j t_{j+1}})$, результати $(c_{t_{j+1}}, y(t_{j+1}))$ складають основу для наступного етапу. Це дає можливість замінити реакцію системи на інтервалі $[t_j, t_{j+1})$ послідовністю перетворень $(R_{t_j t_{j+1}}, F_{t_{j+1}})$, тобто

$$(C_{t_j}, Y(t_j), X_{t_j t_{j+1}}) \xrightarrow{R_{t_j t_{j+1}}} (C_{t_{j+1}}, X_{t_j t_{j+1}}) \xrightarrow{F_{t_{j+1}}} Y(t_{j+1})$$

Таким чином, основні відомості про РС включають:

- поняття і процедуру формування станів $c_{t_j} \in C_{t_j}$ у вигляді множини пар $\{x_{t_j}, y_{t_j}\}$ відповідних областям однозначності функції виходу системи до дискретних моментів часу $t_j \in T$;

- подання процесу розвитку шляхом набору підсистем:

$$S^j = (C_{t_j}, Y(t_j), X_{t_j, t_{j+1}}, \bar{R}_{t_j, t_{j+1}}, \bar{F}_{t_j, t_{j+1}}, C_{t_{j+1}}, Y(t_{j+1}))$$

з послідовним Π характером їх сполучення: $S = \Pi(S^j, j \in I_t)$;

- можливість опису закономірностей взаємозв'язку між об'єктами системи при $t \in (t_j, t_{j+1}]$ за допомогою пари сімейств $(\bar{R}_{t_j, t_{j+1}}, \bar{F}_{t_j, t_{j+1}})$, які можуть бути реалізовані на основі статистичних вирішальних правил.

Нехай для системи, що досліджується, справедливі наступні положення:

а) стан системи характеризується вектором вхідних $x = (z, u)$ (z - контрольовані, u - що управляються), вихідних y змінних і в дискретні моменти часу t належить множині станів $S_t = (S_{j,t}, j \in I_t), t = \bar{1}, M$;

б) згідно з результатами декомпозиції РС з дискретним часом процес зміни її станів з вхідного $S_{j,t}$ описується логічною схемою:

$$S(x): (t = \bar{1}) \downarrow R_{i,t}^{k,t+1}(y_t, x_{t+1}) F_{k,t+1}(x_t, y_{t+1}) (t = t + \bar{1} (i = k) v \uparrow,$$

де $R_{i,t}^{k,t+1}(\cdot)$ - оператор переходу системи до одного з станів $S_{k,t+1}$, що досягаються з $S_{i,t}$ під дією x_{t+1} ; $F_{k,t+1}(\cdot)$ - перетворення, що відбиває взаємозв'язки між параметрами системи в стані $S_{k,t+1}$. При виконанні логічної умови $v: (t \leq M - 1)$ відбувається перехід по стрілці;

в) кількість станів на кожному t -му рівні структури системи не задано, але відомо, що множини станів S_t відповідають одномодальним фрагментам щільності імовірності $p(x_t, y_t), t = \bar{1}, M$, або, виходячи з практичного сенсу, $p(y_t), t = \bar{1}, M$, що вимагає додаткового припущення про наявність однозначного взаємозв'язку між вихідними і вхідними змінними системи в станах, які

визначаються. Тому апіорі вид операторів $\{R\}$ і $\{F\}$ не заданий або недовизначений;

г) є відомості про n повних реалізаціях процесу функціонування системи, $V = \left\{ \left(x_t^i, y_t^i, t = \overline{1, M} \right), i = \overline{1, n} \right\}$.

Закопи розподілу випадкових величин x і y невідомі.

В даних умовах необхідно побудувати модель РС для прогнозу процесу зміни станів системи $S_{i,1} \rightarrow S_{i,2} \rightarrow \dots \rightarrow S_{k,M}$ при конкретних значеннях $x_t, t = \overline{1, M}$, і оцінювання $y_t, t = \overline{1, M}$. Критерій оптимальності - аддитивний аналог функції середнього ризику:

$$\Phi(R, F) = \sum_{t=1}^M \sum_{i=1}^M M \left\{ W_{j,t-1}^i \right\},$$

де діагональні елементи матриці $W_{j,t-1}^i$ відповідають квадратичним функціям витрат при оцінюванні y_t в станах S_t , а інші відбивають витрати помилкового віднесення ситуації (x_t, y_{t-1}) між станами $S_{i,t}$ з вхідного $S_{i,t-1}$.

При виборі вирішальних правил $\left\{ R_{i,t-1}^{it} \right\}$ будемо орієнтуватися на мінімізацію помилок прогнозу станів системи S_t до моменту часу t з початкового $S_{i,t-1}, i \in \overline{1, t-1}, t = \overline{1, M}$.

В другому розділі описуються алгоритми і засоби дослідження і керування РС з дискретним часом при апіорній невизначеності.

Значення і послідовність застосування алгоритмів класифікації (автоматичної класифікації і розпізнавання образів) в задачі синтезу структури РС з дискретним часом визначаються загальною схемою її декомпозиції: ідентифікація станів системи, встановлення можливих зв'язків між ними, формування на цій основі навчальних вибірок і відбудова функцій переходів станів.

Для подолання апіорної невизначеності про структуру системи треба виділити її стани $S_{v,t}, v \in \overline{1, n}$. Оскільки стани системи до кожного моменту часу t формуються в просторі $\{y_t\}$, то для їх визначення вибірки $V = \{y_t^i\}$ з

використанням алгоритмів автоматичної класифікації розбиваються на групи точок $V_{v,t}, v \in I_t, t = \overline{1, M}$, відповідних одноmodalним фрагментам щільності імовірності $p(y_t), t = \overline{1, M}$.

Нехай

$$\{x_{t_j - t_j}, y(t_j)\}_{v, v \in \Omega_{t_j}^v} = \Omega_{t_j}^v(x_{t_j - t_j}, y(t_j)), v \in I_{t_j}$$

- множини, складені з статистично незалежних спостережень пар вхід-вихід системи в інтервал часу (t_{j-1}, t_j) з щільністю імовірності

$$P_{t_j}^v(x_{t_j - t_j}, y(t_j)), v \in I_{t_j}.$$

Задача ідентифікації станів системи, згідно з їх визначенням, зводиться до оцінювання щільностей імовірності

$$P_{t_j}^v(\omega_{t_j}), \forall \omega_{t_j} \in \Omega_{t_j}^v(\omega_{t_j}), v \in I_{t_j}$$

по випадковим спостереженням, щодо яких вказівки відсутні, але припускається, що відомо кількість станів, яка визначається числом мод спільної щільності імовірності.

Нехай ситуація (z, u) , що пред'являється для класифікації, складається з неперервних z (кількісних) і дискретних (якісних) u змінних, які характеризують процес розвитку системи.

В імовірній постановці задач класифікації оцінювання суміші щільностей імовірності

$$P(z, u) = \sum_{j=1}^{N(u)} P(u = u^j) \cdot p(z|u = u^j)$$

робиться по вхідній вибірці експериментальних даних $(z^i, u^i), i = \overline{1, n}$.

При цьому $N(u)$ - число значень вектору u дискретних змінних, що відрізняються, а $P(u = u^j), p(z|u = u^j)$ - апіорна імовірність їх появи і відповідна їм умовна щільність імовірності неперервних змінних. Причому в задачі розпізнавання образів кожній ситуації (z^i, u^i) відповідає зазначення про її належність до того або іншого образу, що при побудові вирішального правила

класифікації також призводить до необхідності оцінювання щільностей імовірності.

При кінцевих обсягах вхідної вибірки $(z^i, u^i), i = \overline{1, n}$ і значних вимірностях вектору u пряме оцінювання $P(z, u)$ практично неможливо. Реальний вихід з цього становища полягає у введенні міри близькості $\rho(u', u'')$ між будь-якими двома точками (u', u'') в просторі u дискретних змінних і наступному поданні $p(z, u)$ у вигляді:

$$\bar{p}(z, u) = \sum_{j=1}^{N(u)} P(u \in D_j(u)) \cdot p(z | u \in D_j(u)),$$

де $D_j(u)$ - окіл навколо точки u , що визначається співвідношенням:

$$D_j(u) = \left[u: \rho(u, u^j) < h, u \in \Omega(u) \right], j = \overline{1, N(u)}.$$

Параметр h характеризує граничне значення міри близькості $\rho(u, u')$, при перевищенні якого точки (u, u^j) вважаються незрівнянно віддаленими і не враховуються при оцінюванні $p(z, u)$.

При відбудові операторів спряження між станами системи припущено, що останні визначені, тобто для кожного дискретного моменту часу t_j відомо розподіл множини спостережень $\omega_{t_j}^i, i = \overline{1, n}$ між областями $\Omega_{t_j}^v, v \in I_{t_j}, t_j \in T$.

Використовуючи відомості про динаміку змінних ω , що містяться в реалізаціях $(\omega_{t_j}^i, t_j \in T), i = \overline{1, n}$, множини спостережень $\omega_{t_{j+1}} \in \Omega_{t_{j+1}}$ з будь-яким початковим станом $\omega_{t_j} \in \Omega_{t_j}^v$ можна розбити на групи спостережень

$V_{v, t_j}^{v', t_{j+1}}, v' \in I_{t_{j+1}}$ по правилу:

$$\omega_{t_{j+1}}^i \in V_{v, t_j}^{v', t_{j+1}} \in \Omega_{v, t_j}^{v', t_{j+1}} \subset \Omega_{t_j}^v \subset \Omega_{t_{j+1}},$$

якщо

$$\omega_{t_j}^i \in \Omega_{t_j}^v, \omega_{t_{j+1}}^i \in \Omega_{t_{j+1}}^{v'}.$$

Зіставимо кожній точці $\omega_{t_{j+1}}^i$ зазначення $\sigma_{v,t_j}(\omega_{t_{j+1}}^i)$ про її належність до однієї з областей $\Omega_{v,t_j}^{v',t_{j+1}}$, $v' \in I_{t_{j+1}}$ і складемо на цій основі навчальні вибірки

$$\left\{ \left(\omega_{t_j}^i, \sigma_{v,t_j}(\omega_{t_{j+1}}^i) \right) \right\}_{i=1}^{n_{v,t_j}},$$

де n_{v,t_j} - кількість спостережень з $\Omega_{t_j}^v$. В даному випадку побудова алгоритмів прогнозу переходів між станами системи в суміжні моменти часу здійснюється шляхом рішення задач розпізнавання образів в умовах апіорної невизначеності.

Для оцінювання побудованих моделей РС визначені показники їх ефективності, які являють собою інтегральні характеристики, що достатньо повно відбивають основні особливості і властивості структури системи, стохастичний характер взаємодії між її елементами і зовнішнім середовищем.

Пропонуються два різновиди імовірних показників ефективності для наперед невизначених РС з дискретним часом, множина станів $C_{t_{v+1}}$ і вихідні змінні $Y(t_{v+1})$ яких визначаються станом системи C_{t_v} в попередій момент часу, а також вхідними діями.

1. Імовірність $P(C_{t_j}(v), C_{t_M}(v'))$ переходу системи з стану $C_{t_j}(v)$ в $C_{t_M}(v')$, $t_j < t_M$:

$$P(C_{t_j}(v), C_{t_M}(v')) = \sum_{v' \in I_{t_{j+1}}} P_{v',t_j}^{v,t_{j+1}} P(C_{t_{j+1}}(v''), C_{t_M}(v')),$$

де $P_{v',t_j}^{v,t_{j+1}}$ - умовна імовірність переходу між станами $C_{t_j}(v), C_{t_{j+1}}(v')$ в суміжні моменти часу.

2. Імовірність $P(C_{t_j}(v) \xrightarrow{k} C_{t_M}(v'))$ розвитку системи по траєкторії $C_{t_j}(v) \xrightarrow{k} C_{t_M}(v')$.

Нехай $I_{v, t_j}^{v, t_M}(k)$ - множина упорядкованих по часу пар індексів станів, що складають k -ю траєкторію. Тоді

$$P\left(C_{t_j}(v) \rightarrow C_{t_M}(v')\right) = \prod_{r \in I_{v, t_j}^{v, t_M}(k)} P_r^{r+1}.$$

Обчислення наведених показників ефективності ґрунтується на знанні сімейств функцій переходу станів R і виходу F .

Основною категорією апарату прийняття рішень при нечітко заданих умовах є розпливчата множина, що являє собою клас $G \subset S$ об'єктів (стан системи, значення управляючих дій і вихідних змінних системи), в якому немає чіткого кордону між об'єктами $s \in G$, які належать даному класу або йому не належать.

Взаємозв'язок між імовірною мірою P в S і вимірною функцією $\mu_G(s)$, (функція належності) проявляється через категорію розпливчата подія G в S , імовірність якої визначається у вигляді кінцевої суми

$$P(G) = \sum_{i \in I} \mu_G(s_i) \cdot P(s_i),$$

якщо s приймає дискретні значення s_i з імовірністю $P(s_i)$.

З даних позицій формула для обчислення умовних імовірностей розпливчатої події при умові u , s - відповідно неперервна і дискретна випадкові величини, розподіл яких описується умовними щільностями імовірності $P(u|s_i)$ і імовірностями $P(s_i)$, $i \in I$, має вигляд:

$$P(G|u) = M\{\mu_G(S)\} = \sum_{i \in I} \mu_G(s_i) \cdot P(s_i|u),$$

де M - оператор умовного математичного сподівання.

При інтерпретації ступеня приналежності як імовірності функція приналежності для кількох класів понять S будується розрахунковим шляхом, припускаючи, що умовна імовірність $P(S_i|u_i)$ визначається за формулою Байеса.

При формулюванні задачі прийняття рішень в нечітких умовах ціль G ототожнюється з розпливчатою множиною

$$G = \{s_i, \mu_G(s_i), i \in I\}.$$

де I - множина індексів станів системи, а обмеження визначається як розпливчата множина

$$C = \{u, \mu_C(u)\}, u \in U.$$

Якщо G - розпливчата множина в S , а F - відображення з $U = \{u\}$ до S , то розпливчата множина \bar{G} в U , що індукує G в S , має функцію належності

$$\mu_{\bar{G}}(u) = \mu_G(F(u)).$$

Ця властивість дозволяє аналізувати обмеження і цілі в одному і тому же просторі альтернатив U . Так як шукане рішення повинно одночасно задовольняти C і G , то визначати його треба як розпливчату множину $R = G \cap C$ з функцією належності

$$\mu_R(u) = \min(\mu_{\bar{G}}(u), \mu_C(u)).$$

Таким чином, розпливчатому рішення відповідає множина альтернатив з різним ступенем належності шуканому рішенняю.

Емпіричні закономірності, що описують в компактному вигляді експериментальні дані, містять загальні властивості об'єктів дослідження, виключаючи при цьому несуттєву інформацію для рішення задачі прогнозу.

Для виявлення наборів логічних закономірностей пропонується алгоритм, суть якого зводиться до наступного.

Для кожного признаку формується множина всіх підмножин, яку можна отримати на признаку з урахуванням його типу. З усіх можливих підмножин вибирається найкраща по деякому критерію Γ і перевіряється умова значущості виділеного логічного висловлювання. Якщо для цього висловлювання виконуються ці обидві умови, то воно вважається закономірністю; якщо виконується одна з умов, то процес збільшення довжини висловлювання продовжується. Після виявлення першої закономірності виключаються з розгляду ті об'єкти стану, на яких вона істинна. Описана процедура пошуку повторюється для об'єктів, що залишилися до отримання покриття всіх об'єктів стану.

Признаки, які не ввійшли ані до однієї з знайдених закономірностей, вважалися неінформативними.

Для мінімізації признакового простору шляхом визначення класифікаційних признаков номінальних шкал використовується алгоритм, оснований на обробці експертних оцінок засобами нечіткого аналізу.

Запропонований алгоритм виявлення логічних закономірностей, на відміну від відомих, містить блок, в якому обробляються тільки ті значення признаков, що рідко зустрічаються. При цьому, відповідний критерій Γ для виділення логічного висловлювання містить додаткову умову.

Третій розділ присвячено конкретизації підходу до побудови статистичних моделей РС з дискретним часом в умовах апіорної невизначеності. Для реалізації підходу використовуються алгоритми і засоби, описані у другому розділі.

Нехай y_t - показники стану організму, що змінюються в часі під дією біологічних, виробничих, соціально-гігієнічних, екологічних і інших факторів, x_t - кількісні показники стану системи. Значення y_t є результатом складних процесів, що відбувалися до моменту часу t і протікаючих в організмі з метою підтримки його динамічної рівноваги з зовнішнім середовищем.

Відомості про характер закономірностей еволюції організму зосереджені в даних експериментальних досліджень $V = \left\{ (x_t^i, y_t^i), t \in T, i = \overline{1, n} \right\}$, де T - множина упорядкованих інтервалів часу спостереження, n - кількість обстежених. Незважаючи на неявну форму подання інформації про вид закономірностей, які вивчаються, в V , природно стверджувати, що взаємозв'язки між y_t і x_t не є однозначними. Цей факт пояснюється різницею оцінювання адаптаційних і захисно-компенсаторних особливостей організму, особливістю реакції індивідууму на зовнішній вплив, неоднаковою схильністю його різноманітним захворюванням.

Наслідком цього є наявність множини стійких рівноваг організму з навколишнім середовищем. Для виявлення існуючих неоднорідностей в просторі y_t використовувались імовірні засоби.

Порівняно зі значеннями y_t стан організму є інтегральним показником, який відбиває характер його взаємозв'язку з навколишнім середовищем. З врахуванням цього множина станів S_t залежить не тільки від особливостей

організму, але і від умов середовища його мешкання, праці. Певним екологічним умовам відповідає своя множина станів.

На відміну від відомих схем диференціації стану організму засіб типізації станів, що пропонується в даній роботі, дозволяє уникнути прийняття суб'єктивних припущень при визначенні відношення (критерія диференціації) у просторі y_t .

Для надання смислового навантаження станам множини S_t вводиться на ньому деяке відношення $W(S_t, z_t)$, що упорядковує елементи $S_{j_t}, j \in I_t$. Вибір набору показників з y_t для виявлення $S_{j_t}, j \in I_t$, і їхніх параметрів z_t , визначався метою досліджень.

Існуюча проблема формалізації поняття станів здоров'я як деякої власної підмножини \bar{S}_t в S_t зв'язана, в основному, з труднощами визначення загального відношення W , що враховує комплекс функціональних і соціальних можливостей організму. В зв'язку з цим використовувались експертні засоби оцінювання при виділенні множини станів \bar{S}_t з S_t .

Спрямування організму на неперервне підтримання стійкої рівноваги з навколишнім середовищем породжує якісну різницю закономірностей переходу між станами множин S_t, S_{t+1} і вигляду взаємозв'язків між показниками організму у кожному стані $S_t, t \in T$.

Для індивідуальної оцінки стану обстежаних розроблено відповідні критерії.

Надалі ці закономірності використовувались при формуванні показника (індексу) схильності до розвитку професійно обумовлених алергодерматозів.

За допомогою алгоритму виявлення логічних закономірностей були визначені фактори генетичної схильності до розвитку професійно обумовлених захворювань.

Поряд з індексом схильності вводилась ще одна кількісна характеристика ризику - ступінь ризику розвитку професійно обумовлених захворювань. Для визначення факторів ризику і оцінки їх діагностичної значущості використовувався засіб експертних оцінок.

Ціль введення цих показників - автоматична класифікація об'єктів.

Для розв'язання цієї задачі були побудовані нечіткі класифікатори у вигляді функції належності для кожного показника з метою їх самостійного використання і за сукупністю значень цих двох показників.

Функції належності у кожній нагоді будувалися, як було запропоновано у другому розділі, розрахунковим шляхом при інтерпретації умовних імовірностей як функцій належності.

Отримані функції належності використовувались для прогнозу розвитку професійно обумовлених алергодерматозів. С цією метою був використаний лінгвістичний підхід до прийняття рішень.

В четвертому розділі реалізовані засоби прогнозу станів систем на базі виявлених динамічних закономірностей, побудованих статистичних моделей медико-біологічних систем, і розроблені алгоритми керування системами з метою корекції їх стану.

Нехай для опису об'єкту вибрана вхідна система признаков $\{x_1, \dots, x_n, x_0\}$. Признак x_0 може приймати два значення $\{c_1, c_2\}$, де c_1 - стан об'єкту, що прогнозується, наприклад, c_1 - деяке захворювання, і c_2 - відсутність цього захворювання. Ставиться задача: на основі результатів вимірів признаков, отриманих до моментів часу t_1, \dots, t_L (для цих моментів $x_0 = c_2$), визначити для даного об'єкту проміжок часу Δt від моменту t_L до того моменту, коли значення признаку x_0 стане рівним c_1 .

Для розв'язання цієї задачі формується навчальна вибірка, що являє собою тимчасові заміри означених признаков у N об'єктів. Для i -го об'єкту ($i = \overline{1, N}$) значення всіх признаков одночасно визначаються в R тимчасових точках. Множини тимчасових точок для об'єктів, що розглядаються, можуть не співпадати, але для кожного об'єкту виконується наступна умова: в кінцевий момент часу система знаходиться у стані c_1 , а у всі попередні моменти - у стані c_2 .

Для знаходження величини Δt , що прогнозується, використовувались логічні закономірності, виявлені при аналізі динаміки показників, які відбивають закономірні (статистично значущі) зміни в часу значень признаков x_i . Такі закономірності називаються динамічними. Вони дозволяють вирішувати

наступну задачу прогнозування: використовуючи набір попередніх вимірів ознак x_i у об'єкту, проведених послідовно в інтервали часу t_r , визначити значення деякого признаку в майбутній момент часу.

Таке прогнозування здійснюється в межах інтервалу часу, який охоплює наявна динамічна закономірність, що дозволяє вирішувати цю задачу. Признаком, значення якого треба знайти, може виступати один з ознак x_i або цільовий ознак x_0 . Для прогнозування значення деякого признаку достатньо на етапі формування вирішального правила виділити одну динамічну закономірність, яка претендує на прогнозування динаміки зміни значень ознак у об'єкта, що досліджується. Тоді, маючи динамічну закономірність довжини r , можна прогнозувати динаміку зміни станів об'єктів, що досліджуються наперед на r моментів часу.

Наявність моделі розвитку професійно зумовлених захворювань дозволяє представити проблему прийняття рішень при виборі лікувально-профілактичних заходів як оптимізаційну задачу в умовах невизначеності при завданні цілей керування та обмежень на корегуючі дії.

Задаючи розпливчасту ціль на множині станів, визначали рекомендації про необхідність (тривалість) проведення профілактики обстежуваного, що знаходиться у деякому початковому стані у момент часу t , та необхідні обмеження на частоту рецидивів, відповідних заданої розпливчатої цілі. Керування цим процесом у РС розбивалось на два етапи: планування цілей та формування оптимального рішення. На першому етапі здійснювалось послідовне відновлення функції належності розпливчастих цілей для кожного рівня структури системи, починаючи з $(M-1)$ -го та наступним оціненням їх математичних сподівань відносно станів попереднього рівня структури системи. Даний процес засновується на можливості послідовних відображень розпливчатої цілі G_M^S у простір керуючих дій $u_h, h = \overline{M-1, t}$. При формуванні алгоритму відображення застосовувався апарат теорії нечітких множин та метод динамічного програмування, який дозволяє поділити задачу керування системою на ряд задач вибору оптимальних дій у інтервали $t = \overline{1, M}$.

На другому етапі при відомому початковому стані S_{10} системи та значеннях параметрів z_t , $t = \overline{1, M}$ що контролюються, вхідних дій оптимальні значення $\bar{u}_t, t = \overline{1, M}$ знаходились шляхом рішення послідовності задач:

$$\max_{u_t} \bar{\mu}_{G_t}^z(\bar{S}_{t-1}, \bar{y}_{t-1}, z_v, v = \overline{1, M}, u_t), t = \overline{1, M},$$

де $\bar{S}_{t-1} \in S_{t-1}, \bar{y}_{t-1}$ - відображають змінювання стану системи та її вихідних змінних при дії оптимальних значень \bar{u}_v , $v = \overline{1, t-1}$, знайдених на попередніх кроках вибору керуючих дій.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз існуючих теорій моделювання динамічних систем з дискретним часом.
2. Сформульовано основні принципи дослідження РС з дискретним часом в умовах апіорної невизначеності.
3. Запропоновано засіб виявлення закономірностей функціонування РС з дискретним часом.
4. Запропонована методологія прогнозування стану РС з дискретним часом в умовах неповноти інформації про її функціонування.
5. Розроблено алгоритми вибору керуючих дій з метою корекції станів РС в умовах апіорної невизначеності.
6. Показана можливість реалізації розроблених засобів при дослідженні медико-біологічних систем.
7. На основі результатів дисертації розроблені і впроваджені такі системи: автоматизована інформаційна система діагностики професійно обумовлених алергодерматозів на стадії передхвороби і їх профілактиці; автоматизована інформаційна система "АРМ лікаря-дослідника дерматовенеролога".

Основний зміст дисертації опубліковано в наступних роботах:

1. Мануйлова А.М., Доильниціна Л.П., Чикина Н.А. Сравнение алгоритмов функционирования информационно - распознающих систем и их эффективность // Тез. докл. НПК "Функционально ориентированные вычислительные системы" - Харьков, 1986. - С.45

2. Мануйлов М.Б., Чикина Н.А. Повышение надежности и эффективности работы аппарата для электрохимической очистки промстоков за счет создания обучающейся системы автоматического регулирования // Тез. докл. Всесоюз. конф. "Химтехника - 86". - Сумы, 1986. - С. 73.

3. Мануйлова А.М., Воробьев В.Ф., Доильница Л.П., Чикина Н.А. Выбор факторов риска и оценка их диагностической значимости // Кибернетика и вычисл. техника. - Киев, 1987. - Вып. 74. - с. 33-35.

4. Солошенко Э.Н., Мануйлова А.М., Чикина Н.А. Прогнозирование заболеваемости лекарственной болезнью // Кибернетика и вычисл. техника. - Киев, 1988. - Вып. 78. - с. 49-51.

5. Мануйлова А.М., Доильница Л.П., Чикина Н.А. Многокритериальный выбор эффективного подмножества признаков // Автоматика и приборостроение. - Харьков, 1989. - N 262. - с. 72-73.

6. Мануйлова А.М., Доильница Л.П., Чикина Н.А. Семиотическое обеспечение машинного диагноза // Пробл. бионики. - Харьков, 1989. - Вып. 43. - с. 53-59.

7. Солошенко Э.Н., Чикина Н.А., Мануйлова А.М., Доильница Л.П., Спивак А.В. Использование автоматизированной информационной системы управления лечебным процессом больных аллергодерматозами // Тез. докл. Укр. НПК "Метагигиена - 93". - Киев, 1993. - с. 15-16.

8. Чикина Н.А. Математические модели адаптационных реакций организма // Тез. докл. Укр. НПК "Метагигиена - 93". - Киев, 1993. - с. 137-138.

9. Солошенко Э.Н., Чикина Н.А. Определение факторов риска развития аллергодерматозов у рабочих предприятий химико-фармацевтической промышленности с помощью математических методов и автоматизированных информационных систем // Тез. докл. Укр. НПК "Метагигиена - 93". - Киев, 1993. - с. 113-114.

10. Кутько И.И., Мануйлова А.М., Чикина Н.А. Подход к синтезу биокрибернетической системы управления состоянием человека в экстремальных условиях // Тез. докл. Международ. конф. стран СНГ "Коррекция и управление функциональным состоянием в процессе трудовой деятельности". - Красноярск, 1993. - С. 103.

11. Солошенко Э.Н., Чикина Н.А., Спивак А.В. Автоматизированные информационные системы для диагностики профессионально обусловленных аллергодерматозов на стадии предболезни//Тез. докл. Международ. НТК "MikroCAD'93". - Харьков, 1993.- с. 243-245.

12. Солошенко Э.Н., Мануйлова А.М., Чикина Н.А., Доильничина Л.П. Математические модели лекарственной болезни: диагностика, прогнозирование, профилактика//Кибернетика и вычисл. техника.- Вып. 98, 1993 - с. 51-55.

13. Кутько И.И., Мануйлова А.М., Чикина Н.А. Автоматизированная диагностическая система для распознавания депрессивных состояний//Кибернетика и вычисл. техника.- Вып. 98, 1993 - с. 55-60.

14. Кутько И.И., Мануйлова А.М., Чикина Н.А., Спивак А.В. Автоматизированная диагностическая система по распознаванию депрессивных состояний // Тез. докл. Международ. НТК "MicroCad'94". - Харьков, 1994 - С. 147.

15. Чикина Н.А., Спивак А.В. Автоматизированная информационная система для проведения профосмотров "ПРОФ-О" // Тез. докл. Международ. НТК "MicroCAD'94". - Харьков, 1994. - С. 158.

16. Солошенко Э.Н., Чикина Н.А. Принятие решений по вопросу лечебно-профилактических мероприятий для больных аллергодерматозами и лиц из групп риска //Тез. докл. Укр. НПК "Метагигиена - 94" - Киев, 1994.- С. 72.

17. Чикина Н.А. Прогноз состояния здоровья и динамики заболеваемости аллергодерматозами рабочих фармацевтических мероприятий // Тезисы докл. Укр. НПК "Метагигиена - 94".- Киев, 1994.- с. 62-63.

18. Чикина Н.А. Моделирование процесса развития профессионально обусловленных заболеваний с использованием системного подхода//Тез. докл. Международ. НТК "MicroCAD'96". - Харьков, 1996.- С. 147

АННОТАЦІЯ

Чикина Н.А. Прогнозирование состояний развивающихся систем с дискретным временем в условиях априорной неопределенности. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.03. Харьковский государственный технический университет радиоэлектроники, Харьков, 1996.

Диссертационная работа посвящена разработке методов прогноза развивающихся систем с дискретным временем и алгоритмов выбора управляющих воздействий для корректировки их состояний, ориентированных на уровень малой априорной информации. Осуществлено внедрение предложенных формализованных средств описания, моделей, алгоритмов и принципов их реализации в различных системах научных исследований

ANNOTATION

Chikina N.A. Forecasting condition of developing systems with discrete time in conditions of a priori uncertainty. The dissertation to receive of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a speciality 05.13.03 - Systems and processes of controlling, Kharkov State Technical Universities of Radioelectronics, Kharkov, 1996.

The dissertation is devoted to development methods of the forecast of developing systems with discrete time and algorithms of a choice of managing influence for updating their conditions, oriented to a level a priori of the small information. Introduction of offered formalized means of the description, models, algorithms and principles of their realization in various systems of scientific researches is carried out

Ключові слова: системи, що розвиваються, априорна невизначеність, керуючі дії, динамічне прогнозування, логічні закономірності, нечіткий класифікатор, вирішальні правила, функція належності.

Підписано до друку 25.04.96 р.

Об'єм 1,25 др.а.

Обл.-друк.а.1

Формат паперу 60x84 1/16

Тираж 100 пр.

Зам. № 147

Chikina N.A. Forecasting condition of developing systems with discrete time in conditions of a priori uncertainty. The dissertation to receive of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a specialty 05.12.03 - Systems and processes of controlling. Rostov State Technical University of Radioelectronics, Rostov, 1996.

The dissertation is devoted to development of methods of the forecast of dynamic systems with discrete time and uncertainty of a choice of managing systems in conditions of a priori uncertainty. The dissertation is devoted to development of methods of the forecast of dynamic systems with discrete time and uncertainty of a choice of managing systems in conditions of a priori uncertainty. The dissertation is devoted to development of methods of the forecast of dynamic systems with discrete time and uncertainty of a choice of managing systems in conditions of a priori uncertainty.

ANNOTATION

Chikina N.A. Forecasting condition of developing systems with discrete time in conditions of a priori uncertainty. The dissertation to receive of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a specialty 05.12.03 - Systems and processes of controlling. Rostov State Technical University of Radioelectronics, Rostov, 1996.

The dissertation is devoted to development of methods of the forecast of dynamic systems with discrete time and uncertainty of a choice of managing systems in conditions of a priori uncertainty. The dissertation is devoted to development of methods of the forecast of dynamic systems with discrete time and uncertainty of a choice of managing systems in conditions of a priori uncertainty. The dissertation is devoted to development of methods of the forecast of dynamic systems with discrete time and uncertainty of a choice of managing systems in conditions of a priori uncertainty.

1. 1-44, 1997
 2. 1-44, 1997
 3. 1-44, 1997
 4. 1-44, 1997
 5. 1-44, 1997
 6. 1-44, 1997
 7. 1-44, 1997
 8. 1-44, 1997
 9. 1-44, 1997
 10. 1-44, 1997