УДК 658.512

ПРО ОДИН З ПІДХОДІВ ДО ПРОЕКТУВАННЯ ВІБРОЗАХИСНИХ СИСТЕМ

Кондрат'єва Н.О., Леонтьєва В.В.

У цій роботі пропонується підхід до проектування оптимальної віброзахисної системи (ВЗС) апаратури, установлюваної на рухливому об'єкті. Завдання оптимального проектування, сформульовані як багатокритеріальні, включають такі операції: ідеалізацію проектованого об'єкта у вигляді однієї або декількох структурних схем, побудова математичної моделі або ієрархії моделей об'єкта, завдання вектору критеріїв якості, що враховує всі основні (локальні) показники об'єкта, визначення і неформальний аналіз припустимого і парето-оптимального безлічей варіантів проекту, а також вибір з останнього найкращого або оптимального варіанта. При цьому особливістю оптимального проектування в умовах багатокритеріальності є той факт, що постановка і вирішення – єдиний процес [1,2].

Ураховуючи, що структура життєвого циклу складної технічної системи, якою є і віброзахисна система, відповідно до [3], включає такі стадії: формування вимог до віброзахисної системи, проектування, виготовлення, випробування і доведення досвідченого зразка, серійне виробництво, експлуатацію і цільове застосування, а відновлення рухливих об'єктів і апаратури, установленої на них, складає не більш 5-7 років, то це означає, що проектування ВЗС повинно бути не тільки оптимальним, але і проведеним у досить стислий термін.

Однак, оскільки вибір параметрів і структури ВЗС залежить не тільки від типу рухливого об'єкта, але й від місця установки апаратури в межах даного рухливого об'єкта, а отже, проектування носить індивідуальний характер і визначає надійність і якість апаратури в експлуатації, то проектування ВЗС повинно виконуватися підсистемою автоматизованого проектування «Віброзахист» у рамках САПР апаратури в цілому.

Серед різноманітних завдань і проблем, що виникають на всіх стадіях одержання оптимальної ВЗС, можна виділити проблему, яка є визначальною: встановлення адекватності або відповідності математичної моделі реальному об'єкту [4].

Ця проблема виникає як на стадії проектування ВЗС, так і в процесі доведення й експлуатації.

Таким чином, приходимо до необхідності розв'язання задачі відновлення залежності по прямих або непрямих, але обов'язково "зашумлених" даних. Отже, розв'язання задачі інтепретації результатів експерименту необхідно шукати з урахуванням припущення про статистичність експериментальних даних, наданих протоколом спостережень $x=(x_1,x_2,...,x_n)$, адекватне відображення якого може бути подано розподілом імовірностей:

$$F(x_1,...,x_n\,|\,\theta)$$

для дискретних даних або щільністю імовірностей

$$f(x_1,...,x_n\,|\,\theta),$$

якщо x_i - безупинний розмір, а функція F диференційована, де θ - невідома шукана альтернатива або закономірність, обумовлена протоколом спостережень, що належить безлічі Θ можливих закономірностей, з яких і необхідно провести вибір $(\theta\in\Theta)$.

Ця задача може бути зведена до задачі вибору $\theta\in\Theta$ за наявною інформацією про вибірку $x_1,\dots,x_n$ або прийняттям статистичного розв'язку на виділеній параметричній безлічі [5]. У випадку, коли знання функції $F(x\,|\,\theta)$ недоступне, можливе використання або мінімаксної методики в рамках параметричних моделей, або ж необхідно удатися до синтезу непараметричних процедур [6].

Отже, залежно від рівня апріорної інформації про вибірку $x_1,x_2,\dots,x_n$, що включає інформацію про характер взаємодії шуканої закономірності θ із сукупністю випадкових чинників n шляхом уведення оператора $\mu: x=\mu(\theta,n)$ використовуються різні методи і процедури побудови розв'язувального правила й одержання розв'язку

$$\gamma=\delta(x,i),$$

де $x=(x_1,...,x_n)$ - протокол спостережень, $x\in X$ - безліч усіх можливих вибірок; δ - вирішальна функція; i - аргумент, уведений для вказівки можливості обробки однієї і тієї ж вибірки різними методами, одержуючи вирішення γ різного класу.

Таким чином, ми приходимо до необхідності вирішення двох проблем: проблеми синтезу статистичних процедур (побудови вирішальних правил) і проблеми аналізу їхньої якості (оцінювання близькості методу γ і θ).

Відомо, що дві безлічі елементів зв'язані функціональною залежністю, якщо кожному елементу x може бути поставлений у відповідність елемент y. Ця залежність є функцєю, якщо безліч x - вектори, а безліч y - скаляри. У той час існують залежності, де кожному вектору x ставиться у відповідність y, отримана за допомогою випадкового випробування, відповідно до умов щільності $P(y/x)$, тобто кожному x ставиться закон $P(y/x)$, відповідно до якого у випадковому випробуванні реалізується вибір y [7]. Задача відновлення $P(y/x)$ надзвичайно важка, тому досить задати одну з її характеристик: функцію умовного математичного сподівання, тобто функцію

$$y(x)=\int yP(y/x)dy, \tag{1}$$

де $y(x)$ - функція регресії.

У даному випадку ні властивості середовища $P(x)$, ні закон $P(y/x)$ невідомі, однак відомо, що існує регресія

$$y=y(x). \tag{2}$$

Потрібно по випадковій незалежній вибірці пар

$$x_1,y_1;...;x_ey_e \tag{3}$$

відновити регресію, тобто в класі параметричних функцій $F(x,\alpha)$ відшукати функцію $F(x,\alpha^*)$, найбільш близьку до регресії $y(x)$.

Отже, завдання відновлення регресії можна звести до проблеми мінімізації функціонала

$$I(\alpha)=\int(y-F(x,\alpha))^2P(y/x)P(x)dxdy \tag{4}$$

при заданій вибірці (3).

Мінімум $I(\alpha)$ досягається на регресії, якщо $y(x)\in F(x,\alpha)$ або на найближчій до неї функції, якщо $y(x)\notin F(x,\alpha)$.

Якістю функції $F(x,\alpha)$ будемо називати розмір функціонала $I(\alpha)$, що апроксимує регресію $y(x)$.

З огляду на те, що будь-яка вибірка $x_1,y_1,...,x_ey_e$ є реалізацією випадкового розміру і не може вмістити всієї інформації про закон розподілу імовірностей, ставиться задача відшукання по вибірці (3) не функції, що доставляє точний мінімум функціоналу (4), а функції, що доставляє функціоналу розмір, близький до мінімального. Отже, значення функціонала $I(\alpha^*)x$ - близьке до мінімуму $\min_\alpha I(\alpha)$, якщо виконується нерівність

$$I(\alpha^*)-\min_\alpha I(\alpha)\le x,$$

де α - параметр, $\alpha \in \Lambda$, конкретне значення якого $\alpha = \alpha^*$, $\alpha^* = \alpha^*(x_1, y_1, ..., x_e, y_e)$ визначає випадкове число $I(\alpha^*)$.

Надійність алгоритму, що доставляє функціоналу $I(\alpha)$ значення x - близьке до мінімального, визначається $1 - \eta$, якщо для заданого числа $0 < \eta < 1$ виконується нерівність

$$P\left\{I(\alpha^*) - \min_{\alpha} I(\alpha) > x\right\} < \eta .$$

Методика пошуку алгоритму, що забезпечує задану надійність відшукання функції, що доставляє функціоналу $I(\alpha)$ значення, найбільш близьке до мінімального, може бути побудована при застосуванні методу структурної мінімізації ризику [8].

Таким чином, на підставі встановлення адекватності математичної моделі, реалізованої модулем інтерпретації результатів експерименту, установлюються межі варіації параметрів, список критеріїв якості ВЗС для наступних проектних вишуковувань і розв'язку задачі багатокритеріальної оптимізації і задач «доведення» проектованої системи в межах стислого терміну.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вибрации в технике: Справочник в 6-ти томах / Под редакцией К.В. Фролова. – М.: Машиностроение, 1981. – Т.6.– 456 с.
2. Кондратьева Н.А. Исследование и разработка цифровой модели виброзащитной системы радиоэлектронной аппаратуры, устанавливаемой на подвижных объектах. – Запорожье, 1994. – 148 с.
3. Краснощеков П.С., Петров А.А., Федоров В.В. Информатика и проектирование. – М.: Знание, 1986.
4. Статников Р.Б., Матусов И.Б. Многокритериальное проектирование машин. - М.: Знание, 1989. - 47с.
5. Худсон Д. Статистика для физиков. - М.:Мир. 1967.
6. Тарасенко Ф.П. Непараметрическая статистика. - Томск: ТГУ, 1976.
7. Вапник В.Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным. - М.: Наука, 1979.
8. Алгоритмы и программы восстановления зависимостей// Под редакцией В.Н.Вапника. - М.: Наука. 1984. - 816 с.