

УДК 004.94

Д.М. Марченко, д.т.н.

**РОЗВИТОК МЕТОДОЛОГІЇ ПРОГНОЗУВАННЯ І ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ
ТЕХНІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Стаття присвячена аналізу проблеми прогнозування і оцінки ефективності інформаційних систем. У ній обговорюються питання розвитку понятійного апарату наочної області, сучасних поглядів на ефективність технічних систем і методологію її прогнозування і оцінки, розкривається істота гносеологічної суперечності в математичних моделях ухвалення рішень.

Ключові слова: інформаційна система, прогнозування, ефективність, архітектурно-орієнтована модель.

Вступ. Сучасні інформаційні системи (ІС), що відносяться до класу технічних систем, по своїй структурній складності, складності функціонування, вибору поведінки і розвитку відносяться до класу складних систем і в задачах прогнозування і оцінки ефективності підлягають дослідженню методами системного аналізу [1]. У справжньому дослідженні підхід до комплексного оцінювання ефективності розглядається з єдиних позицій прогнозування і оцінки ефективності, оскільки оцінка ефективності ІС без її прогнозування така ж неговна, як і прогнозування ефективності ІС без оцінки її поточного стану.

Таким чином, прогнозування і оцінка сукупності різнорідних показників ефективності інформаційних систем, використовуваних в нових технологіях, стають проблемними у зв'язку з необхідністю комплексного оцінювання приватних критеріїв подібних складних систем. Рішення цієї проблеми вимагає опису поточного стану і динаміки зміни рівня ефективності ІС з урахуванням індивідуальних переваг (компоненти людського чинника) всіх зацікавлених осіб.

Суть назрілих змін в парадигмі прогнозування і оцінки ефективності ІС полягає в обґрунтуванні і встановленні пріоритетів між різними напрямками їх ефективності [2].

Актуальність виконаного дослідження полягає в подоланні суперечності, що склалася, між новими вимогами до рішення проблеми прогнозування і оцінки ефективності ІС і відсутністю сучасної методології її рішення.

Аналіз досліджень і публікацій. Питання формалізації і розробки критеріїв моделей опису і оцінки ефективності методами системного аналізу широко освітлені в працях Д. Кліланда, Я. Такахари, Б.А. Резникова, Н.П. Бусленко, А.И. Яблонського, Б.С. Флейшмана, Б.Г. Волика, М. Месаровіча і інших. У меншій мірі це торкнулося рішення задач прогнозування і оцінки ефективності ІС як технічних систем і засобів аналізу, обробки інформації і управління іншими складними об'єктами [1-5]. Не дивлячись на наявність значної кількості робіт по окремих аспектах проблеми прогнозування і оцінки ефективності ІС, необхідно відзначити невідповідність відомих моделей і методів, технологій і інструментальних засобів сучасним вимогам, яке може бути подолане тільки на новому методологічному базисі. У зв'язку з цим виникла наукова і практична необхідність проведення відповідних досліджень.

Основи моделювання висвітлено в працях Дж. Кейслера, Э. Ханта, Н.П. Бусленко, Б.Я. Советова, С.А. Яковльова, І.М. Яглома і інших. Проте результати, опубліковані у відомих роботах, присвячених імітаційному моделюванню системних зв'язків і мотиваційних аспектів діяльності експертів, не повною мірою забезпечують необхідний рівень достовірності, адекватності, різноманіття і технологічності процесів моделювання переваг, що вимагає розробки інших підходів.

Постановка завдання дослідження. Розвиток методології прогнозування і оцінки ефективності інформаційних систем, що відповідають сучасним вимогам їх застосування, на основі дослідження системних зв'язків і закономірностей їх функціонування.

Викладення основного матеріалу дослідження. Вихідну позицію в структурі методології прогнозування і оцінки ефективності ІС займає концепція управління розвитком складних об'єктів, що відповідає за приведення у відповідність моделей і методів, технологій і інструментальних засобів сучасним вимогам науки і практики застосування ІС як технічних об'єктів, так і засобів аналізу, обробки інформації і управління складними об'єктами [3,5].

Розробка даної концепції пов'язана з розвитком понятійного апарату наочної області як класу концептуальних моделей [3].

Логіка рішення питання прогнозування і оцінки ефективності ІС, що є центральним елементом структури методології, формулюється на загальноприйнятих принципах системного аналізу, а саме [4,5]:

1. ІС як велика система повинна досліджуватися методами декомпозиції і композиції шляхом моделювання низхідних і висхідних процесів, акцентуючи увагу на архітектурно значущих точках (АЗТ) як гранично локалізованих зв'язках апаратних, програмних, інформаційних і функціональних компонентів ІС.

2. Структурна складність ІС викликає необхідність її опису обґрунтованою безліччю підсистем і рівнів з істотними зв'язками між ними при високій різноманітності методів моделювання згідно особливостям фізичних об'єктів. Складність функціонування ІС, що характеризується безліччю переходів їх з одних станів в інші в умовах невизначеності і взаємодії з середовищем, складність вибору поведінки і розвитку, вимагають адекватних засобів опису цих процесів – траєкторій в багатовимірних просторах параметрів, показників і критеріїв.

3. Примат цілого над частинами складної системи за умови їх взаємозалежності і ієрархічності, підкреслює доцільність розвитку апарату оцінювання чутливості системи до варіацій окремих компонент у формі транзитивних відносин однієї або декількох змінних (задача аналізу) і впливу бажаних змін системи в цілому на адекватні зміни її окремих елементів (задача синтезу).

4. Поєднання детермінізму і невизначеності в системному підході до ІС зумовлює використання підходів вірогідності (при достатній статистиці) і нечіткої логіки (на основі експертної інформації) до вибору математичного апарату дослідження.

5. Облік гносеологічної і структурної складності людського чинника, що охоплює переваги рефлексій всіх учасників обґрунтування прогнозування і оцінки ефективності ІС з позицій ринкових відносин.

У розвиток логіки рішення питання прогнозування і оцінки ефективності інформаційних систем сформулюємо принципи стосовно створення архітектурно-орієнтованих моделей (АТ-моделей) оцінювання основних показників ефективності ІС [5]: опис архітектури ІС на принципі структурної складності здійснюється через моделі елементів системи, різноманітність зв'язків між ними, кількість ієрархічних рівнів і загального числа підсистем; з принципу системності, виходячи з примату цілого над частинами за умови їх взаємозалежності і ієрархічності, слідує доцільність агрегації нижчестоячих рівнів до архітектурно значущих точок (АЗТ), що представляють результат функціонування; з принципу поєднання детермінізму (визначеність структури і складу апаратної і програмної компонент) і невизначеності (випадковість дії перешкод і виникнення збоїв і відмов, стохастичність вхідних потоків даних і реалізацій алгоритмів) виходить вибір методів дослідження функціонування ІС на основі імітаційного моделювання; з принципу багатомодельності виходить постановка задачі обробки архітектурно-орієнтованих результатів обчислювальних експериментів по дослідженню системних зв'язків і функціонування ІС.

Аналітичні вирази, що описують модель вірогідності функціонування ІС з урахуванням характеристик методів попередження Z_{nc} збоїв, забезпечення інваріантності, виявлення, компенсації Z_{kc} збоїв, обчислювального середовища, що надається, і умов експлуатації, звичайно складають непереборну складність [3]. Ця обставина обґрунтовує необхідність проведення імітаційного моделювання відповідно до теоретико-множинних моделей для апаратної (А) і програмної (П) компонент ІС. Приведені статистичні моделі орієнтовані на варійовані (var) підмножини ρ^Z методів захисту і моделі перешкод Γ_α .

На цьому фундаменті побудовані технології системного аналізу І групи показників ефективності інформаційних систем як сукупності процесів і методів. Послідовність процесів формується відповідно до особливостей архітектури ІС, а їх реалізація – за допомогою цілеспрямованого перебору альтернативних способів рішення обчислювальних задач.

На основі аналізу існуючих методів функціонального контролю ІС запропонована їх диверсифікація за допомогою додання властивостей діагностованості вирішуваною в ІС задачі по методиці оцінки реалізованості діагностичних ознак [3]. Моделі і методи системного аналізу технічних і експлуатаційних характеристик ефективності інформаційних систем з використанням архітектурно-орієнтованих імітаційних моделей і методів функціонального контролю програмних, інформаційних і інших компонентів ІС створюють необхідні передумови точності і об'єктивності результатів вимірювання їх характеристик [4].

Функціональні можливості механізмів комплексного оцінювання можуть бути розширеними у напрямі вдосконалення процедур їх конструювання на основі агрегації груп показників ефективності інформаційних систем в комплексну оцінку на основі дерев критеріїв з топологічною інтерпретацією матриць згортки. До класу механізмів комплексного оцінювання відносяться перспективні моделі переваг, що будуються на основі дерев цілей (критеріїв) і матриць бінарної згортки в кожному вузлі, і перевершують відомі інструменти дослідження властивостей об'єктів з гетерогенними (різномірними) характеристиками, завдяки повній незалежності паралельних і частковій незалежності послідовних елементарних процедур агрегації [4].

Пропоновані підходи до питань конструювання і розширення функціональних можливостей механізмів комплексного оцінювання будуються на основі опису топології матриць згортки.

Топологізація матриць згортки будується на наступному математичному базисі [3].

1. Шкала змінних укладається в інтервалі, що легко інтерпретується поширеною чотирьохбальною системою $\overline{2, 5}$.

2. Процедура нечіткої згортки f над елементами x_1, x_2 несучих множин \tilde{X}_1, \tilde{X}_2 відповідно до принципу узагальнення має вигляд:
$$\mu_{\tilde{X}}(x) = \sup_{\{f(x_1, x_2) | f(x_1, x_2) = x\}} \min\{\mu_{\tilde{X}_1}(x_1), \mu_{\tilde{X}_2}(x_2)\}, \quad (1)$$

де $\mu(x)$ – функція приналежності.

1. Аргументи процедури непарної згортки в базовій підобласті $[1, 2] \times [1, 2]$ визначення записуються згідно прийнятої моделі нечіткого числа:

$$2. \quad \tilde{X}_1 = 1 / (1 - \mu) + 2 / \mu_1, \quad \tilde{X}_2 = 1 / (1 - \mu_2) + 2 / \mu_2. \quad (2)$$

4. Дефазифікація змінних (побудова чітких аналогів \hat{X} нечітких чисел \tilde{X}) здійснюється по відомому методу «центру тяжіння»:
$$\hat{X} = ЦТ(\tilde{X}) = \varphi(\mu_1, \mu_2) = \sum x\mu / \sum \mu, \quad (3)$$

що спільно з п.3 забезпечує взаємоднозначність процедур: $\tilde{X} \leftrightarrow \hat{X}$.

5. Безліч матриць згортки, рекомендованих до використання, канонічно скорочується виконанням вимоги: приріст значень згортки на кожному дискретному кроці зміни аргументів не перевищує по горизонталі (вертикалі) і по діагоналі 1 і 2 відповідно.

6. Процедура нечіткої згортки в базовій підобласті визначення $x_1 \times x_2 = [1, 2] \times [1, 2]$ описується відношенням:

$$\tilde{X} = f(\tilde{X}_1, \tilde{X}_2) = f(1, 1) / \min((1 - \mu_1), (1 - \mu_2)) + f(1, 2) / \min((1 - \mu_1), \mu_2) + f(2, 1) / \min(\mu_1, (1 - \mu_2)) + f(2, 2) / \min(\mu_1, \mu_2), \quad (4)$$

для канонічних матриць встановлюючим рівні шість типів стандартних функцій згортки $i \in \overline{0, 5}$, відмінних у області визначення нечіткої згортки $[1, 4]$ зсувом $C \in \overline{0, 2} \times \overline{0, 2}$.

7. Функція нечіткої згортки розглядається в дефазифікованій формі:

$$\hat{X} = ЦТ(\tilde{X}) = \varphi(f_i(\varphi(\tilde{X}_1), \varphi(\tilde{X}_2))) = f_i(\hat{X}_1, \hat{X}_2) + C. \quad (5)$$

8. Значення функцій нечіткої згортки [4] обчислюються у формі (5) і доповнюються рівняннями кусочно-гладких проекцій ліній однакових значень результатів оцінювання \tilde{X}_C (ізопрайс, в кваліметрії - ізокваліт) на базову підобласть:
$$\hat{X}_C = \varphi(\mu_1, \mu_2) = f_i(\hat{X}_1, \hat{X}_2) \quad (6)$$

9. Сполучення входу \tilde{X}_{j_2} подальшої матриці згортки з попереднім \tilde{X}_{j_1} досягається угодою, що базується на слідстві п. 4:
$$\tilde{X}_{j_1} \rightarrow \hat{X}_{j_1} \rightarrow \tilde{X}_{j_1} = \tilde{X}_{j_2}. \quad (7)$$

Звідси виникають перспективи розширення функціональних можливостей механізмів комплексного оцінювання на основі дерев критеріїв і топологічної інтерпретації матриць згортки у напрямі вдосконалення процедур їх конструювання, розвитку властивостей ранжирування об'єктів зіставлення і чутливості комплексної оцінки до варіацій приватних критеріїв, а також дослідження динаміки зміни і прогнозу станів (ефективності) ІС.

Сукупність приведених вище результатів дозволяє сформулювати наступні висновки.

Висновки. Сформульована концепція рішення задачі прогнозування і оцінки ефективності інформаційних систем, що становить основу подальшого розвитку методології прогнозування і оцінки ефективності ІС з позицій системного аналізу; побудовані моделі вірогідності архітектурно-орієнтованого аналізу показників ефективності ІС, розроблені нові моделі опису функціонування ІС з урахуванням їх ієрархічної структури, що розширюють функціональні можливості механізмів комплексного оцінювання ефективності ІС і підводить теоретичну базу до розробки методів моделювання індивідуальних і колективних переваг.

Список літературних джерел

1. Новиков Д.А., Петраков С.Н. Курс теории активных систем. – М.: СИНТЕГ, 1999. – 108 с.
2. Бусленко В.Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем. – М.: Наука, 1977. – 236 с.
3. Бельх А.А., Шайдулин Р.Ф., Гуреев К.А., Харитонов В.А., Алексеев А.О. Принцип многомодельности в задачах моделирования индивидуальных предпочтений / Управление большими системами, М.: ИПУ РАН, № 31, 2010.
4. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей. Рига: «Зинантс», 1990. – 326 с.
5. Харитонов В.А. Отношение объективного и субъективного в моделях поддержки принятия решений. – Пермь: ПГСХА, 2008. – 230 с.