

УДК 512.2

FEATURES OF IMPLEMENTATION OF INFORMATION TECHNOLOGY FOR PROVISION OF NUMERICAL VALUE OF PARAMETERS

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОГНОЗУВАННЯ ЧИСЛОВОГО ЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ

Levchenko A.A. / Левченко А.О.

с.т.с., ас.проф. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-5550-0027

Odessa National University, Odessa, Dvoryanska, 2, 65029

Одесский национальный университет,

Одесса, Дворянская, 2, 65029

Анотація. Робота спрямована на виявлення та аналіз особливостей реалізації інформаційної технології гарантоздатного прогнозування числових значень діагностичних параметрів, що визначають справний стан високотехнологічних складних систем. Визначені витрати працездатності діагностичних засобів під час вирішення типових задач прогнозування за різнорозмірними даними. Як шлях вирішення проблеми, запропоновано метод представлення довгих чисел в двійковому коді за допомогою цілочисельних масивів.

Ключові слова: діагностика, числові параметри, гарантоздатні методи прогнозування, втрата працездатності програмного забезпечення, різнорозмірні дані, представлення довгих чисел в двійковому коді.

Вступ.

Складність технічних систем набула якісно нового рівня. Виконання вимог до підтримання справного стану складних технічних систем (СТС) обумовлює пошук нових шляхів організації їх обслуговування [1].

Числові значення діагностичних параметрів, які визначають справність СТС ПН, за підсумками вимірювань, відрізняються різнорозмірністю. Цей факт накладає додаткові вимоги до систем діагностики та інформаційно-вимірювальних комплексів на їх базі, й робить неможливим достовірний прогноз часу виходу параметрів за межі допусків відомими методами [2, 3].

Для СТС підвищеної небезпеки (СТС ПН), відмова яких може призвести до катастрофічних наслідків, обов'язково проводять контроль стану перед застосуванням. Але вихід діагностичних параметрів за межі поля допусків, що приводить до відмови, настає під час застосування об'єкту [4]. Для літаків це означає відмову в повітрі. Для менш критичних СТС, неможливість достовірного прогнозу стану призводить до матеріальних витрат [6].

В 80-х роках ХХ сторіччя для специфічних СТС ПН розроблено структури автоматизованих систем метрологічного супроводження з прогнозуванням (АСМСП), вбудованих систем діагностики з прогнозуванням (ВСТДП), систем підтримки прийняття рішень (СППР) про стан об'єктів з числовим вимірювальним контролем. Але їх активне масове впровадження не було здійснено. Роботи з розвитку відповідних технологій прогнозування фактично припинено в 90-х роках ХХ сторіччя [1-5]. Відомо, що подальші дослідження проводились у Московському інституті експертизи та випробувань [5].

Проблеми в комп'ютерній реалізації технологій прогнозування числових



значень діагностичних параметрів впливають з того, що проведення обчислень за різнорозмірними даними виходять за межі застосування теорій математичної та робастної статистики. Це висуває вимогу до технологій (ІТ) прогнозування стану СТС ПН – гарантування достовірного прогнозу числового значення того діагностичного параметру, що призводить до відмови СТС ПН [2, 3, 5, 7].

Викладене обумовлює актуальність досліджень з розробки теоретичних основ та виявлення особливостей практичної реалізації ІТ прогнозування стану СТС ПН за різнорозмірними даними в системах підтримки прийняття гарантованого рішення (СППГР) про технічний стан СТС ПН.

Особливості проведення досліджень та прийнятті обмеження на практичну реалізацію результатів.

Досі існує проблема нерозв'язаності правових питань узгодження порядку проведення робіт з обслуговування СТС ПН в різних країнах. В деяких випадках виробники нав'язують покупцям додаткові сервіси і послуги, що не є обов'язковими, але підвищують вартість контрактів з продажу високотехнологічних СТС ПН. Це, з одного боку, обумовлено складністю, а в окремих випадках і неможливістю, виконання вимог до систем технічного забезпечення експлуатації запропонованих розроблювачами СТС ПН. А з іншого боку робить фантастичними деякі заяви науковців з вигаданості питання. Заклики цих науковців вирішити завдання шляхом введення в масову експлуатацію суперкомп'ютерів та забезпечення використання міжнародних комерційних електронних бібліотек спрямовані більше на обґрунтування підвищення їх фінансування.

Задачі прогнозування стану СТС ПН вирішуються за даними експериментальних досліджень, значення яких завжди є сумішшю: сигнал та завада (шум, помилка вимірювання). Однією з особливостей створення та реалізації ІТ прогнозування числового значення параметрів є необхідність попереднього створення умов верифікації програмного забезпечення. Результатом верифікації слід визнати побудову прогнозної моделі та визначення ступеню завадостійкості методів її побудови [5].

Моделі будуються за зашумленими даними що визначає й особливості вимог до відповідного математичного забезпечення ІТ. Мета може бути досягнута шляхом послідовного розв'язку кількох завдань. Серед яких найбільш значущими та складними є: виявлення витоків втрати працездатності апаратно-програмних комплексів систем діагностики з прогнозуванням [7]; розроблення працездатного математичного забезпечення для програмно-апаратної реалізації вбудованих систем діагностики з прогнозуванням, за умов різнорозмірності даних [8-11]; та надання рекомендацій з структури СППГР в яких реалізуються ІТ розв'язання перших двох завдань.

Під працездатністю розуміється знаходження для обраної моделі оптимальної складності правильної структури та найбільш точного вигляду математичної моделі за реальними даними вимірювань.

Особливості розв'язку завдання гарантоздатного прогнозування стану стс пн програмно-апаратними комплексами

Сучасне математичне забезпечення систем діагностики з прогнозуванням



будується з використанням самоорганізаційних алгоритмів [4]. Ці алгоритми за наперед обраним критерієм вибирають модель оптимальної складності. В цьому випадку помилка статистичних даних мінімальна.

Вирішення задачі прогнозування стану СТС ПН проводиться в підсистемі прогнозування за комбінаторним алгоритмом. Тобто за допомогою повного перебору всіх можливих варіантів структур моделей із повного базису і вибору найкращої моделі по заданому зовнішньому критерію (набору критеріїв) при використанні всіх можливих варіантів перебору даних вхідної вибірки [2].

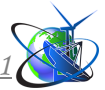
Згідно теореми Стоуна-Вейерштрасса, для будь якої безперервної функції на відрізку можна підібрати послідовність многочленів, рівномірно збіжних до цієї функції на відрізку. Для знаходження правильної структури та найбільш точних числових значень коефіцієнтів математичної моделі необхідно знати: кількість варіантів структур; кількість варіантів перебору вибірок вхідних даних з загальної вхідної вибірки; критерій відбору правильної структури та коефіцієнтів моделі в обраному класі.

Згадане обумовлює ще одну особливість реалізації ІТ для прогнозування числового значення параметрів, а саме: обмеження на структуру модельної залежності відповідно кількості статистичних (вихідних) даних та реалізацію процедур перехресного екзамену.

Для обґрунтування структури методики перевірки працездатності математичного забезпечення ПАК прогнозування стану СТС ПН було проведено аналіз змісту математичного забезпечення підсистеми прогнозування їх стану. Встановлено, що при відновленні функціональних залежностей можуть бути виділені різні постановки задач, які зводяться до однієї і тієї ж математичної схеми – мінімізації середнього ризику за емпіричними даними. Ці постановки розрізняються за тим, в якому класі функцій ведеться відновлення залежності: в простому класі – класі індикаторних функцій (задача розпізнавання образів); в класі функцій більш складної природи, що належать безлічі інтегрованих з квадратом функцій (задача відновлення регресії); чи в класі функцій, що є образом деякого іншого класу функцій (завдання інтерпретації результатів непрямих експериментів). Однак ці особливості задач відновлення залежностей є частковими, основний напрям реалізації ІТ, в кожній з них, пов'язаний з вивченням спільної математичної схеми.

Задача прогнозування стану в математичній постанові зводиться до побудови регресійної залежності по статистичним даним (даним експериментів або вимірювання), що в свою чергу під час програмної реалізації зводиться до програмування методів розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

В дослідженнях [7] проведено порівняльний аналіз методів розв'язків ЛАР, що частіше використовуються в математично програмному забезпеченні систем діагностики другого роду. Результати порівняльного аналізу показали, що внаслідок немінучих округлень результати навіть точних методів є наближеними. При використанні ітераційних процесів додається ще й похибка метода. Ефективність ітераційних методів суттєво залежить від вибору початкового наближення і швидкості сходимості алгоритму.



При порівнянні точних методів вирішення системи лінійних рівнянь, а саме правила Крамера та методу Гауса з вибором головних елементів, використовувалась ПЕОМ з параметрами: процесор Intel(R) Core(TM) Duo CPU T2300, частота процесора 1.66 ГГц, об'єм ОЗУ 1 ГБ, об'єм файлу підкачки 382 МБ. Вибір зазначеного апаратного забезпечення обумовлений накладеними обмеженнями на практичні реалізації в вартості підсистеми діагностики.

В підсумку розрахункового експерименту визначено, що метод Гауса з вибором головного елемента має значно кращі часові показники вирішення системи ЛВР, та може бути використаний для вирішення системи ЛАР великого порядку. Він найбільш вигідний для вирішення ЛАР загального виду з щільно заповненою матрицею.

Для проведення перевірки правильності та працездатності підсистеми прогнозування ПАК зі знаходження точної структури прогнозованої залежності розроблено методику перевірки працездатності програмного забезпечення з використанням розробленого методу спотворення вхідних даних. Метод дозволяє змоделювати еталонні суміші сигнал/шум з нормальним законом розподілу. Формування еталонної вибірки шумів полягає в генеруванні по нормальному закону розподілу вибірки такої ж розмірності як і вибірка вхідних (не зашумлених) даних з заданою абсолютною середньою величиною від величини чисел вхідних даних [8].

В методі до першого числа вибірки генерованої по поліному добавляється одне з чисел вибірки генероване по нормальному закону розподілу. Порядок в якому добавляються числа визначається датчиком випадкових чисел. Використання датчика випадкових чисел обумовлено необхідністю уникнення накопичення неправильних результатів в області одних і тих самих значень. В результаті отримується вибірка зашумлених еталонних даних з заданим значенням сигнал/завада, де завада розподілена за нормальним законом.

Результати проведених розрахункових експериментів показали неминучі втрати працездатності в зв'язку з округленням результатів обчислень, які пов'язані з обмеженою довжиною розрядної сітки ЕОМ (що зазвичай дорівнює 32 або 64 біта). Вже при складанні системи рівнянь та обчисленні поліному 4 ступеню починають накопичуватися помилки які унеможливають коректний розв'язок систем ЛАР [7].

Таким чином були з'ясовані витрати працездатності математичного забезпечення підсистем прогнозування стану СТС ПН. Було зроблено висновок що виродження матриць коефіцієнтів ЛАР здійснюється за рахунок накопичення похибок обчислень та округлень результатів розрахунків ЕОМ в двійково-шістнадцятирічній системі обчислень. Аналогічна проблема відома з методів що отримали назву: «некоректних задач» [1-5].

Для усунення проблеми, розроблено метод представлення довгих чисел за допомогою цілочисельних масивів, який відрізняється від відомих методів представлення чисел в двійково-десятичному коді у вигляді бази та мантиси та дозволяє виключити похибки округлень, що в свою чергу забезпечує вирішення математичних задач з високою точністю (мається на увазі, при точних значеннях коефіцієнтів системи). Особливістю розробленого методу



представлення чисел є те, що довге число представлено не просто масивом, а записом із додатковими полями: елементом масиву в якому зберігається розмір числа, елементом масиву в якому зберігається знак числа, елементом масиву в якому зберігається положення коми в числі та самим масивом чисел. В масиві значення зберігаються наступним чином: в першому елементі масиву зберігається молодша цифра (кількість одиниць), у другому — передостання по старшинству (кількість "десятків" системи числення) і т.д. При такому порядку цифри однакових розрядів знаходяться в елементах з однаковими індексами. Крім того, якщо після арифметичних дії змінюється кількість розрядів, то змінюється тільки вміст старших розрядів і зсувати цифри не доводиться [11]. Використання методів обчислювань з числами представлених як масиви виключає округлення даних які пов'язані з представленням чисел в ЕОМ у вигляді характеристики та нормалізованої мантиси [11]. Тобто забезпечується працездатність математичного апарату складних діагностичних систем, що дозволило розв'язати другу часткову задачу дисертаційного дослідження.

Розв'язок часткових задач створило передумови для надання практичних рекомендацій побудови програмно апаратних комплексів систем діагностики з прогнозуванням.

Заключение и выводы.

В роботі наведено основні підсумки досліджень з реалізації інформаційної технології прогнозування числового значення параметрів. Наведені результат визначення працездатності математичного забезпечення з відомим методами представлення чисел. Порівняння проведено шляхом розрахункових імітаційних експериментів. Використання розробленого методу представлення чисел в дозволяє забезпечити працездатність підсистем прогнозу стану СТС ПН при зашумлених даних до 20% з кількістю елементів вибірки до 12 значень. Це дозволяє реалізовувати інформаційну технологію прогнозування числового значення параметрів на прогнозних залежностях в класі степеневих рядів до 6 ступеня.

Литература:

1. Левин С.Ф. Эксплуатация авиационной и ракетно-космической техники по техническому состоянию / Обзор. – Одесса: ОВВКИУ ПВО, 1988. – 50 с.
2. Блинов А.П., Левин С.Ф. Научно-методическое обеспечение решения метрологических задач вероятностно-статистическими методами // Измерительная техника. – 1988. – № 12. – С. 8 – 10.
3. Левин С.Ф. Гарантированность программ обеспечения эксплуатации техники. – Киев: Знание. 1989. – 23 с.
4. Абрамов О.В., Розенбаум А.Н. Прогнозирование состояния технических систем. – М.: Наука, 1990. – 126 с.
5. С.Ф. Левин. Об основаниях теории измерительных задач [Online]. Электронный ресурс, режим доступа: http://pribory-si.ru/publication/index.php?ELEMENT_ID=5119.
6. Левин С.Ф. Погрешности измерений и вычислений как причина «катастрофического феномена 1985–1986 годов» в авиационной и ракетно-



космической технике. – Контрольно-измерительные приборы и системы. – 2000. – № 3. – С. 21-25.

7. Левченко А.О., Войтенков Р.М. Витоки втрати працездатності систем діагностики ОВТ другого роду з представленням чисел з плаваючою комою // Сб. науч. труд. Sword. – Иваново: МАРКОВА АД, 2015. – Вип. № 1(38) Том 3. С. 4 – 11.

8. Левченко А.О. Генератор еталонних вибірок числових даних з заданим ступенем забруднення довільними значеннями // Scientific and Technical Journal «Electrotechnic and computer systems», Международное научное издание. № 21(97), 2016.

9. Левченко А.О., Войтенков Р.М. Граничні точності обчислень в інформаційних системах з представленням чисел із плаваючою комою // Збірник наукових праць ВА (м. Одеса), Випуск № 2 (2), 2014 р., С.157-161.

10. Левченко А.О. Структура математичного забезпечення систем підтримки прийняття гарантованих рішень із прогнозуванням для розв'язку експлуатаційних задач// Інформаційні системи та мережі/Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2010.– №686. – С. 48 – 55.

11. Levchenko A.O. Arithmetic operation for binari numbers representated as arrays// Modern engineering and innovative technologies // International periodic scientific journal – Karlsruhe, Germany: – 2019. – №9, part 1. – p. 51-59.

References:

1. Levin S.F. Eksploatatsiya aviatsionnoy i raketno-kosmicheskoy tekhniki po tekhnicheskomu sostoyaniyu / Obzor. – Odessa: OVVKIU PVO, 1988. – 50 s.

2. Blinov A.P., Levin S.F. Nauchno-metodicheskoye obespecheniye resheniya metrologicheskikh zadach veroyatnostno-statisticheskimi metodami // Izmeritel'naya tekhnika. – 1988. – № 12. – S. 8 – 10.

3. Levin S.F. Garantirovannost' programm obespecheniya eksploatatsii tekhniki. – Kiyev: Znaniye. 1989. – 23 s.

4. Abramov O.V., Rozenbaum A.N. Prognozirovaniye sostoyaniya tekhnicheskikh sistem. – M.: Nauka, 1990. – 126 s.

5. S.F. Levin. Ob osnovaniyakh teorii izmeritel'nykh zadach [Online]. Yelektronniy resurs, rezhim dostupu: http://pribory-si.ru/publication/index.php?ELEMENT_ID=5119.

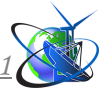
6. Levin S.F. Pogreshnosti izmereniy i vychisleniy kak prichina «katastroficheskogo fenomena 1985–1986 godov» v aviatsionnoy i raketno-kosmicheskoy tekhnike. – Kontrol'no-izmeritel'nyye pribory i sistemy. – 2000. – № 3. – S. 21-25.

7. Levchenko A.O., Voytenkov R.M. Vytochy vtraty pratsezdatsnosti system diahnostyky OVT druhoho rodhu z predstavlennyam chysel z plavayuchoyu komoyu // Sb. nach. trud. Sword. – Yvanovo: MARKOVA AD, 2015. – Vyp. № 1(38) Tom 3. S. 4 – 11.

8. Levchenko A.O. Henerator etalonnykh vybirok chyslovykh danykh z zadanyim stupenem zabrudnennya dovil'nymy znachennyamy//Scientific and Technical Journal «Electrotechnic and computer systems», Mezhdunarodnoye nauchnoye izdaniye. № 21(97), 2016.

9. Levchenko A.O., Voytenkov R.M. Hranychni tochnosti obchyslen' v informatsiynykh systemakh z predstavlennyam chysel iz plavayuchoyu komoyu // Zbirnyk naukovykh prats' VA (m. Odesa), Vypusk № 2 (2), 2014 r., S.157-161.

10. Levchenko A.O. Struktura matematychnoho zabezpechennya system pidtrymky pryunyattya harantovanykh rishen' iz prohnozuvannyam dlya rozv'yazku eksploatatsiynykh zadach// Informatsiyni systemy ta merezhi/Visnyk Natsional'noho universytetu «L'viv's'ka politekhnika». – 2010.– №686. – S. 48 – 55.



11. Levchenko A.O. Arithmetic operation for binari numbers repressattated as arrays// Modern engineering and innovative technologies // International periodic scientific journal – Karlsruhe, Germany: – 2019. – №9, part 1. – p. 51-59.

Abstract. *The work aimed at substantiating directions of development of reliable methods for predicting the state of complex technical systems of high danger. The indicated probable sources of disability of hardware-software complexes (systems of diagnostics of the second kind) during solving typical tasks of forecasting on the various sizes data. The indicated probable sources of disability of hardware-software complexes (systems of diagnostics of the second kind) during solving typical tasks of forecasting on various sizes data. The method of representation of long numbers in a binary code by means of integer arrays is described. The essence of the method is the representation of numbers in the form of a base and a mantissa, and it allows eliminating rounding errors during solvations of linear algebraic averages of large dimension.*

Key words: *testing, guaranteed methods of forecasting, loss of software, multi-dimensional data, representation of long numbers in binary code.*

Статья отправлена: 22.12.2019 г.

© Левченко А.О.