

ЕТАПИ СТВОРЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО АЛГОРИТМУ ОБРОБКИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ПОБУДОВІ ГРАДУЮВАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Завдання побудови градуювальних характеристик (ГХ) засобів вимірювання – важливий окремий випадок загального завдання прикладної математики – побудова функціональних залежностей за експериментальними даними. Питання побудови ГХ досить широко освітлені в літературі з математичної статистики, але недостатньо детально розглянуті питання оцінювання похибок побудованих залежностей, які для метрологічної практики мають першочергове значення. В них приводяться лише методи оцінювання випадкових похибок, але відсутнє оцінювання систематичних похибок, не розглянуті питання оцінювання розширеної невизначеності ГХ. Також слід відмітити, що в літературі переважно викладається метод найменших квадратів, найбільш поширений на практиці. Його застосування коректне лише при виконанні визначених умов, при порушенні яких доцільно використовувати інші методи, наприклад, робастні (стійкі) або методи конфлюентного аналізу.

Якщо ГХ задається в аналітичному вигляді (формулою), то крім обробки спостережень в кожній точці, необхідна додаткова обробка всього набору експериментальних даних $(x_i, y_i) i=1...m$. При цьому передбачається, що ГХ має не надто складний функціональний вигляд і залежить від невеликої кількості параметрів.

Експериментально визначена ГХ $Y=f(X)$ відрізняється від істинної функції перетворення $Y=f_{icm}(X)$; похибка ГХ $f(x)$ в точці X діапазону зміни вхідної величини визначається як її відхилення від (X) : $\zeta Y(X) = f(X) - f_{icm}(X)$ [1]. Ця похибка зумовлена, насамперед, похибками вимірювань, які виконуються при визначенні ГХ (похибками результатів x_i і y_i). Якщо ГХ представлена формулою, то, крім того, є похибка, обумовлена апроксимацією істинної залежності f_{icm} за допомогою функцій того класу, у якому ми шукаємо ГХ (наприклад, похибка через не лінійність f_{icm} , при побудові лінійної ГХ). Таким чином, похибка побудованої ГХ можна представити у вигляді:

$$\zeta Y(X) = \zeta_a(X) + \zeta_{icm}(X), \quad (1)$$

де $\zeta_a(X) = f_a(X) - f_{icm}(X)$ – похибка через апроксимації істинної залежності $f_{icm}(X)$ за допомогою функції $f_a(X)$ зворотнього виду, найкращим чином наближає $f_{icm}(X)$; $\zeta_{icm}(X) = f(X) - f_a(X)$ – похибка, обумовлена похибками вимірювань при побудові ГХ. Зокрема, похибка лінійної ГХ подана в вигляді (1), де $\zeta_a(X)$ – похибка через не лінійність істинної залежності $f_{icm}(X)$; $\zeta_{icm}(X)$ – похибка через відмінності ГХ $f(X)$ та лінійної функції $f_a(X)$, апроксимуючої справжню ФП $f_{icm}(X)$ (рис. 1).

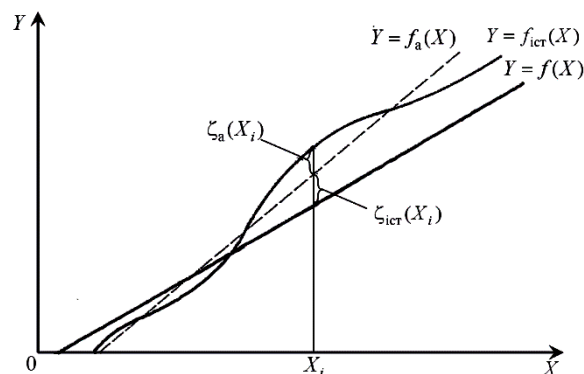


Рис. 1. Похибки лінійної градуювальної характеристик

Загальний порядок побудови ГХ, якого доцільно дотримуватися незалежно від виду ГХ і методу її побудови наступний:

а) визначення функціонального виду ГХ. При цьому можливі наступні основні випадки:

1) вид ГХ відомий з фізичних міркувань, наприклад, з фізичних закономірностей, що описують властивості засобів вимірювання (ЗВ), впливає, що ГХ лінійна. Проте визначити вид ГХ з фізичних властивостей ЗВ не завжди можливо, або така залежність може виявитися надто складною, незручною для застосування;

2) форма ГХ задана заздалегідь; наприклад потрібно побудувати лінійну ГХ. В цьому випадку необхідно оцінити ступінь нелінійності істинної залежності;

3) вид ГХ наближено визначається на підставі попереднього досвіду і попереднього аналізу експериментальних даних. Тут необхідно і надалі перевірити, що вид ГХ обраний правильно.

б) вибір методу оцінювання ГХ за експериментальними даним. При цьому враховують:

1) прийнятий функціональний вид ГХ;

2) апріорні відомості про похибки вимірювань (співвідношення між похибками вимірювань вхідних і вихідних величин, між випадковими і систематичними складовими, характер зміни похибок по діапазону).

в) побудова ГХ обраного виду. За результатами вимірювань $(x_i, y_i) i=1 ... m$, знаходять параметри ГХ і складають її рівняння (або будують її графік). Зауважимо, що параметри ГХ є оцінками параметрів істинної залежності.

г) оцінювання похибок побудованої ГХ. Для оцінювання використовують наявні відомості про випадкові і

систематичні похибки вимірювань і про характер їх зміни по діапазону. Оцінюють дисперсії і границі похибок для параметрів ГХ, а також для розрахункових значень ГХ (причому або границі в окремих точках, або для всього діапазону).

д) перевірка правильності вибору виду залежності (або оцінка ступеня відхилення істинної залежності від обраного виду). Використовуючи графічні або статистичні методи, перевіряють згоду експериментальних даних з побудованою ГХ. Якщо згода виявляється незадовільною, то уточнюють (ускладнюють) функціональний вид ГХ.

е) перевірка згоди побудованої ГХ з наявною раніше ГХ або номінальною ГХ. При повірці ЗВ після визначення нової ГХ і оцінювання її похибок порівнюють нову ГХ з раніше прийнятою. Якщо зміна ГХ за міжпіврічний період не перевищує встановлених границь, то далі приймають і використовують нову ГХ. Якщо ж зміна ГХ виявилася неприпустимо великою, то даний ЗВ бракується при повірці. Його необхідно більш ретельно дослідити і, можливо, відправити в ремонт або на регулювання.

Іноді для ЗВ відома бажана (номінальна) ГХ, тоді побудовану ГХ необхідно порівнювати з нею. Якщо відхилення побудованої ГХ від номінальної не перевищують допустимі, то даний ЗВ вважають придатним [2].

При аналізі похибок конкретного методу побудови ГХ, як правило, доцільно дотримуватися наступної послідовності дій:

- 1) визначити загальні вирази для похибок коефіцієнтів регресії і розрахункових значень ГХ;
- 2) оцінити довірчі межі загальної похибки;
- 3) визначити систематичні і випадкові складові похибки;
- 4) оцінити дисперсії випадкових похибок і знайти їх межі;
- 5) оцінити довірчі межі систематичних похибок;
- 6) оцінити межі сумарних похибок по межах випадкової і систематичної похибок (підсумовуванням випадкової та нерегулярної систематичної складових, а потім – постійної складової).

Оскільки, характеристики початкових даних, особливо наявність в них грубих похибок, значною мірою впливають на якість побудови ГХ, тому при розробці алгоритмів програмного забезпечення необхідно передбачати модулі аналізу закону розподілу початкових даних та виявлення результатів з надмірною похибкою.

При виборі алгоритму обробки результатів вимірювання доводиться враховувати два протиріччя. З однієї сторони, вимоги уніфікації методів обробки даних, які виходять із загального завдання забезпечення єдності вимірювань, що на практиці реалізується в регламентуванні обмеженої кількості алгоритмів. З іншої сторони виконання вимоги підвищення точності призводить до уточнення моделі експериментальних даних в кожному конкретному випадку та пошуку оптимального алгоритму, тобто розширенню множини використовуваних алгоритмів.

Питання побудови і обґрунтування моделей експериментальних даних погано піддаються формалізації. Постійними «вузькими місцями» при обробці даних є визнання апріорі закону розподілу вимірювань, обґрунтування способу сумування систематичних та випадкових похибок, оцінювання похибки (невизначеності) лінеаризації рівнянь вимірювань. Вирішення цих питань досі є актуальним завданням. Принцип атестації алгоритмів в повній мірі відповідає метрологічному підходу до атестації методик вимірювань, калібруванню засобів вимірювання, що здійснюються шляхом перевірки на еталоні [3].

Підвищений інтерес в цьому завданні сьогодні викликаний новими вимогами до розробки методик калібрування в частині представлення моделі вимірювань, бюджету невизначеності та сумарної невизначеності вимірювань.

Література

1. Грановский В.А. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях / В.А. Грановский, Т.Н. Сирая. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1990. – 288 с.
2. Статистичний аналіз даних вимірювань: навчальний посібник / [В.С. Єременко, Ю.В. Куц, В.М. Мокійчук, О.В. Самойліченко]. – К.: «Освіта України», 2013. – 320 с.
3. Чуновкина А.Г. К вопросу внедрения неопределенности измерения в методиках калибровки (поверки) средств измерений. // Измерительная техника, 2008. – № 3. – С. 70-72.