

2. Lichtenhaler, E. Managing technology intelligence processes in situations of radical technological change [Текст] / E. Lichtenhaler // Technological Forecasting and Social Change. — 2007. — Vol. 74. — Iss. 8. — pp. 1109–1136.
3. Cheng, A.-C. A fuzzy multiple criteria comparison of technology forecasting methods for predicting the new materials development [Текст] / A.-C. Cheng, C.-J. Chen, C.-Y. Chen // Technological Forecasting and Social Change. — 2008. — Vol. 75. — Iss. 1. — pp. 131–141.
4. Udvardia, F. Management situations and the engineering mindset [Текст] / F. Udvardia // Technological Forecasting and Social Change. — 1986. — Vol. 29. — Iss. 4. — Pp. 387–397.
5. Казакова, Н. Ф. Визначення показників для вирішення завдань прогностичного контролю мультисервісних телекомунікаційних мереж [Текст] / Н. Ф. Казакова, О. О. Скопа // Сучасний захист інформації. — К. : ДУІКТ. — 2010. — № 4. — С. 55–61.
6. Lin, C.-C. Combining forecasts for technology forecasting and decision making [Текст] / C.-C. Lin, Y.-H. Tang, J. Shyu, Y.-M. Li // Journal of Technology Management in China. — 2010. — Vol. 5. — Iss. 1. — pp. 69–83.
7. Alan, L. Forecasting and management of technology [Текст] : монографія / L. Alan, A. Porter, T. Roper, T. Mason, F. Roscini, J. Banks, F. Wiederholt. — Wiley, 2011. — 352 с. — ISBN 1118048210, 9781118048214.
8. Казакова, Н. Ф. Застосування програмно реалізованого прогностичного контролю для вирішення практичних завдань забезпечення якості надання послуг у захищених інформаційних мережах [Текст] / Н. Ф. Казакова // Сучасна спеціальна техніка. — К. : Державний НДІ МВС України. — 2012. — № 29. — С. 86–95.
9. Ayres, R. Technological forecasting and long-range planning [Текст] : монографія / R. Ayres. — McGraw-Hill, 1969. — 237 с.
10. Phillips, F. Market-Oriented Technology Management: Innovating for Profit in Entrepreneurial Times [Текст] : монографія / F. Phillips. — Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hong Kong; London; Milan; Paris; Singapore; Tokyo: Springer, 2001. — 417 с. — ISBN 3540412581.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СИТУАЦИЙ ДЛЯ СИСТЕМ С ГЕНЕТИЧЕСКИМИ ПРИНЦИПАМИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Приводятся этапы решения задачи построения прогноза на основе использования генетических алгоритмов, которые могут быть реализованы средствами нейронных сетей с применением аналитических методов, экспертных систем, методов математической статистики, нечеткой логики и статистики объектов нечисловой природы.

Ключевые слова: прогнозирование, генетический алгоритм, качество, альтернатива.

Вавілов Євген Віталійович, аспірант, Одеський національний університет ім. І. І. Мечнікова, e-mail: intelevgen@gmail.com.

Вавілов Евгений Витальевич, аспирант, Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова.

Vavilov Yevhen, Odessa I. I. Mechnikov National University, e-mail: intelevgen@gmail.com

УДК 621.311.22-52

**Грабовський О. В.,
Казакова Н. Ф.**

СКОРОЧЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ НАДІЙНОСТІ ІВС ЗА РАХУНОК ЇЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ НАДМІРНОСТІ

Показується, що в інформаційно-вимірвальній системі існує функціональна надмірність технічних та програмних ресурсів, яка використовується для підвищення захищеності системи від збоїв та відмов. Використання такої властивості, за певних умов дозволяє скоротити обсяги робіт з випробувань надійності. За рахунок цього прискорюється процедура випробувань. Приводиться коефіцієнт функціональної надмірності, який при спеціальних умовах технічної документації може бути використаний, як основа для скорочення випробувань.

Ключові слова: надмірність, надійність, вимірювання, коефіцієнт, інформаційно-вимірвальна система.

1. Вступ

Роль надійності в світі, у всякому разі, у розвинених країнах, зростає, хоча спрямованість досліджень поступово змінюється у бік використання методів оцінки показників надійності для швидкого отримання інформації про якість розробок. У повній мірі це відноситься до технологій проведення та визначення надійності всіляких систем контролю якості, включаючи інформаційно-вимірвальні системи (ІВС).

Як правило, метою багатьох випробувань на надійність ІВС є знаходження фактичних значень показників надійності та, при необхідності, параметрів законів розподілу таких випадкових величин, як час безвідмовної роботи, напрацювання між відмовами, час відновлення

та ін. Мета контрольних випробувань — перевірка відповідності фактичних значень показників надійності вимогам стандартів, технічних завдань та технічних умов, тобто ухвалення рішення типу «так/ні» про відповідність або невідповідність надійності системи вимогам, встановленим у технічній документації. Процедура таких випробувань є досить складною та займає багато часу. Втім є досить багато шляхів, які дозволяють її скоротити у часі та спростити. Серед них — прискорення випробувань за рахунок функціональної надмірності ІВС.

Функціональна надмірність ресурсів ІВС досягається дублюванням функцій або внесенням додаткових функцій в програмно-апаратні ресурси обчислювальної системи для підвищення її захищеності від збоїв та відмов, наприклад періодичне тестування та відновлення,

а також самотестування і самовідновлення компонентів вимірювальної системи. Використовуючи ці властивості, можемо скоротити обсяги робіт по визначенню надійності тим самим прискоривши процедуру випробувань.

2. Аналіз досліджень та публікацій

У загальному життєвому циклі технічних систем, який має на увазі проектування, серійне виробництво, експлуатацію та утилізацію, випробуванням надійності відводиться особлива роль. В багатьох випадках виявляється, що більша частина загальних витрат приходить саме на проведення випробувань, а це — при створенні складних технічних систем — значно впливає на їх фінансування. У зв'язку з цим обґрунтування необхідних обсягів випробувань та пошук шляхів їх скорочення має істотне практичне значення. Цій проблемі вперше почали приділяти увагу вчені до яких відносяться Р. Судаков [1], Л. Большев [2], Г. Карташов [3] та ін., включаючи такого видатного спеціаліста у згаданій області, як І. Ушакова. Згодом нові рішення проблеми та розвиток багатьох положень, був відображений у працях інших дослідників, наприклад, [4, 5]. Крім того, проблемою також займалася значна кількість зарубіжних науковців (див., наприклад, посилання у [6, 7] та [8–14]). Роботи [4, 5] покладені в основу проведеного дослідження.

3. Формування мети за завдань

Як напрям для подальшого дослідження перспективним представляється один з шляхів підвищення ефективності випробувань у вигляді скорочення процедури за рахунок функціональної надмірності ІВС.

4. Результати досліджень

Позначимо подію, яка полягає у виникненні відмови ІВС в цілому, як \bar{B} . Тоді B — це подія, яка полягає в тому, що ІВС виконає покладені на неї функції. Припустимо, що з метою реалізації події B , в технічній документації, наприклад, у технічному завданні на розробку ІВС, обумовлено B деяких умов A_i . Зокрема, подія A_i може складатися в умові допускового типу, наприклад, $A_i = \{a_i \leq \xi_i \leq b_i\}$, тобто в даному випадку A_i полягає в тому, щоб деяка випадкова величина ξ_i перебувала у фіксованому допуску $[a_i, b_i]$, де a_i, b_i — його межі. Якщо ξ_i виходить за зазначені межі, тобто $\xi_i \notin [a_i, b_i]$, то подія може супроводжуватися виходом ІВС з ладу. Проте, може бути й так, що при $\xi_i \in [a_i, b_i]$ з ймовірністю, рівною 1, відмови системи не відбувається.

Позначимо через $P(A_i) = R_i$ ймовірність виконання i -ї умови документації. Будемо вважати, що документація складена достатньо повно у тому смислі, що при виході ІВС з ладу, відбувається хоча б одна з подій \bar{A}_i , тобто $\bar{B} \subset \bigcup_{i=1}^N \bar{A}_i$. Тоді:

$$\bar{B} = \bar{B} \cap \left(\bigcup_{i=1}^N \bar{A}_i \right) = \bigcup_{i=1}^N (\bar{B} \cap \bar{A}_i),$$

$$\text{де } B = \bigcap_{i=1}^N \overline{\bar{A}_i} \cap \bar{B} = \bigcap_{i=1}^N (A_i \cup B) = \bigcap_{i=1}^N D_i, \quad D_i \triangleq A_i \cup B.$$

Це означає, що

$$P(B) = (1 - P(\bar{D}_1)) (1 - P(\bar{D}_2 | D_1)) \dots \left(1 - P\left(\bar{D}_N \mid \left(\bigcap_{k=1}^{N-1} D_k\right)\right) \right), \quad (1)$$

де $P(\bar{D}_1) = P(\bar{A}_1 \cap \bar{B}) \triangleq q_1(1 - k_1)$, $q_1 = P(\bar{A}_1)$ — ймовірність невиконання першої умови документації. Це може бути, наприклад, q_1 — ймовірність виходу ξ_1 за допуск $[a_1, b_1]$; $P(\bar{B} | \bar{A}_1)$ — ймовірність відмови ІВС при невиконанні вказаної умови; $k_1 = 1 - P(\bar{B} | \bar{A}_1)$.

Розглянемо випадок, коли ймовірність безвідмовної роботи ІВС

$$L = P(B) = P\left(\bigcap_{i=1}^N D_i\right), \quad D_i = A_i \cup B. \quad (2)$$

задовольняє співвідношенню:

$$L = P(B) \geq \prod_{i=1}^N P(D_i) \triangleq \eta = \prod_{i=1}^N R'_i, \quad R'_i = P(D_i). \quad (3)$$

Зокрема, (2) виконується для незалежних, а також для позитивно зв'язаних подій D_i , $i = \overline{1, N}$ [1, 6]. У випадку, який розглядається, η представляє з себе оцінку знизу для показника надійності $L = P(B)$ системи в цілому та може бути представлена у простій формі:

$$\eta = \prod_{i=1}^N P(D_i) = \prod_{i=1}^N R'_i, \quad (4)$$

де $R'_i = 1 - q_i(1 - k_i) = P(D_i)$; $q_i = P(\bar{A}_i)$ — ймовірність невиконання i -ї умови документації, наприклад q_i — ймовірність виходу ξ_i за допуск $[a_i, b_i]$, а число $k_i = 1 - P(\bar{B} | \bar{A}_i) = P(B | \bar{A}_i)$ є коефіцієнтом функціональної надмірності системи по i -му умові документації. При всіх $k_i = 0$ з (4) витікає, що $\eta = \prod_{i=1}^N R_i$, $k_i = 0$, $i = \overline{1, N}$, $R_i = 1 - q_i$.

Рівність $k_i = 0$ відповідає випадку, коли при невиконанні i -ї умови система не виконає покладені на неї функції, тобто $P(\bar{B} | \bar{A}_i) = 1$. Якщо i -а умова документації грає настільки незначну роль в системі в цілому, що факт виникнення події \bar{A}_i не впливає на \bar{B} , то $P(\bar{B} | \bar{A}_i) = P(B)$ і, таким чином $0 \leq k_i \leq \{P(B) = L\}$.

Коефіцієнти k_i надмірності системи по кожній з N умов, обумовлених в технічній документації, можуть бути знайдені шляхом статистичного моделювання процесу функціонування ІВС, який описується, наприклад, сукупністю диференціальних рівнянь, які приведені в [7].

5. Висновки

Сформулюємо висновки, використовуючи рівняння (1)...(5).

1) На стадії проектування для кожної з N умов A_i , які обумовлені в технічній документації і мають, наприклад, вид

$$a_i \leq \xi_i \leq b_i, \quad i = \overline{1, N}, \quad (7)$$

в результаті статистичного моделювання процесу виконання завдання системою в цілому, за допомогою (5) повинні бути розраховані коефіцієнти k_i функціональної надмірності. При наступних розглядах коефіцієнти k_i можуть вважатися відомими і фіксованими.

2) Кількісною мірою виконання i -ї умови служить ймовірність $R_i = P(A_i)$ її виконання. При цьому R_i невідома і підлягає оцінюванню за результатами випробувань.

В силу співвідношень (3) та (4), за критерій виконання i -ї умови з позиції системного розгляду, приймається ймовірність

$$R'_i = 1 - q_i h_i, \quad q_i = 1 - R_i, \quad h_i = 1 - k_i. \quad (8)$$

3) Виходячи з необхідного значення L_T для ймовірності $L = P(B)$ виконання завдання системи в цілому і заданого для неї допустимого ризику замовника β_d , визначаються вимоги R'_{Ti} до кожної з ймовірностей $R'_i = P(D_i)$ і допустимий ризик замовника β_{di} .

4) Вимоги по надійності і реалізації i -ї умови вважаються виконаними, якщо γ -нижня границя $\underline{R}'_{iy} = \underline{R}_{iy}$ при $\gamma = 1 - \beta_{di}$ задовольняє співвідношенню

$$\underline{R}'_{iy} \geq R'_{Ti}, \quad \gamma = 1 - \beta_{di}. \quad (9)$$

Так як коефіцієнт k_i надмірності системи по i -й умові технічної документації вважається в нашому розгляді фіксованим числом з діапазону $[0, L]$, то $\underline{R}'_{iy} = 1 - (1 - k_i)(1 - \underline{R}_{iy})$, де \underline{R}_{iy} — статистика, що є γ -нижньою границею для ймовірності $R_i = 1 - q_i$. У зв'язку з цим, співвідношення (9) можна переписати у вигляді

$$\underline{R}'_{iy} > R'_{Ti} = \frac{R_{Ti}^* - k_i}{1 - k_i}, \quad \gamma = 1 - \beta_{di},$$

отримавши тим самим вимоги до функціонування ІВС, яка перевіряється в умовах скорочення випробувань її надійності за рахунок функціональної надмірності.

Література

1. Судаков, Р. С. Избыточность и объем испытаний технических систем и их элементов : монография / Р. С. Судаков. — М. : Знание, 1980. — 188 с.
2. Большев, Л. Н. О построении доверительных пределов [Текст] / Л. Н. Большев // Теория вероятности и ее применения. — М. : МВТУ, 1965. — Т. 10, № 1. — С. 191–192.
3. Карташов, Г. Д. Принципы расходования ресурса и их использование для оценки надёжности : монография / Г. Д. Карташов. — М. : Знание, 1984. — 90 с.
4. Казакова, Н. Ф. Скорочення обсягів контрольних випробувань в інформаційних системах за рахунок їх функціональної надмірності [Текст] / Н. Ф. Казакова, Н. М. Согіна // Моделювання та інформаційні технології. — К. : ІПМЕ НАН України. — 2008. — № 49. — С. 34–40.
5. Скопа, О. О. Вплив функціональної надмірності резервованих систем телекомунікацій на скорочення обсягів їх випробувань на надійність [Текст] / О. О. Скопа, Н. Ф. Казакова, О. С. Мурін // Наукові праці ДонНТУ. — Донецьк : РВА ДонНТУ. — 2003. — № 58. — С. 115–121.
6. Судаков, Р. В. Аналитическое решение задачи планирования объемов испытаний элементов сложных систем [Текст] / Р. В. Судаков // Сборник трудов Вильнюсского университета. — Вильнюс : ВУ. — 1982. — № 4. — С. 25–30.
7. Волков, Е. Б. Основы теории надежности ракетных двигателей : монография / Е. Б. Волков, Р. В. Судаков, Т. А. Сырыцын. — М. : Машиностроение, 1974. — 400 с.
8. McLean, H. HASS & HASA Explained: Accelerated Reliability Techniques. Milwaukee : монография / H. McLean. — ASQ Quality Press. — 2000. — 152 с.
9. Tseng, S. Step-Stress Accelerated Degradation Analysis For Highly Reliable Products [Текст] / S. Tseng // Journal of Quality Technology. — 2000. — Vol. 32. — № 3. — С. 209–216.
10. Baldwin, K. Accelerated corrosion tests for aerospace materials: current limitations and future trends [Текст] / K. Baldwin, C. Smith // Aircraft Engineering and Aerospace Technology. — 1999. — Vol. 71. — № 3. — С. 239–244.
11. Yang, G. Accelerated degradation-tests with tightened critical values [Текст] / G. Yang, K. Yang // IEEE Trans. Reliability. — 2002. — Vol. 51. — № 4. — С. 463–468.
12. Khamis, I. Comparison between constant and step-stress tests for Weibull models [Текст] / I. Khamis // International Journal of Quality and Reliability Management. — 1996. — Vol. 14. — № 1. — С. 74–81.
13. Khamis, I. An alternative to the Weibull step-stress model [Текст] / I. Khamis, J. Higgins // International Journal of Quality and Reliability Management. — 1999. — Vol. 16. — № 2. — С. 158–165.
14. Xu, H. Commentary: the Khamis/Higgins model [Текст] / H. Xu, Y. Tang // IEEE Trans. Reliability. — 2003. — Vol. 52. — № 1. — С. 4–6.

СОКРАЩЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ НАДЕЖНОСТИ ИКС ЗА СЧЕТ ЕЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ

Показывается, что в информационно-измерительной системе существует функциональная избыточность технических и программных ресурсов, которая используется для повышения защищенности системы от сбоев и отказов. Использование такого свойства, при определенных условиях позволяет сократить объемы работ по испытаниям надежности. За счет этого ускоряется процедура испытаний. Приводится коэффициент функциональной избыточности, который при специальных условиях технической документации может быть использован, как основа для сокращения испытаний.

Ключевые слова: избыточность, надежность, измерения, коэффициент, информационно-измерительная система.

Грбовський Олег Вікторович, здобувач кафедри Інформаційно-вимірювальних технологій, Одеська державна академія технічного регулювання та якості, e-mail: odivot@mail.ru.

Казакова Надія Феліксівна, кандидат технічних наук, доцент, докторант кафедри Інформаційних систем в економіці, Одеський національний економічний університет, e-mail: kaz2003@ukr.net.

Грбовський Олег Вікторович, соискатель кафедры Информационно-измерительных систем, Одесская государственная академия технического регулирования и качества.

Казакова Надежда Феликсовна, кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры Информационных систем в экономике, Одесский национальный экономический университет.

Grabov's'kyu Oleg, Odessa State Academy of Technical Regulation and Quality, e-mail: odivot@mail.ru.

Kazakova Nadiya, Odessa National Economic University, e-mail: kaz2003@ukr.net