

УДК 681.518.3.003

Л.М. Хутренко, А.М. Науменко

Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків

КРИТЕРІЇ І МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Розглянуті проблеми оцінки якості функціонування інформаційної системи (ІС). Сформований і представлений в мультиплікативній формі інтегральний показник якості ІС. Розглянуті аспекти практичного використання інтегрального показника для порівняння альтернативних варіантів проектів і признання реальних вимог до якості ІС.

Ключові слова: інформаційна система, інтегральний показник, якість інформаційної системи.

Вступ

Постановка задачі. Оцінка якості функціонування інформаційної системи (ІС), призначеної для отримання інформації про стан деякого об'єкта, є основою для прийняття рішення про відповідність конкретного проектного варіанта ІС вимогам зі сторони системи автоматичного управління. Досягнення відповідності є метою проектування ІС, стратегія якого визначається вибором критеріїв для оцінки якості. ІС володіють рядом системних властивостей, з яких найбільш повно їх технічну сутність характеризують швидкодія, точність і надійність. Тому кількісна оцінка кожної з цих властивостей може бути проведена в деякій групі показників, вибір яких суб'єктивний, а отже, не завжди раціональний.

Аналіз літератури. У відомій літературі [1 – 5] розглянуті показники якості при проектуванні ІС. Але в ній не містяться відомості про встановлення пріоритетів цих показників, що не дозволяє вибрати раціональну стратегію проектування і скоротити його терміни. Для вибору стратегії проектування необхідно мати узагальнений або інтегральний показник якості, що дозволяє оцінити внесок кожного приватного показника і доцільність його поліпшення на кожному етапі проектування.

Мета статті. Визначити інтегральну оцінку показників якості ІС, яка повинна відповідати принципам системного підходу об'єднання безлічі показників в один складений.

Основний матеріал

При застосуванні інтегральної оцінки показників якості ІС виникає проблема інформаційної сумісності окремих показників, розв'язання шляхом введення вагових (нормативних) коефіцієнтів для їх об'єднання, як правило в адитивній або мультиплікативній формі. Враховуючи, що показники якості ІС є випадковими функціями часу, доцільна інтеграція всіх показників на основі використання ймовір-

нісних заходів, що дозволить усунути суб'єктивізм при інтегральній оцінці якості.

Найбільш повно ступінь відповідності ІС її цільовому призначенню при роботі з конкретним об'єктом характеризує безумовна ймовірність знаходження показників якості ІС в установлених межах, то є ймовірність збереження якості ІС в період експлуатації, що може служити узагальненим критерієм для оцінки та порівняння різних варіантів ІС:

$$P(\xi \geq \xi_{\text{доп}}) \leq P_{\text{доп}}, \quad (1)$$

де ξ – вектор показників якості ІС; $\xi_{\text{доп}}$ – вектор гранично допустимих значень цих показників; $P_{\text{доп}}$ – допустиме значення ймовірності втратити потрібну якість ІС.

Виконання умови (1) фізично реалізується, якщо ІС працездатна, тобто немає сенсу оцінювати якість непрацездатної системи, оскільки очевидна її втрата.

Безумовну ймовірність збереження якості можна визначити через умовну, беручи до уваги, що технічні параметри ІС і параметри, характеризують умови експлуатації, візьмуть добровільні випадкові значення в області їх існування в деякий момент часу:

$$P(\xi \geq \xi_{\text{доп}}) = P(Y_{\text{тех}}, Y_{\text{екс}}, t) P(\xi \geq \xi_{\text{доп}}, Y_{\text{тех}}, Y_{\text{екс}}, t), \quad (2)$$

де $Y_{\text{тех}}$ – вектор технічних параметрів ІС; $Y_{\text{екс}}$ – вектор параметрів, що характеризують умови експлуатації ІС; t – тривалість роботи ІС з моменту початку експлуатації або повного відновлення; $P(Y_{\text{тех}}, Y_{\text{екс}}, t)$ – спільна безумовна вірогідність появи певної сукупності технічних параметрів та експлуатаційних факторів в момент часу t .

Якщо прийняти гіпотезу незалежності цих факторів один від одного і від часу, то справедливий вираз:

$$P(Y_{\text{тех}}, Y_{\text{екс}}, t) = P(Y_{\text{тех}}) P(Y_{\text{екс}}), \quad (3)$$

де $P(Y_{\text{тех}})$ – ймовірність знаходження компонента

вектора $Y_{\text{тех}}$ в заданих межах; $P(Y_{\text{тех}})$ – те ж для вектора $Y_{\text{экс}}$; $P(t)$ – ймовірність працездатності ІС в момент часу t або ймовірність безвідмовної роботи протягом інтервалу часу $[0, t]$. Технічні параметри ІС $Y_{\text{тех}}$ визначаються проектними, конструктивними і схемотехнічними рішеннями функціональних пристроїв. Кожен альтернативний варіант проекту ІС має фіксоване значення розрахункових параметрів $Y_{\text{тех}}$. Однак при виробництві технічних засобів ІС, а потім і при експлуатації відбувається відхилення технічних параметрів від розрахункових. При виробництві величина відхилень обмежена технічними умовами і контролюється. В експлуатації ці відхилення не контролюємо.

Для забезпечення експлуатаційної надійності ІС на стадії проектування ймовірність того, що технічні параметри ІС перевищать припустимі значення, повинна бути обмежена:

$$P(Y_{\text{тех}} \geq Y_{\text{тех}}^0) \leq P_{\text{тех}}, \quad (4)$$

де $Y_{\text{тех}}^0$ – максимально допустиме значення вектора технічних параметрів ІС. Вектор експлуатаційних факторів включає в себе режим роботи об'єкта, кліматичні, механічні, електромагнітні та інші впливи, що безпосередньо впливають на роботу ІС. Ймовірність появи нерозрахованих режимів роботи об'єкта й умов експлуатації завжди існує для об'єктів, що піддаються дії природних і кліматичних факторів, тому можна обмежити ймовірність знаходження вектора експлуатаційних параметрів в заданих межах $P(Y_{\text{тех}} \geq Y_{\text{тех}}^0) \leq P_{\text{экс}}$, що знижує ймовірність збереження якості ІС.

Ймовірність безвідмовної роботи обумовлена характеристиками компонентів ІС, що забезпечує цілісність ресурсів системи і їхніх зв'язків. У момент часу t ймовірність безвідмовної роботи системи буде визначена законом розподілу часу напрацювання до відмови $P(t) < P_t$. Величина

$$P = P_{\text{тех}} P_{\text{экс}} P_t P(\xi \geq \xi_{\text{доп}}, Y_{\text{тех}}, Y_{\text{экс}}, t) = P_{\text{тех}} P_{\text{экс}} P_t \quad (5)$$

є верхнім теоретичним кордоном ймовірності збереження якості ІС в процесі експлуатації, якщо вважати, що при будь-яких передбачених при проектуванні змінах $Y_{\text{тех}}$ $Y_{\text{экс}}$ і t -показники якості залишаються в заявлених межах.

Величини $P_{\text{тех}}$ $P_{\text{экс}}$ P_t визначені об'єктивними умовами середовища, в якому протікає життєвий цикл ІС, і фізичними властивостями матеріалів, з яких виготовлені засоби системи, отже, при створенні ІС тільки умовна ймовірність зберігання якості визначає ступінь відповідності ІС цільовим призначенням і може бути оптимізована.

Уявимо її функціоналом від параметрів ІС, умов експлуатації, часу і вектора необхідних показників якості;

$$w(\xi_{\text{доп}}, Y_{\text{тех}}, Y_{\text{экс}}, t) = P(\xi \geq \xi_{\text{доп}} | Y_{\text{тех}}, Y_{\text{экс}}, t). \quad (6)$$

Вектор показників якості ІС x визначений у фіксований момент часу t , є векторною випадковою величиною і характеризується спільним законом розподілу його компонент, який за умови їх незалежності виражається як імовірності їх розподілів $F(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_N) = f(\xi_1) f(\xi_2) \dots f(\xi_N)$, тоді показник якості прийме вигляд

$$W(\xi_{\text{доп,тех,экс}}, t) = \prod_{i=1}^N P(\xi_i \geq \xi_{\text{ідоп}} | Y_{\text{тех}}, Y_{\text{экс}}, t) = \prod_{i=1}^N f(\xi_i | Y_{\text{тех}}, Y_{\text{экс}}, t) d\xi_i = . \quad (7)$$

Отриманий вираз визначає закон розподілу умовної ймовірності функціонування ІС із заданою якістю при фіксованих технічних параметрах. Мінімум цієї функції досягається при досягненні мінімуму окремих співмножників, по чому цільова функція для проектування ІС може бути представлена сукупністю умов досягнення мінімуму окремих, часткових показників якості

$$W_i(\xi_{\text{ідоп,тех,экс}}, t) = f(\xi_i | Y_{\text{тех}}, Y_{\text{экс}}, t) d\xi_i = \min. \quad (8)$$

Узагальнений показник якості ІС представляється в мультиплікативній формі, зручній для аналізу:

$$W_i(\xi_{\text{ідоп,тех,экс}}, t) = \prod_{i=1}^N W_i(\xi_{\text{ідоп,тех,экс}}, t). \quad (9)$$

Ефективність функціонування ІС визначається як середня міра якості протягом часу його експлуатації. Опосередкування за часом необхідно для аналізу поведінки ІС в різних умовах експлуатації, які змінюються з часом випадковим чином. Тому ефективність ІС може бути визначена як середнє на безлічі експлуатаційних факторів. Для її отримання необхідно проінтегрувати умовний показник якості $W_i(\xi_{\text{ідоп,тех,экс}}, t)$ по всій області зміни вектора експлуатаційних факторів:

$$W_i(\xi_{\text{ідоп,тех}}, t) = Y_1 \dots Y_m W_i(\xi_{\text{ідоп,тех,экс}}, t) \times \varphi(Y_1, \dots, Y_m),$$

де $\varphi(Y_1, \dots, Y_m)$ - спільна щільність розподілу ймовірностей експлуатаційних факторів.

Дані фактори є випадковими величинами, безперервні закони розподілу яких апріорно можна отримати, лише вирішуючи ігрову задачу. Через це практично оцінку ефективності зробимо для кінцевого числа станів ІС, зумовлених неповторюваними сукупностями значень експлуатаційних факторів, відповідних розміру плану повного факторного експерименту 2^m .

Події, що призводять ІС в різні стани, представляють повну групу подій, тобто сума ймовірності перебування в них дорівнює одиниці. Прийемо гіпотезу, що ймовірності знаходження ІС в цих ста-

нах залежать тільки від попереднього стану, тобто потік подій є однорідним марківським процесом з дискретним часом, що описується матрицею перехідних ймовірностей, а ймовірності перебування в цих станах $\rho_j(t)$ можуть бути визначені рівняннями Фоккера-Колмогорова-Планка [4]. Тоді для оцінки технічної ефективності ІС можна перейти до адитивного критерію виду

$$W_i(\xi_{\text{ідоп,тех}}, t) = \sum_{j=1}^{2^M} \rho_j(t) W_i(\xi_{\text{ідоп,тех,жк}}, t), \quad (10)$$

де $\rho_j(t)$ – ймовірність знаходження ІС в j -х умов експлуатації, причому

$$\sum_{j=1}^{2^M} \rho_j(t) = 1. \quad (11)$$

Якщо потік випадкових подій, що переводить систему з одного стану в інший, стаціонарний, то значення $\rho_j(t)$ і умовна щільність розподілу ймовірності виходу показника якості за допуск не залежать від часу. Оцінка ефективності прийме вигляд

$$W_i(\xi_{\text{ідоп,тех}}) = \sum_{j=1}^{2^M} \rho_j(t) f(\xi_i | Y_{\text{тех}}, Y_{\text{жк}}, t) d\xi_i d_t. \quad (12)$$

Якщо апріорна інформація про ймовірності нахождення ІС в j -х експлуатаційних умовах відсутня, то максимальна ентропія події досягається при рівній ймовірності виникнення будь-яких експлуатаційних умов:

$$\rho_j = 1/2^M. \quad (13)$$

Отже, достатньою умовою для вибору варіанта технічного рішення ІС є максимальне значення показника технічної ефективності, що обраний із безлічі альтернативних варіантів з необхідним задоволенням вимагаємої якості функціонування при найбільш несприятливих умовах експлуатації. Перехід від оцінки ефективності по приватним показникам до оцінки загальної ефективності ІС виробляється відповідно до першої декомпозиції показника якості

$$E(\xi_{\text{ідоп,тех}}) = \prod_{i=1}^N W_i(\xi_{\text{ідоп,тех}}). \quad (14)$$

Таким чином, ефективність ІС оцінюється шляхом визначення часткових показників якості при

фіксованих значеннях технічних параметрів для певних j -х умов експлуатації, підсумовування їх з вагою, що обумовлена ймовірністю експлуатації, в j -х умовах, і подальшого об'єднання безлічі показників у мультиплікативній формі. Оцінка ефективності ІС за критерієм (10) дозволяє встановити однозначну залежність між ймовірністю якісного функціонування і необхідними показниками якості $\xi_{\text{доп}}$. Отже, встановити гранично досяжну ефективність, причому забезпечити обґрунтування при призначенні вимог до ІС.

Висновки

1. Проведений аналіз дає можливість для вибору стратегії проектування узагальненого або інтегрального показника якості, що дозволяє оцінити внесок кожного часткового показника і доцільність його поліпшення на кожному етапі проектування.

2. Найбільш повно ступінь відповідності ІС її цільовому призначенню при роботі з конкретним об'єктом характеризує безумовна ймовірність знаходження показників якості ІС в установлених межах, тобто ймовірність збереження якості ІС в період експлуатації, що може служити узагальненим критерієм для оцінки та порівняння різних варіантів ІС.

Список літератури

1. Мачулін В.В. Ефективність систем обробки інформації / В.В. Мачулін, А.П. Панібрат. – М.: Сов. радіо, 1972.
2. Миколаїв В.І. Системотехніка: методи і розкладання / В.І. Миколаїв, В.М. Брук. – Л.: Машинобудування, Ленінгр. отд-ня, 1985.
3. Матвійська С.Ф. Основи системного проектування комплексів літальних апаратів / С.Ф. Матвійська. – М.: Машиностроение, 1987.
4. Довідник з теорії автоматичного управління / За ред. А.А. Красовського. – М.: Наука: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987.
5. Бартенев В.Р. Розподілена модульна система терморегулювання СИНТАЛ ТЕРМОЛІНК / В.Р. Бартенев, Р.В. Бартенев // CHIP NEWS. – № 9. – 1997 с.

Надійшла до редколегії 5.04.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків.

КРИТЕРИИ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Л.Н. Хутренко, А.Н. Науменко

Рассмотрены проблемы оценки качества функционирования информационной системы (ИС). Сформирован и представлен в мультипликативной форме интегральный показатель качества ИС. Рассмотрены аспекты практического использования интегрального показателя для сравнения альтернативных вариантов проектов и назначения реальных требований к качеству ИС.

Ключевые слова: информационная система, интегральный показатель, качество информационной системы.

CRITERIA AND METHODS OF EVALUATION OF QUALITY OF THE INFORMATION SYSTEM

L.N. Khytrenko, A.N. Naumenko

The problem of assessing the quality of information system (IS). Formed and presented in the form of a multiplicative integral indicator of quality IS. The aspects of practical use – REFLECTION integral indicator for comparing alternative projects and appointment – of real quality requirements for IS.

Keywords: informative system, integral index, quality of the informative system.