

УДК 004.052

Ю.Л. Поночовний

Військовий інститут телекомунікацій і інформатизації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», Полтава

ВИБІР МЕТОДУ КОМПЛЕКСУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ КОМПОНЕНТІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЗА ПОХИБКОЮ, ЩО ВНОСИТЬСЯ

У статті розглянуті методи комплексування одиничних і комплексних показників надійності апаратних і програмних засобів інформаційних систем при оцінюванні надійності системи в цілому. Визначені похибки і область застосування методів як інструментарію оцінювання надійності систем з різним ступенем готовності.

Ключові слова: одиничні і комплексні показники надійності, апаратні і програмні засоби, інформаційна система, метод комплексування, похибка методу.

Вступ

Постановка проблеми. Сучасні інформаційні системи (ІС) в задачах оцінювання надійності розглядаються як сукупність взаємодіючих апаратних (АЗ) і програмних (ПЗ) засобів, порушення функціонування яких може викликати загальносистемні відмови. Для опису функціонування АЗ і ПЗ розроблені і використовуються різні моделі надійності [1, 2], які дозволяють визначити одиничні і комплексні показники надійності окремої компоненти ІС.

Проте, на практиці необхідно визначити загальносистемну надійність з врахуванням властивостей як АЗ, так і ПЗ. При цьому можливе вживання різних методів комплексування показників надійності АЗ і ПЗ, кожен з яких можна розглядати як з точки зору умовної складності, так і з точки зору похибки отриманих результатів.

При оцінюванні показників ІС високої готовності, похибка моделювання має бути не нижче за порядок показника неготовності системи, значення якого визначаються умовним класом ІС – HAL [3].

Аналіз літературних джерел. Більшість дослідників при комплексуванні моделей надійності АЗ і ПЗ приймають обґрунтовані припущення про марковість процесів у системі [1, 4]. При цьому можна виділити наступні три методи комплексування:

1) побудова розширеного графа станів і переходів ІС з врахуванням усіх можливих станів АЗ і ПЗ [4];

2) розрахунок комплексного показника на основі одиничних ПН, отриманих алгебраїчним складанням параметрів АЗ і ПЗ (такий підхід використовується в моделі надійності PRISM, описаній в [5]);

3) розрахунок комплексного показника ІС на основі комплексних ПН АЗ і ПЗ [3, 6],

(надалі перераховані методи комплексування позначено порядковими номерами).

Кожен з вказаних методів характеризується умовною складністю моделювання і похибкою, що

вноситься. Тому метою даної статті є виділення їх переваг і недоліків, а також визначення області застосування за похибкою, що вноситься.

Як приклад розглянута нерезервована (одноканальна) одноверсійна ІС S_{11} , структурна схема надійності якої приведена на рис. 1.

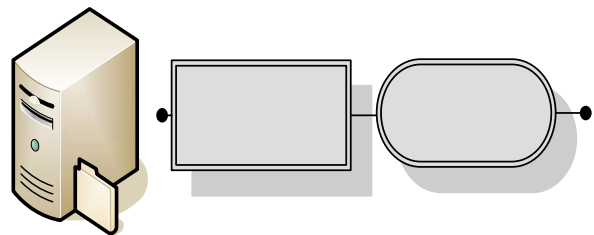


Рис. 1. Структурна схема надійності ІС S_{11}

1. Комплексування показників АЗ і ПЗ шляхом побудови розширеного графа станів

Припущення методу: у системі протікають марківські процеси відмов і відновлень АЗ і ПЗ.

Згідно теорії марківських процесів такий спосіб комплексування є ідеалізованим (прийнята мінімальна кількість допущень), що з одного боку вказує на наявність лише числової похибки розрахунків, обумовленої чисельними методами розв'язку системи диференціальних рівнянь (при дослідженні динамічної зміни ПН системи в цілому), або системи лінійних рівнянь (при визначенні комплексних ПН ІС в сталому режимі).

Негативною стороною даного методу комплексування є ускладнення графової моделі функціонування ІС при дослідженні n-кратно резервованих і m-кратно версійних ІС.

Граф функціонування ІС представлено на рис. 2, де позначено наступні стани графа: S_1 – справний стан системи; S_2 – стан ІС, обумовлений відмовою АЗ (система неприцездатна); S_3 – стан ІС, обумовлений відмовою ПЗ (система неприцездатна).

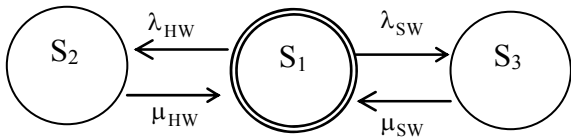


Рис. 2. Розмічений граф функціонування ІС S₁₁

Коефіцієнт готовності ІС, який визначається як ймовірність знаходження ІС в працездатному стані S₁ визначається за наступним законом:

$$K_{\Gamma} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{HW}}{\mu_{HW}} + \frac{\lambda_{SW}}{\mu_{SW}}} \quad (1)$$

2. Комплексування показників АЗ і ПЗ шляхом алгебраїчного складання показників безвідмовності і ремонтпридатності

Припущення методу:

- у системі протікають марківські процеси відмов і відновлень АЗ і ПЗ;
- процеси відмов і відновлень ІС в цілому також є марківськими.

У даному методі передбачено визначення інтенсивності відмов і відновлень системи в цілому за наступними формулами:

$$\lambda_S = \lambda_{HW} + \lambda_{SW}, \quad (2)$$

$$\mu_S = \frac{1}{T_S} = \frac{1}{T_{HW} + T_{SW}} = \frac{\mu_{HW} \cdot \mu_{SW}}{\mu_{HW} + \mu_{SW}}, \quad (3)$$

де T_S – середній час відновлення системи;
T_{HW} – середній час відновлення АЗ;
T_{SW} – середній час відновлення ПЗ.

При такому підході граф функціонування ІС буде суттєво спрощеним і включатиме працездатний (S₁) і непрацездатний (S₂) стани.

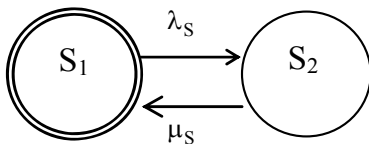


Рис. 3. Спрощений граф функціонування ІС S₁₁

При цьому коефіцієнт готовності ІС в сталому стані визначається за формулою:

$$K_{\Gamma} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_S}{\mu_S}} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{HW}}{\mu_{HW}} + \frac{\lambda_{SW}}{\mu_{SW}} + \frac{\lambda_{HW}}{\mu_{SW}} + \frac{\lambda_{SW}}{\mu_{HW}}} \quad (4)$$

Порівнюючи вирази (1) і (4) можна виділити доданок знаменника $(\lambda_{HW}/\mu_{SW}) + (\lambda_{SW}/\mu_{HW})$, який визначатиме похибку другого методу комплексування.

Слід зазначити, що другий метод комплексування часто використовується для оцінки одиничних

показників надійності, таких як загальна інтенсивність відмов системи, ймовірність безвідмовної роботи ІС і т. п. Застосування цього методу для визначення комплексних показників ІС, не дивлячись на його умовну нескладність (рис.3), може привести до похибки отриманих результатів. Тому необхідно визначити, для яких НАЛ-класів ІС можна розраховувати коефіцієнт готовності за допомогою другого методу.

3. Комплексування показників ІС на основі комплексних ПН АЗ і ПЗ

Припущення методу:

- у системі протікають марківські процеси відмов і відновлень АЗ і ПЗ;
- вірогідністю переходів між станами ІС, обумовленими відмовами АЗ і ПЗ можна знехтувати (це припущення актуальне лише для n-кратно резервованих і m-кратно верійних ІС).

Даний метод передбачає попереднє визначення комплексних ПН (коефіцієнтів готовності) АЗ і ПЗ. При цьому проводиться декомпозиція загального графа станів і переходів на дві окремі частини, кожна з яких описує функціонування окремої компоненти ІС.

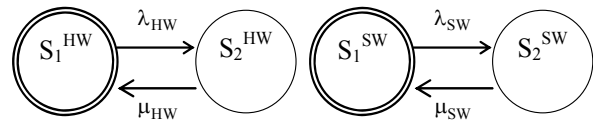


Рис. 4. Розмічені графи функціонування АЗ і ПЗ одноканальної одноверсійної ІС

Графи на рис.4 описують наступні стани:

S₁^{HW} (S₁^{SW}) – справний стан АЗ (ПЗ) системи,
S₂^{HW} (S₂^{SW}) – стан ІС, обумовлений відмовою АЗ (ПЗ), система непрацездатна.

На підставі розмічених графів (рис. 4) визначаються коефіцієнти готовності АЗ і ПЗ (K_{ΓHW} і K_{ΓSW}) з наступним розрахунком ПН ІС за формулою:

$$K_{\Gamma} = K_{\Gamma HW} \cdot K_{\Gamma SW} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{HW}}{\mu_{HW}} + \frac{\lambda_{SW}}{\mu_{SW}} + \frac{\lambda_{HW}}{\mu_{SW}} \cdot \frac{\lambda_{SW}}{\mu_{HW}}} \quad (5)$$

Порівнюючи вирази (1) і (5) можна виділити доданок знаменника $(\lambda_{HW}/\mu_{SW}) \cdot (\lambda_{SW}/\mu_{HW})$, який визначатиме похибку третього методу комплексування.

4. Порівняння методів комплексування за похибкою, що вноситься

Кількісні значення коефіцієнта готовності ІС визначені за допомогою формул (1), (4) і (5). При розрахунках прийняті значення параметрів АЗ і ПЗ, представлені в табл. 1.

Таблиця 1
Кількісні значення параметрів потоків відмов і відновлень АЗ і ПЗ ІС

λ_{HW} (1/ч)	μ_{HW} (1/ч)	λ_{SW} (1/ч)	μ_{SW} (1/ч)
10^{-3}	$4,1 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	0,2

Результати обчислень коефіцієнта готовності ІС і похибки відносно першого методу комплексування приведені в табл. 2.

Таблиця 2
Кількісні значення коефіцієнта готовності ІС і похибок методів комплексування

Номер методу комплексування	K_G	$\Delta K_G = K_{G(1)} - K_{G(i)}$
1	0,9690953	0
2	0,9315535	0,037542
3	0,9689235	0,000172

Слід зазначити, що порядок похибки другого методу збігається з порядком суми $(\lambda_{HW}/\mu_{SW}) + (\lambda_{SW}/\mu_{HW})$, а похибка третього методу має порядок добутку $(\lambda_{HW}/\mu_{HW}) \cdot (\lambda_{SW}/\mu_{SW})$. Другий і третій методи дають занижену оцінку ПН ІС.

Висновки

У статті розглянуті методи комплексування одиничних і комплексних ПН АЗ і ПЗ при обчисленні комплексних ПН ІС в цілому з урахуванням відмов і відновлень обох компонент. Виділені основні припущення, що приймаються в кожному методі комплексування. Обчислені значення коефіцієнта готовності нерезервованої одноверсійної ІС і визначені похибки методів.

Кількісно визначено, що похибка другого методу комплексування має більший порядок, чим

похибка третього методу, а значення ПН ІС занижене. Це ставить під сумнів використання другого методу при оцінці показників надійності ІС високої готовності з рівнем HAL вище трьох.

Порядок похибки третього методу комплексування вище за порядок неготовності ІС. Це дозволяє зробити вивід про прийнятність методу при розрахунках ПН ІС високої готовності з рівнем HAL вище трьох. Проте слід пам'ятати про заниження результатів розрахунків ПН, що може викликати додаткові витрати на непотрібні заходи підвищення надійності системи.

Список літератури

1. Рыжкин А.А. Основы теории надежности: учебн. пособие / А.А. Рыжкин, Б.Н. Слюсарь, К.Г. Шучев. – Ростов Н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2002. – 182 с.
2. Лунаев В.В. Надежность программных средств / В.В. Лунаев. – М.: СИНТЕГ, 1998. – 232 с.
3. Gray J. High-Availability Computer Systems / J. Gray, D.P. Siewiorek // IEEE Computer. – 1991. – Vol.9, №7. – P. 39-48.
4. Харченко В.С., Асидех Ф.А., Лысенко И.В. □ аарковские модели готовности восстанавливаемых STRATUS-систем / В.С. Харченко, Ф.А. Асидех, И.В. Лысенко // Системи обробки інформації. – X: ХВУ, 2004. – Вип. 4. – С. 216-226.
5. Military handbook. Electronic reliability design handbook: MIL-HDBK-338B. – Washington: DoD, 1998. – 1046 p.
6. Поночовный Ю.Л. Метод комплексной оценки надежности распределенных информационно-управляющих систем с учетом различных видов неисправностей / Ю.Л. Поночовный // Системи обробки інформації. – X: ХВУ, 2005. – Вип. 8(48). – С. 110-114.

Надійшла до редколегії 17.11.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.С. Харченко, Харківський національний аерокосмічний університет «ХАІ», Харків.

ВЫБОР МЕТОДА КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ КОМПОНЕНТ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПО ВНОСИМОЙ ПОГРЕШНОСТИ

Ю.Л. Поночовный

В статье рассмотрены методы комплексирования единичных и комплексных показателей надежности аппаратных и программных средств информационных систем при оценивании надежности системы в целом. Определены погрешности и области применения методов как инструментария оценивания надежности систем с различной степенью готовности.

Ключевые слова: единичные и комплексные показатели надежности, аппаратные и программные средства, информационная система, метод комплексирования, погрешность метода.

CHOICE OF INTEGRATION DEPENDABILITY INDEXES METHOD OF THE INFORMATION SYSTEM COMPONENTS ON THE INSERTION ERROR

Y.L. Ponochovnyi

In the article the methods of single and complex dependability indexes integration of the information system hardware and software tools are considered at the evaluation as whole system dependability. Errors and application of methods domains are certain as a tool of system dependability evaluation with the different degree of availability.

Keywords: single and complex reliability indexes, vehicle and programmatic facilities, informative system, method of complexing, error of method.