

УДК 681.32

І. Р. ПІТУХ

## РОЗШИРЕННЯ КРИТЕРІЇВ ІНТЕРАКТИВНОСТІ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ

*Тернопільський національний економічний університет,  
46000, вул. Львівська 11, м. Тернопіль, Україна,  
E-mail: pirom75@ukr.net*

**Анотація.** Викладені теоретичні засади визначення критеріїв інтерактивності комп'ютеризованих систем. Систематизовані архітектури інтерактивних систем. Формалізовані критерії емерджентності руху даних та комунікаційної взаємодії «оператор-інформаційна система» при виникненні нештатних та аварійних ситуацій на об'єкті управління.

**Ключові слова:** інтерактивні комп'ютерні системи, критерії інтерактивності, критерій емерджентності.

**Аннотация.** Изложены теоретические основы определения критериев интерактивности компьютеризованных систем. Систематизированы архитектуры интерактивных систем. Формализованные критерии эмерджентности движения данных и коммуникационного взаимодействия «оператор-информационная система» при возникновении нештатных и аварийных ситуаций на объекте управления.

**Ключевые слова:** интерактивные компьютерные системы, критерии интерактивности, критерий эмерджентности.

**Abstract.** Theoretical principles defining the criteria interactive computer systems. Systematized interactive architecture systems. Formal criteria emergdzhentnosti traffic data and communication interaction «operator-information system» in the event of abnormal and emergency management at the facility.

**Keywords:** interactive computer systems, criteria of interactivity, criterion of emergence

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Аналіз світового рівня розробки програмно-апаратних засобів контролю, моніторингу та управління складними розподіленими промисловими об'єктами демонструє високий рівень реалізації, як технічних засобів так і програмних продуктів. Прикладом таких інтерактивних систем є розробки відомих фірм: ABB, Motorola, SPM, YOKOGAWA та їх представництвами у Україні (Електросвіт, «Йокогава Електрик Україна»). В якості дистанційної інтерфейсної взаємодії компонентів провідного та безпроводного зв'язку використовуються сервери OPC і SCADA, GSM та LAN-мережі, Internet GSM, CSD, Clip, Voice IBR, DIMF, GPRS, MS SQL, MY SQL, Modbas RTU/TCP.

Важливими функціями вказаних систем є організація інтерактивної взаємодії «оператор-інформаційна система» (ОІС), яка реалізується на рівні абонентських станцій операторів.

### АКТУАЛЬНІСТЬ

Актуальною проблемою вдосконалення теорії та методів інтерактивної взаємодії між компонентами інформаційної системи є розвиток теоретичних засад формалізації критеріїв інтерактивності на рівнях:

- оператор-інформаційна система;
- контролер-об'єкт управління;
- сервер-моніторингова система;
- інформаційна система-база даних.

Практична відсутність досліджень у даній галузі визначає особливу актуальність оцінки критеріїв емерджентності, які дозволяють формалізувати інтерактивні зв'язки в різних архітектурах комп'ютеризованих систем. Важливим критерієм є також оцінка руху даних в матричних моделях розподілених систем та оцінка ефективності інтерактивної взаємодії серверів з моніторинговою системою і розподіленою системою баз даних.

### 1. БАЗОВІ ОСНОВИ ІНТЕРАКТИВНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

В інтерактивній комп'ютерній системі процес гармонії досягається за умови коли система працює в нормі, комп'ютерна система та оператор в нормі.

В загальному випадку інтерактивна система (IS) має три системних компоненти (рис. 1).

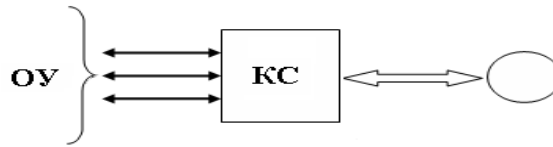


Рис. 1. Інтерактивна комп'ютерна система

OY—об'єкт управління, KC — комп'ютерна система, O — оператор.

Для особливо відповідальних об'єктів архітектура IS може належати до класу монопольних архітектур (рис. 2) [1].

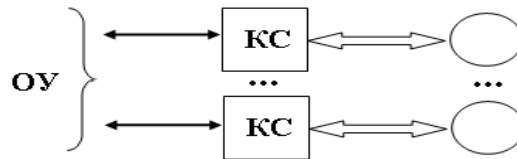


Рис. 2. Монопольна архітектура IS

Таким чином умови та атрибути інтерактивності будуть відповідати наступному графу (рис. 3).

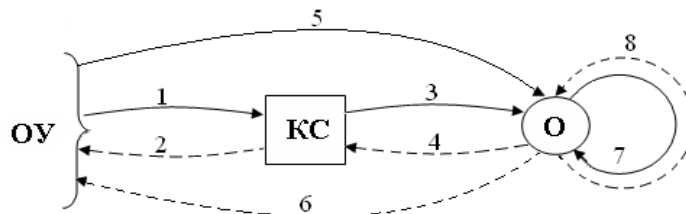


Рис. 3. Граф інтерактивних взаємодій IS

Важливими характеристиками IS при проектуванні є визначення системи критеріїв рівня інтерактивності. На рис 3 позначення ребер графа  $\rightarrow$  відображає інформаційні потоки моніторингу об'єкта управління та комп'ютерної системи, а  $\leftarrow$  інтерфейсні інтерактивні інформаційні потоки управління об'єктом та комп'ютерною системою.

В класичному випадку номерація на рисунку визначає характер інформаційних потоків, 1, 3, 5, 7 — це інформаційні потоки моніторингових даних, 2, 4, 6 це інформаційні потоки керування.

Очевидно, що на рівні всіх семи потоків повинні існувати критерії доцільності, оптимальності, ефективності та аналітичних виразів, які повинні бути використані для розрахунку системних характеристик IS при їх проектуванні, діагностуванні, реорганізації, вдосконаленні, реструктуризації та інше. В якості критеріїв визначимо наступні:

## 2. КРИТЕРІЇ ІНТЕРАКТИВНОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

### 1. Критерій емерджентності IS

Характеристика емерджентності системи визначає ступінь складності, архітектурної досконалості та її інтелекту. Оцінка емерджентності визначається за формулою

$$K_e = \frac{N_z}{N_e}, \quad (1)$$

де  $N_z$  — число інформаційних зв'язків,  $N_e$  — число елементів або компонентів системи.

За означенням, система вважається емерджентною, тобто характеризується високими інформаційно-інтелектуальними властивостями, при умові, коли  $K_e \geq 2$  [2].

На основі (1) оцінка глобальної структури IS  $K_e = \frac{8}{3} = 2,66$ , тобто така система є емерджентна.

Важливою характеристикою архітектури  $X$  є число інформаційних зв'язків віднесених до одного

компонента. При цьому слід врахувати, що моніторинговий зв'язок експертно оцінюється коефіцієнтом 1, а керуючий потік коефіцієнтом 2. Коефіцієнт моніторингу- управління визначається формулою:

$$K_{\text{му}} = \sum_{i=1}^{n1} m_i + \sum_{j=1}^{n2} y_j, \quad (2)$$

де  $m_i$  та  $y_j$  — відповідно моніторингові та керуючі зв'язки,  $n1 + n2 = N_3$ , де  $N_3$  — загальна кількість зв'язків.

Отже, для архітектури  $X$  коефіцієнт активності компонента в моніторингу та управлінню буде наступним:

$$K_{\text{му}}[OY] = 4 + 2 = 6, \quad K_{\text{му}}[KC] = 4 + 2 = 6, \quad K_{\text{му}}[O] = 6 + 3 = 9.$$

В окремому випадку для особливих об'єктів ставляться підвищені вимоги до надійності і живучості КС, шляхом самодіагностики, резервування, тестування (рис. 4).

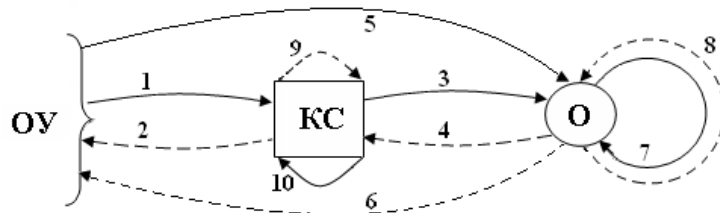


Рис. 4. Самодіагностуючі інтерактивні комп'ютерні системи

В цьому випадку зростає емерджентність тобто  $K_e = \frac{10}{3} = 3,33$ . Таким чином інтерактивність системи характеризується високою емерджентністю по відношені до інших архітектур і відносяться до складу інтелектуальних активних систем, які характеризуються властивостями самовдосконалення та адаптації до зміни зовнішніх умов. Такі системи найкраще застосовувати до моніторингу квазістаціонарних та нестационарних об'єктів.

2. Важливою характеристикою IS систем є оцінка результативності використання моніторингових даних для виконання операцій керування. Такий критерій запропонований Дж. Мартінім у вигляді відношення числа зчитуваних даних до числа записуваних:

$$K_M = \frac{N_R}{N_W}, \quad (3)$$

де  $N_R$  — число зчитувань,  $N_W$  — число записів. Аналіз структури IS (рис. 4.) показує, що даний критерій на рівні окремих об'єктів має наступний зміст:

$$K_M [OY] = \frac{1 (N_R [O] + N_R [KC])}{2 (N_W [O] + N_W [KC])}, \quad (4)$$

де коефіцієнт 2 враховує інформаційну вагу зв'язків управління,  $N_R [O]$ ,  $N_R [KC]$  — відповідають ребрам 2 та 6,  $N_W [O]$ ,  $N_W [KC]$  — відповідають ребрам 1 та 5.

На рівні комп'ютерної системи критерій відобразить наступне:

$$K_M [KC] = \frac{1 (N_R [O] + N_R [OY])}{2 (N_W [O] + N_W [OY])}, \quad (5)$$

В окремих випадках формула (5) можна представити наступним чином:

$$K_M [KC^*] = \frac{1 (N_R [O] + N_R [OY] + N_R [KC])}{2 (N_W [O] + N_W [OY] + N_W [KC])}, \quad (6)$$

Формула (6) враховує наявність зв'язків 9 та 10 (рис. 4), що в свою чергу означає наявність самодіагностування, корекцію, резервування комп'ютерних систем.

На рівні оператора критерій буде мати наступний зміст:

$$K_M [O] = \frac{1 (N_R [OY] + N_R [KC] + N_R [O])}{2 (N_W [OY] + N_W [KC] + N_W [O])}, \quad (7)$$

В загальному випадку оцінка коефіцієнта руху даних  $K_M$  домножується на коефіцієнт, який враховує співвідношення інформативності моніторингових та керуючих зв'язків  $K_i$ , причому  $0 \leq K_i \leq a$ ,  $a > 1$ , коли зчитуються опрацьовані, структуризовані, віртуальні дані.

У загальному випадку коефіцієнт руху даних може бути розрахований згідно виразу:

$$K_M [IS] = F(K_M [OY], K_M [KC], K_M [O]), \quad (8)$$

В окремих випадках критерій руху даних може бути аналітично заданий у вигляді адитивної, мультиплікативної, диференціальної та лагорифімічних функцій:

$$K_M [IS] = \sum_{i=1}^k K_{Mi}, \quad K_M [IS] = \frac{\sum_{i=1}^j K_i [IS]}{\sum_{i=1}^{k-j} K_i [IS]} \quad (9)$$

$$K_M [IS] = \prod_{i=1}^K K_{Mi}, \quad K_M [IS] = \sum_{i=1}^K K_i \cdot \log 2K_i$$

Для архітектури приведеної на рис. 4 отримаємо вираз загального коефіцієнта руху даних, згідно критерію адитивності:

$$K_M [IS] = K_M [OY] + K_M [KC] + K_M [O], \quad (10)$$

На основі коефіцієнта руху даних (3) можна визначити коефіцієнт ефективності руху даних, який враховує ресурси руху даних в конкретному вузлі матричної моделі [3].

$$K_M = \frac{R_i \cdot W_0}{R_0 \cdot W_i}, \quad (11)$$

де  $R_i, R_0, W_i, W_0$  — відповідно фактичне число запитів, максимально можливе число запитів, фактичне число записів або оновлень, максимально можливе число записів або оновлень у вузлі матричної моделі.

3. Модифікацією критерію руху даних є використання БД та БЗ у складі IS. На рис. 5 показана архітектура IS, в якій розмежована інформаційно - комунікаційна система та БД.

На рис. 6 показана система інформаційно-комунікаційних зв'язків БД з компонентами IS, оператором та системним адміністратором.

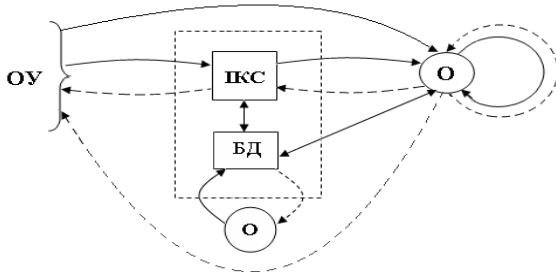


Рис. 5. Архітектура IS з розмежованою БД

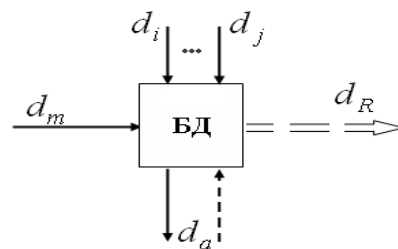


Рис. 6. Система інформаційно-комунікаційних зв'язків БД

$d_m$  — моніторингові дані,  $d_a$  — інформаційні потоки моніторингу та керування БД (СУБД),  $d_R$  — інформація, яка зчитується з БД,  $d_i, d_j$  — інформаційні потоки між  $X$  та БД. З рисунка 5 та 6 видно, що особливістю БД є наявність тільки одного керуючого потоку з боку адміністратора. Розрахунок

коефіцієнта руху даних для БД виконується згідно виразу:

$$K_M [БД] = \frac{N_R}{\sum_i^j N_W}, \quad (12)$$

Коефіцієнт  $K_M [БД] > 1$ , тобто число зчитувань може на кілька порядків перевищувати число записів.

4. Критерій інтерактивності можна розширити шляхом обчислення коефіцієнта рівня відхилення станів ОУ від норми, при виникненні нештатних ситуацій. Пропонується наступна систематизація нештатних ситуацій:

1) по відхиленнях несуттєве (відхилення по одному параметру або по кількох з низьким рівнем небезпечності).

2) нештатне відоме оператору:

2.1) нештатне відоме оператору (відхилення кількох ЛСІМ або їх комбінацій);

2.2) перехід ОУ у недозволений стан;

2.3) зміна ентропії стану ОУ;

2.4) зміна глобальної дисперсії.

3) нештатне невідоме оператору (смантичний стан ОУ):

3.1) смантично безпечний (не належить до класу відомих небезпечних);

3.2) небезпечні;

3.3) особливо небезпечні.

4) передаварійний стан (визначається такими відхиленнями, що класифікуються як передаварійні).

5) аварія (недопустимий стан об'єкта).

Виходячи з вищенаведеної оцінки та систематизації нештатних ситуацій доцільно визначити коефіцієнт рівня небезпечності:

$$K_n = \frac{\sum_{i=1}^5 v_i \cdot L_i}{X_{oy} [X(t), M_x, D_x, \sigma_x, R_{xx}, R_{xy}, M_{ij}, S(w), K_{ij}, ЛСІМ, I]}, \quad (13)$$

де  $v_i$  — коефіцієнт безпеки відхилення  $i$ -ї ЛСІМ,  $L_i$  —  $i$ -та ЛСІМ.

З оцінкою  $K_n$  активно взаємодіє оператор ІС на основі чого приймає рішення.

## ВИСНОВОК

Відображені теоретичні засади визначення критеріїв інтерактивності комп'ютеризованих систем. Систематизовані архітектури інтерактивних систем. Формалізовані критерії емерджентності руху даних та комунікаційної взаємодії «оператор-інформаційна система» при виникненні нештатних та аварійних ситуацій на об'єкті управління.

Розроблені теоретичні засади формалізації критеріїв інтерактивності є важливим інструментом при проектуванні та діагностуванні складних розподілених моніторингових інформаційних систем.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Танненбаум Э. Современные компьютерные сети. — СПб. : Питер, 2003. — 992 с.
2. Николайчук Я. М. Проективання спеціалізованих комп'ютерних систем / Я. М. Николайчук, І. Р. Пітух, Н. Я. Возна / Проективання спеціалізованих комп'ютерних систем. / Навчальний посібник/ —Тернопіль :ТзОВ «Терно-граф», 2010. — 392 с.,іл.
3. Пітух І. Проективання характеристик системних об'єктів комп'ютерних мереж з глибоким розпаралеленням інформаційних потоків // Вісник Технологічного університету Поділля. Технічні науки. — Хмельницький. — 2005. — Т. 2, Ч. 1, № 4. — С. 133—136.

Надійшла до редакції 21.05.2015 р.

**ПІТУХ ІГОР РОМАНОВИЧ** — к. т. н., доцент, доцент кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем Тернопільського національного економічного університету, м.Тернопіль, Україна.