

УДК 004.65

**А.О. Левченко, к.т.н., доц.****І.В. Шаріпова***Військова академія (м. Одеса), Україна*

## ЗАДАЧА ІНТЕРПРЕТАЦІЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ПОМИЛОК ВИМІРЮВАННЯ

*В статті проведено узагальнення витоків синтезу методу максимуму компактності як генератора прикладних алгоритмів статистичної обробки даних. Окреслено формування теорії забезпечення експлуатації як альтернативі класичної теорії надійності. Визначена трансформація завдання інтерпретації класифікації похибок вимірів в початкове завдання математичної статистики.*

**Ключові слова:** *достовірність алгоритмів, прогнозування, робастність, статистична оцінка, метод максимуму компактності*

**Вступ.** Забезпечення необхідної достовірності алгоритмів, які призначені для прогнозування, пов'язано з вивченням помилок прогнозу, обумовлених стохастичним характером вихідних даних, неточностями моделей дрейфу і розподілу, обмеженістю і неоднорідністю статистичної інформації про процес [1, 2].

**Результати попередніх робіт у відповідній галузі.** У результаті виконаних досліджень синтезована структура системи технічної діагностики з прогнозуванням, адаптивної до закону розподілу контрольованих параметрів складних технічних систем (СТС) зі значною переробкою існуючих алгоритмів вирішення часткових завдань і розробленням нових, для урахування умов експлуатації СТС з числовим вимірювальним контролем стану [3, 4]. Розроблені алгоритми дозволяють врахувати особливості введення керуючого впливу на процеси дрейфу параметрів, особливості проведення контролю параметрів під час технічного обслуговування (ТО) СТС, особливості ведення облікової документації відповідальним особами та забезпечити робастність й стійкість статистичних оцінок, а також врахувати можливості тільки локального управління процесом дрейфу параметрів та імпульсного характеру цього впливу [5, 6].

**Постановка завдання статті.** Основу адаптивної системи технічної діагностики з прогнозуванням складають алгоритм ідентифікації характеристик положення і масштабу інформаційної моделі дрейфу параметру і алгоритм ідентифікації щільності розподілу ймовірностей цього процесу [4, 6, 7, 8]. Алгоритми є математичним засобом, який дозволяє за даними контролю з прогнозуванням одержати оцінку технічного стану об'єкта контролю в майбутньому [2, 5, 8].

Отже адаптивну інформаційну систему технічної діагностики з прогнозуванням можна розцінювати як методику іспитів об'єкта контролю за прогнозованим параметром. Відповідно до положень існуючої правової і нормативно-технічної документації, будь-які методики іспитів повинні піддаватися визначенню значень показників точності і достовірності, що забезпечуються в результаті їх застосування.

Визначимо шляхи отримання значень характеристик точності і достовірності, які забезпечуються синтезованими алгоритмами, з використанням результатів досліджень характеристик точності і достовірності базових процедур методу максимуму компактності (ММК) як генератора прикладних алгоритмів.

**Виклад матеріалу статті.** Для атестації розрахункових процедур як вихідні використовувались дані методики оцінювання незсувності й ефективності Інституту технічної кібернетики АН УРСР ім. В.М. Глушкова, за якими оцінювалася завадостійкість алгоритмів структурної ідентифікації методу групового урахування аргументів (МГУА) в класі степеневих рядів при розподілі Гауса для некорельованого шуму у випадку, коли алгоритми багатокритеріальної селекції МГУА втрачають свою працездатність [3, 10, 11].

Визначення конкретних числових значень проведемо з використанням досвіду застосування системи «ММК-сертифікат» для атестації автоматизованої прогнозуючої системи метрологічного супроводу у 1988–1990 роках та основних засад Методичних рекомендацій за метрологічною атестацією алгоритмів статистичної обробки даних, які розроблені науково-дослідним інститутом метрології стандартизації та сертифікації ім. Д.І. Менделєєва. Такий вибір пов'язаний з тим, що на сьогодні в Україні не існує нормативно-технічних документів в галузі метрологічної атестації алгоритмів і програмних засобів, а в існуючих методиках адаптивної корекції міжперевірятьних інтервалів засобів вимірів вищої точності і зразкових засобів вимірювання, цій проблемі не приділяється необхідної уваги [3, 6, 10].

Розгортання наукових досліджень з метою обґрунтування заходів реалізації програм реформування Збройних Сил та супроводження заходів програми розвитку озброєння та військової техніки (ОВТ) потребують значної концентрації наукових зусиль в межах визначених цільових програм. Але не зважаючи на значні зусилля, суттєвих результатів не отримано. Одним з чинників, що обумовлюють ситуацію є використання ситуації наукових шкіл для апробації та впровадження нових методів та інформаційних технологій в межах власних підходів розв'язання завдань. З одного боку це надає можливість для досить бурного розвитку наукової школи та збільшення кількості вчених, але з іншого, результатів, що очікуються з метою, в першу чергу, забезпечення боєготовності частин і боєздатності озброєння Збройні Сили не отримують. Спроби впровадження в Збройних силах технічного обслуговування складних зразків ОВТ за станом, із застосуванням класичних підходів, призвела тільки до погіршення стану ОВТ та низки техногенних катастроф [8]. Одним з революційних підходів до наукової організації експлуатації СТС, що запропоновано наприкінці 80-х років є формування теорії забезпечення експлуатації як альтернативи класичної теорії надійності [2, 5].

Побудова моделей характеристик положення й масштабу є завданням структурної, параметричної й композиційної ідентифікації, що одержали назву початкових завдань математичної статистики [3, 4, 7], у найбільш простій постановці, які зводяться до наступного: для відомої дискретної послідовності результатів контролю випадкового процесу дрейфу параметра

$$\hat{x}(t_i) = \hat{x}_i, i = \overline{1, n};$$

заданому (обраному) класі моделей

$$F = \{F_m(\Theta, t); 1 \leq m \leq M\};$$

обраному критерію оптимальності моделей у вигляді деякої норми похибки

$$\hat{x}(t_i) - F_m(\Theta, t),$$

де  $\Theta$  – безліч параметрів моделі максимальної складності, індикаторною функцією якої є двійкове число або код моделі:  $I(\Theta)$  [3], необхідно визначити значення параметрів і код моделі так, щоб у змісті мінімуму норми похибки модель найбільше точно відтворювала результати контролю.

Специфіка цих завдань полягає у відсутності апріорної інформації про характеристики випадкових факторів і в принциповій необхідності перевірки передумов застосування класичних ймовірно-статистичних методів. Розв'язок початкових завдань математичної статистики, що добре зарекомендували себе в інших випадках методами правдоподібності, мінімакса, непараметричної статистики при малих статистично неоднорідних вибірках робить некоректною класичну частотну інтерпретацію імовірнісних оцінок [2, 3, 5]. У згаданих умовах найбільш ефективними виявилися інтерполяційні методи обробки даних, сутність яких полягає в заміні аналогів статистичних характеристик інтерполяційними поліномами, ступінь статистичної стійкості отриманих моделей

характеризується розподілом щодо неї даних на інтервалах передбачення [4, 6, 11], а завдання структурної ідентифікації відповідає в схемі перехресного вибору системи рівнянь

$$F_m(\hat{x}_j, \Theta_1, \dots, \Theta_n) = \hat{Y}_j, j = \overline{1, m+1}$$

де  $j$  - номер вузла інтерполяції,

$m$  - кількість параметрів моделі,

$\hat{x}_j$  и  $\hat{Y}_j$  - емпіричні значення відповідних координат в  $j$ -ому вузлі,

$\Theta_1, \dots, \Theta_n$  - параметри моделі.

Критерієм при ідентифікації використовується максимум статистичної стійкості моделей.

Кількісним заходом статистичної стійкості запропоновано використовувати

$$\chi_{S2} = \int_{-\infty}^{+\infty} \min_{\xi} \left\{ \chi_{\Xi_{\text{прогн.}}}(\hat{\Xi}, \xi), \chi_{\Xi_{\text{контр.}}}(\hat{\Xi}, \xi) \right\} d$$

де  $\chi_{\Xi_{\text{прогн.}}}(\hat{\Xi}, \xi), \chi_{\Xi_{\text{контр.}}}(\hat{\Xi}, \xi)$  - щільності розподілів похибок моделі на пробному й контрольному інтервалах вихідної вибірки.

Базовий метод, що реалізує описаний підхід, який і є генератором прикладних алгоритмів одержав назву методу максимуму компактності [2, 5, 6].

Використання медіанних алгоритмів методу максимуму компактності (ММК) призначеного для ідентифікації моделей стохастичних функцій за критеріями відтворюваності моделлю вихідних статистичних даних в умовах їх неконтрольованої статистичної неоднорідності.

Алгоритми ідентифікації методу максимуму компактності як необхідний елемент містять процедури перевірки гіпотез про структуру інтерпретуючої моделі на безлічі варіантів, для чого вихідні статистичні дані групуються в  $m+n$  блоків з яких  $m$  утворюють пробну вибірку, а  $n$  – контрольну. На пробних вибірках методом найменших модулів будуються варіанти характеристики положення інтерпретуючих моделей, які екстраполюються на відповідні контрольні вибірки. Уся сукупність отриманих у такий спосіб екстраполяцій утворює екстраполяційний функціонал, щодо якого визначаються статистичні характеристики вихідної вибірки. Це дозволяє інтерпретувати отримане в такий спосіб розподіл як оцінку випадкової похибки, а нев'язання екстраполяційний функціонал – як оцінку не виключеної систематичної погрішності [3, 9].

**Висновок.** У такий спосіб завдання інтерпретації класифікації похибок вимірів трансформується в початкове завдання математичної статистики.

### Список використаних джерел

1. Ивахненко А. Г. Численное исследование помехоустойчивости многокритериальной селекции моделей / А. Г. Ивахненко, В. С. Степашко // Автоматика. – 1982. – № 4. – С. 26–36.
2. Левин С. Ф. Основы теории контроля / С. Ф. Левин. – М. : МО СССР, 1983. – 51 с.
3. Левин С. Ф. Верификация экспертных и использующих экспертные оценки систем, ориентированных на вероятностно-статистические методы в программах обеспечения эксплуатации аэрокосмической техники / С. Ф. Левин // Проблема разработки и внедрения экспертных систем. – М.: ВНИИМС, 1989. – С. 144–145.
4. Блинов А. П. Научно-методическое обеспечение гарантированности решения метрологических задач вероятностно-статистическими методами / А. П. Блинов, С. Ф. Левин // Измерительная техника. – 1988. – № 12. – С. 8–10.
5. Левин С. Ф. Основы теории обеспечения эксплуатации технических объектов / С. Ф. Левин. – МО СССР, 1982. – 99 с.

6. Левин С. Ф. Статистический анализ систем обеспечения эксплуатации технических объектов / С. Ф. Левин. – М. : Изд. АН СССР, 1989. – 432 с.
7. Левченко А. О. Кількісні характеристики точності алгоритмів прогнозу / А. О. Левченко // Збірник наукових праць Одеського інституту сухопутних військ. – 2001. – № 6. – Ч. 1. – С. 32–34.
8. Левченко А. О. Засоби атестації систем метрологічного супроводження / А. О. Левченко // Матеріали 3-ї науково-технічної конференції «Стан і розвиток військово-морських сил Збройних сил України на сучасному етапі». – Севастополь, 2003. – С. 158–160.
9. Становський О. Л. Аналіз значень середніх модулів нев'язок і помилок екстраполяційних функціоналів моделей дрейфу / О. Л. Становський, А. О. Левченко // Матеріали XI семінару «Моделювання в прикладних наукових дослідженнях». – Одеса: ОНПУ, 2004. – С. 5.
10. Левченко А. О. Визначення характеристик достовірності індивідуального прогнозу параметрів, оцінювання робастності та стійкості прогнозуючих ММК-алгоритмів / А. О. Левченко // Вестник ХГПУ Выпуск 104. – Харьков: ХГПУ, 2000. – С. 79 – 84.
11. Левин С. Ф. Статистический анализ и синтез в системе обеспечения эксплуатации / С. Ф. Левин // Отчёт о НИР “Декстрин”. – Кн. 1. – Одесса: ОВВКИУ ПВО, 1980. – 33 с.

**Рецензент:** Скачков В.В., д.т.н., проф., Військова академія (м. Одеса)

## **ЗАДАЧА ИНТЕРПРЕТАЦИИ КЛАССИФИКАЦИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ**

А.А. Левченко, И.В. Шарипова

*В статье проведено обобщение первоисточников синтеза метода максимума компактности как генератора прикладных алгоритмов статистической обработки данных. Очерчено формирование теории обеспечения эксплуатации как альтернативе классической теории надежности. Определена трансформация задачи интерпретации классификации погрешностей измерений в начальную задачу математической статистики.*

**Ключевые слова:** *достоверность алгоритмов, прогнозирование, робастность, статистическая оценка, метод максимума компактности*

## **PROBLEM TO INTERPRETATION TO CATEGORIZATIONS OF INACCURACY OF THE MEASUREMENT**

A. Levchenko, I. Sharipova

*In article is organized generalization firsthand syntheses of the method of the maximum to compactness as generator applied algorithm statistical data processing. Outlined shaping to theories of the provision to usages as alternative to classical theory to reliability. The Certain transformation of the problem to interpretation to categorizations of inaccuracy of the measurements in initial problem of the mathematical statistics.*

**Keywords:** *validity algorithm, forecasting, robust, statistical estimation, method of the maximum to compactness*