**Захаров Ігор Петрович. Розвиток теорії та методів оцінювання точності результатів вимірювань з урахуванням концепції невизначеності : дис... д-ра техн. наук: 05.11.15 / Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики. - Х., 2006**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Захаров І.П. Розвиток теорії та методів оцінювання точності результатів вимірювань з урахуванням концепції невизначеності. – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.11.15 – метрологія та метрологічне забезпечення. Національний науковий центр “Інститут метрології”, Харків, 2006.  У дисертації наведено вирішення актуальної проблеми підвищення достовірності оцінювання точності результатів вимірювань. Головним аспектом цієї проблеми є знаходження достовірних статистичних та нестатистичних оцінок похибки та невизначеності вимірювань за допомогою аналітичних та чисельних методів. Отримано вирази для оцінки результату вимірювань з багаторазовими спостереженнями, які забезпечують підвищення достовірності оцінювання похибки (невизначеності) при довільно заданих законах розподілу вхідних величин. Одержано композиції законів розподілу Стьюдента для корельованих і не корельованих результатів спостережень для нормальних і анормальних законів розподілу. Знайдено достовірні оцінки числа степенів свободи цієї композиції і коефіцієнта покриття при пошуку розширеної невизначеності статистичної оцінки. Розглянуто засади достовірного оцінювання невизначеності основних різновидів вимірювань для довільних законів розподілів з урахуванням можливої кореляції. Розроблено набір рекомендацій з вирішення перерахованих задач, який включає методики оцінювання розширеної невизначеності і технології складання бюджету невизначеності. | |
| |  | | --- | | У дисертаційній роботі вирішено важливу складову науково-технічної проблеми забезпечення єдності вимірювань, що полягає у розвитку теоретичних і прикладних основ оцінювання характеристик похибки та невизначеності результатів вимірювань з метою підвищення їх достовірності шляхом урахування законів розподілу вхідних величин та кореляційних зв'язків між ними.  Основні результати роботи полягають у наступному.  1. На основі аналізу моделей законів розподілу статистичних оцінок результатів вимірювань та законів розподілу оцінок їх розсіювання, отриманих методом Монте-Карло, розроблено підхід до достовірного статистичного оцінювання результатів вимірювань. Розраховано вагові коефіцієнти комбінованої оцінки результатів вимірювань які мінімізують значення довірчих границь оцінок випадкової похибки результатів вимірювань для довільного закону розподілу даних. Відношення значень цих границь до значень границь традиційної оцінки зменшуються в декілька разів зі зростанням кількості спостережень для законів розподілу, відмінних від нормального, що дає можливість при використанні комбінованої оцінки знизити кількість спостережень при проведенні вимірювального експерименту без зменшення його точності.  2. Отримано апроксимацію залежності коефіцієнтів *t*-розподілу для довільних законів розподілів результатів спостережень від числа степенів свободи для рівня довіри 0,95. Проведено імітаційне моделювання композиції законів *t*-розподілу для різних законів розподілів результатів спостережень. Встановлено, що число степенів свободи такої композиції, отримане за формулами Велча-Саттерсвейта, перевищує їх достовірне значення в 2 рази. Синтезовано достовірну оцінку коефіцієнта покриття для такої композиції, яка апроксимує опорне значення з похибкою, що не перевищує ±8 %. Проведене дослідження результату підсумовування декількох корельованих складових, розподілених за законом Стьюдента, встановило, що коефіцієнт покриття такої композиції добре апроксимується коефіцієнтом Стьюдента з тим же числом степенів свободи.  3. Вперше запропоновано принципи моделювання спільного розподілу двох корельованих величин з довільним законом розподілу. На основі результатів цього моделювання отримано закони розподілу суми двох корельованих рівномірно і арксинусно розподілених величин, оцінено значення ексцесів і коефіцієнтів покриття. Розглянуто застосування *Е*-метода підсумовування складових невизначеності для цих випадків, запропонована апроксимуюча залежність коефіцієнта покриття від ексцесу розподілу двох корельованих складових невизначеності, яка дозволила визначати коефіцієнт покриття для суми корельованих та некорельованих вхідних величин з похибкою не більше 4 %. На основі моделювання методом Монте-Карло отримано композиції декількох рівномірних, нормальних законів розподілу та законів арксинуса. Їх аналіз дозволив розробити рекомендації з достовірного оцінювання коефіцієнтів покриття нестатистичних оцінок точності результатів вимірювань при відсутності логічної кореляції між вхідними величинами.  5. Встановлено принципи отримання достовірних оцінок розширеної невизначеності прямих однократних вимірювань, які дозволили знизити їх максимальну похибку на 20 % у порівнянні з оцінками, наведеними у нормативних документах. На основі моделювання композиції законів розподілу Стьюдента, рівномірних та нормальних законів розподілу запропоновано вираз, що здійснює апроксимацію достовірних значень коефіцієнта покриття прямих багаторазових вимірювань з похибкою не більше 4,5 %, що майже в 4 рази менше, ніж похибка стандартних оцінок, рекомендованих нормативними документами.  6. Запропоновано процедуру обробки декількох груп прямих нерівноточних багаторазових вимірювань з урахуванням невизначеностей обох типів даних у групах. Вирішено задачу оцінювання неоднорідності даних у групах з довільним законом розподілу за допомогою критерію Граббса, параметр якого отримано у результаті комп’ютерного моделювання. Застосовано процедуру Монте-Карло для відшукання достовірної оцінки розширеної невизначеності результату обробки декількох груп вимірювань, розподілених за довільним законом. Встановлено достовірну оцінку результату вимірювання з урахуванням попарної кореляції даних у групах. Доведено, що неврахування кореляції між законами розподілу в групах може привести до необмеженого збільшення невизначеності оцінки результату вимірювання при наближенні коефіцієнта кореляції до значень ±1.  7. Встановлено принципи отримання достовірних оцінок розширеної невизначеності одноразових та багаторазових непрямих вимірювань з урахуванням кореляції між вхідними величинами. Розроблено набір рекомендацій з розв’язання перерахованих задач, що включає методики оцінювання розширеної невизначеності та технології складання бюджету невизначеності. На основі теорії трансформації законів розподілу при нелінійному перетворенні проведено аналіз границь використання критерію застосування закону поширення невизначеності при нелінійній модельній функції для анормальних законів розподілу вхідних величин. Показано, що похибки оцінювання значень математичного очікування, стандартного відхилення та довірчих границь результату вимірювання можуть досягати від -40 % до -72 %.  8. Розглянуто основи достовірного оцінювання невизначеності спільних вимірювань з урахуванням невизначеності вхідних величин обох типів та кореляції між параметрами, що визнаються. Розроблено набір рекомендацій, що включає процедуру оцінювання розширеної невизначеності та технологію складання її бюджету.  9. Проведено аналіз прикладів застосування розроблених положень при вирішуванні практичних метрологічних задач: оцінювання невизначеності вимірювань на основі концепції простежуваності при проведенні ключових звірень, калібрувань та випробувань, основних різновидів вимірювань, ідентифікації динамічних характеристик ЗВТ з урахуванням кореляції між оцінками параметрів, тощо. Отримано вирази та числові значення коефіцієнтів взаємного перерахування характеристик похибки та невизначеності вимірювань при виконанні метрологічних робіт. | |