

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖОВИХ ЗМІН ПАРАМЕТРІВ У ДІАГНОСТИЧНО-ЛІКУВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Роїк О.М., Войтко В.В., Яремко С.А.

Вінницький національний технічний університет

Abstract

Roik O.M., Voitko V.V., Yaremko S.A. The features of using of the parameters boundary changes evaluating method in the medical-diagnostic systems. A mathematical tool for the influence factors values changes evaluating under dynamic corridor of the medical-diagnostic system stability support is developed. The generalized characteristic of the method is offered and the problems of the software for its realization are discussed. The features of the efficiency function's mathematical model producing are analysed.

Вступ

На сучасному етапі розвитку суспільства слід відмітити стрімкий прогрес у розвитку інформаційних технологій та використанні комп'ютерної техніки в різних галузях людської діяльності. Це в свою чергу призводить до автоматизації процесів контролю і управління, розширення інформаційних та технологічних можливостей діагностично-лікувальних систем.

Однією з найважливіших задач, що виникають при аналізі і дослідженні будь-якої системи діагностування, є оцінка загальносистемного критерію оптимальності [1]. Це, зрозуміло, повністю стосується і діагностично-лікувальних систем людини з використанням методів інформаційної медицини [2]. Звісно значення оцінюваної функції повинно наближатися до оптимального ідеального рівня. Проте реально під впливом багатьох факторів отримане значення часто відхиляється від норми. Тому необхідно визначити діапазон допустимих значень функції, який називають "функціональним коридором" або "коридором здоров'я". При цьому необхідно визначити, в яких межах можна змінити значення факторів впливу, щоб значення загальносистемного критерію оптимальності залишалось в межах функціонального коридору. Як правило, дана проблема трансформується у пряму та зворотну задачу чутливості. Рішення прямої задачі не викликає особливих складностей, на відміну від зворотної задачі, яку вважають некоректно сформульованою [3,4]. Тому розв'язанню саме зворотної задачі чутливості слід приділяти належну увагу.

Проблема є актуальною ще й тому, що носить універсальний характер при розв'язанні задач оптимізації.

Таким чином, нашим безпосереднім завданням є розробка і використання математичного апарату для оцінки зміни факторів впливу при забезпеченні стабільності функціонального коридору. Об'єктом дослідження в цьому випадку є функція, що характеризує стан фізичних показників організму людини в діагностично-лікувальній системі.

Постановка задачі дослідження

Є цілий ряд діагностичних систем [5,6], в яких здійснюється вимірювання потенціалу в біологічно активних точках як інтегрального показника функціонального стану біологічної системи. При цьому, якщо значення електричного потенціалу у відповідній точці знаходить-

ся в межах норми, що вироблена на основі статистичних даних, можна зробити висновок, що органи, які їй підпорядковуються, є теж у здоровому стані. Якщо ж значення електричного потенціалу є нижчим або вищим встановленої норми, то можна зробити висновок про патологічний стан біологічної системи.

Відомою вважаємо математичну модель оцінюваної функції біологічної системи, для якої знаходимо оптимальні значення параметрів та функції (x_{io}, y_o) . Відомим із статистичних даних є також відхилення функції від оптимального значення. Таким чином встановлюється діапазон значень функціонального коридору. Необхідно визначити відхилення змінних параметрів оцінюваної функції (Δx_j) , при яких значення Δy знаходиться в межах функціонального коридору.

Основними обмеженнями на використання методу є те, що:

- метод використовується для розв'язання позиноміальних задач, тобто введено параметричні обмеження на змінні: $X_j > 0$;
- задача розв'язується для функцій, у яких присутній конкуруючий ефект (показники степенів відповідних змінних різні за знаком).

Розробка методу визначення діапазону функціонального коридору

У даному випадку зворотню задачу чутливості пропонуємо вирішувати з використанням принципу рівних впливів [7] в умовах рівноважних параметрів системи. Згідно з цим принципом, частинні диференціали $\frac{\partial y}{\partial x_j} \cdot \Delta x_j$ ($j = \overline{1, n}$) однаково впливають на утворення загального відхилення цільової функції Δy , тобто

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} \Delta x_1 = \frac{\partial y}{\partial x_2} \Delta x_2 = \dots = \frac{\partial y}{\partial x_n} \Delta x_n = \frac{\Delta y}{n}$$

або

$$\Delta y_1 = \Delta y_2 = \dots = \Delta y_n = \frac{\Delta y}{n}$$

де Δy_j – частка відхилення Δy , що спричиняється Δx_j , $j = \overline{1, n}$.

Під час проведення аналізу чутливості в околиці оптимальної точки класичний метод рівних впливів зустрічається з суттєвими труднощами. Оскільки за відсутності обмежень в цільовій функції математичної моделі похідна в точці екстремуму рівна нулю, то практично неможливо побудувати систему рівнянь для визначення параметрів x_j за допомогою наведених вище тотожних рівнянь. Отже, нашим завданням є побудова вдосконаленого алгоритму, в якому будуть усунуті вказані недоліки.

Зв'язок між оцінюваною функцією і параметрами системи можна описати у вигляді:

$$y = \sum_{i=1}^m a_i \prod_{j=1}^n x_j^{\alpha_{ji}},$$

де m – кількість доданків позинома; n – кількість змінних (параметрів) x_j ; a_i – додатні коефіцієнти функціоналу; α_{ji} – постійні коефіцієнти.

Для визначення відхилення Δx_j скористаємось безрозмірною формою запису [7], що отримується шляхом ділення цільової функції на її оптимальне значення (y_o) :

$$y_* = \sum_{i=1}^m \varpi_{i0} \prod_{j=1}^n x_{j*}^{\alpha_{ji}}$$

де $y_* = \frac{y}{y_0}$, $x_{j*} = \frac{x_j}{x_{j0}}$ – відносні значення відповідно функції та параметрів;

ϖ_{i0} – оптимальна пронормована вага i -го доданку позиному (факторів впливу) по відношенню до y_0 , яка знайдена за методом інтегральних аналогів [4]:

$$\varpi_{i0} = \frac{\alpha_i \prod_{j=1}^n x_{j0}^{\alpha_{ji}}}{y_0}, \quad i = \overline{1, m}.$$

Таким чином, розроблений метод визначення межових змін параметрів системи базується на використанні безрозмірної форми запису оцінюваної функції та принципів нелінійного програмування [4, 7].

Складаємо систему рівнянь для адитивно-мультиплікативної моделі:

$$1 + \frac{j}{n}(y_* - 1) = \sum_{i=1}^m \varpi_{i0} \prod_{k=1}^{j-1} x_{k*3}^{a_{ki}} \prod_{k=j+1}^n x_{k*0}^{a_{ki}} \cdot x_{j*}^{\alpha_{ji}}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (1)$$

де x_{k*3} – відносні значення змінних, знайдені з попередніх рівнянь системи (1); x_{k*0} – відносні оптимальні значення змінних; x_{j*} – шукане відносне значення змінної x у j -му рівнянні; y_* – задане відносне значення відхилення цільової функції від оптимуму.

У випадку адитивної моделі система рівнянь (1) спрощується до вигляду:

$$1 + \frac{1}{n}(y_* - 1) = \sum_{i=1}^m \varpi_{i0} x_{j*}^{\alpha_{ji}}, \quad j = \overline{1, n} \quad (2)$$

Відхилення змінних параметрів системи відповідно визначаються:

$$\Delta x_j = (x_{j*} - 1)x_0, \quad j = \overline{1, n}.$$

За умови нерівноважності параметрів системи враховується вага кожного параметру системи, тобто змінюється ліва частина моделі при урахуванні ваги кожного параметра (k_j) у загальному впливі на системний критерій оптимальності, де $j = \overline{1, n}$; n – кількість параметрів системи:

$$1 + (y_* - 1) \sum_{p=1}^j k_p = \sum_{i=1}^m \varpi_{i0} \prod_{k=1}^{j-1} x_{k*3}^{a_{ki}} \prod_{k=j+1}^n x_{k*0}^{a_{ki}} \cdot x_{j*}^{\alpha_{ji}} \dots, \quad j = \overline{1, n} \quad (3)$$

$$1 + (y_* - 1)k_j = \sum_{i=1}^m \varpi_{i0} x_{j*}^{\alpha_{ji}} \dots, \quad j = \overline{1, n} \quad (4)$$

Для забезпечення стійкості оцінюваної системи при зміні структури цільової функції доцільно визначити зміну впливу кожного з параметрів систе-

ми при утриманні значення загальносистемного критерія оптимальності у визначених межах функціонального коридору. Після відповідних перетворень формується нова модель системи, в якій простежується редукування (індукування) змінних параметрів. Спочатку визначаються ваги кожного з доданків позиному (k_j), які змінюються в результаті скорочення чи доповнення цільової функції. Для визначення відхилень параметрів x_j складаються системи рівнянь відповідно при рівноважних і нерівноважних параметрах моделі.

За умови рівноважності параметрів при скороченні математичної моделі цільової функції (виключення факторів впливу) отримуємо:

$$1 + \frac{j}{n}(y_* - 1) = \sum_{i \in T_B} \omega_{i0} \prod_{k=1}^{j-1} x_{k*3}^{a_{kj}} \prod_{k=j+1}^n x_{k*0}^{a_{ki}} \cdot x_{j*}^{\alpha_j}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (5)$$

де T_B – множина включених складових, які залишилися після трансформації цільової функції.

При доповненні математичної моделі цільової функції (включення додаткових факторів впливу) отримуємо:

$$1 + \frac{j}{n}(y_* - 1) = \sum_{i \in T_\Sigma} \omega_{i0} \prod_{k=1}^{j-1} x_{k*3}^{a_{kj}} \prod_{k=j+1}^n x_{k*0}^{a_{ki}} \cdot x_{j*}^{\alpha_j}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (6)$$

де T_Σ – множина всіх складових цільової функції, включаючи складові, які доповнюють цільову функцію.

За умови нерівноважності параметрів при скороченні математичної моделі цільової функції отримуємо:

$$1 + (y_* - 1) \sum_{p=1}^j k_p = \sum_{i \in T_B} \omega_{i0} \prod_{k=1}^{j-1} x_{k*3}^{a_{kj}} \prod_{k=j+1}^n x_{k*0}^{a_{ki}} \cdot x_{j*}^{\alpha_j} \dots, \quad j = \overline{1, n} \quad (7)$$

де T_B – множина включених складових, які залишилися після трансформації цільової функції;

При доповненні математичної моделі цільової функції отримуємо:

$$1 + (y_* - 1) \sum_{p=1}^j k_p = \sum_{i \in T_\Sigma} \omega_{i0} \prod_{k=1}^{j-1} x_{k*3}^{a_{kj}} \prod_{k=j+1}^n x_{k*0}^{a_{ki}} \cdot x_{j*}^{\alpha_j} \dots, \quad j = \overline{1, n} \quad (8)$$

де T_Σ – множина усіх складових цільової функції.

Особливості формування математичної моделі функції, що характеризує стан фізичних показників організму людини

Для формування математичної моделі функції, яка характеризує стан фізичних показників організму людини в діагностично-лікувальній системі, необхідно визначити набір параметрів системи, який безпосередньо впливає на значення загальносистемного критерію оптимальності. Тут важливо врахувати температуру навколишнього середовища, температуру пацієнта, тиск пацієнта, психологічний стан пацієнта, що характеризується пульсом. Для

підбору адекватної математичної моделі цільової функції пропонуємо використовувати засоби пакету прикладних програм "EUREKA". З допомогою відомих класичних математичних чи чисельних методів визначаємо оптимальні значення параметрів системи і, порівнюючи їх з вибраними шляхом аналізу статистичних даних рекомендованими значеннями параметрів, настраюємо коефіцієнти та показники математичної моделі цільової функції.

Аналізуючи статистичні дані, отримані експериментально, визначаємо ширину функціонального коридору. На цьому підготовку і налаштування математичної моделі цільової функції вважаємо закінченими і починаємо розрахунки допустимої зміни значень параметрів системи, використовуючи математичний апарат розглянутого методу визначення межових змін параметрів системи.

Запропонований математичний апарат дає змогу також швидко визначити допустиму зміну значень параметрів системи при зміні структури цільової функції (тобто при видаленні чи вживленні мультиплікативних за своїм внутрішнім змістом складових адитивно-мультиплікативної моделі).

Таким чином, видаляючи чи добавляючи параметри діагностично-лікувальної системи, які впливають на формування цільової функції, розраховуємо межі змін значень обраних факторів впливу, які є допустимими для утримання значення цільової функції в межах функціонального коридору. Це у свою чергу дає змогу керувати процесом діагностування біологічних систем та забезпечує зворотній зв'язок в процесі прийняття рішень та аналізу результатів лікувально-діагностичних систем.

Пакет програм для визначення діапазону зміни параметрів функції, що характеризує стан біологічної системи

Пакет програм передбачає описання досліджуваного процесу цільовою функцією. Для підбору адекватної математичної моделі цільової функції використовуються засоби пакету прикладних програм "EUREKA". З допомогою запропонованого програмного забезпечення забезпечується можливість визначення межових змін параметрів системи як за умови рівноважності параметрів (системи рівнянь (1), (2)), так і за умови нерівноважності параметрів (системи рівнянь (3), (4)). При цьому забезпечується можливість автоматизації операції контролю за можливими відхиленнями значень параметрів системи від оптимуму при зміні архітектури цільової функції в умовах рівноважності параметрів (системи рівнянь (5), (6)) та нерівноважності параметрів (системи рівнянь (7), (8)).

Пакет програм відповідає таким вимогам:

- програмна сумісність з операційною системою Windows 95 / 98 / 2000 / NT;
- можливість введення даних у форматах опису за вибором користувача, наприклад, у вигляді аналітичної функції, масиву ретроспективних даних, матриці математичної моделі;
- можливість зміни набору параметрів лікувально-діагностичної системи та проведення повторних розрахунків;
- можливість вибору умов аналізу параметрів – системи (рівноважні та нерівноважні параметри);
- зберігання усіх результатів обчислень для наступного порівняння і аналізу;
- передбачення можливості удосконалення та доповнення програми.

Зауважимо, що розроблена програма може мати широкі перспективи використання у різних галузях людської діяльності при розв'язанні оптимізаційних задач.

Висновки

Розроблено математичний апарат для оцінки зміни значень факторів впливу при забезпеченні стабільності функціонального коридору лікувально-діагностичної системи, що у свою чергу дає змогу керувати процесом діагностування біологічних систем. Аналізуються можливості та перспективи використання розробленого методу визначення межових змін параметрів системи при розв'язанні оптимізаційних задач в діагностично-лікувальних системах. Подається узагальнена характеристика методу та розглядаються особливості її програмної реалізації. Аналізуються особливості формування математичної моделі цільової функції, яка характеризує стан фізичних показників організму людини.

Література

1. Розенвассер Е.Н., Юсупов Р.Н. Чувствительность систем управления. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 464с.
2. Пак Чже Ву Энергия пространства. – М.: Су Джок Академия, 2002. – 304с. Ил.
3. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректной задачи. – М.: Наука, 1986. – 288с.
4. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. – М.: Наука, 1970. – 664с.
5. Самосюк І.З., Лисенюк В.П., Ліманський Ю.П. та ін. Нетрадиційні методи діагностики та терапії. – К.: Здоров'я, 1994. – 240с.
6. Макац В.Г. Основы биоэнерготерапии. Методические рекомендации. – Винница, 1991. – 165с.
7. Войтко В.В., Сербін І.С. Один з методів розв'язання зворотної задачі чутливості / Вісник ВПІ, 2001 – №6 – С. 129-134.