

## ЛОГІКО-КОГНІТИВНА МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРИЧИНО-НАСЛІДКОВИХ ЗВ'ЯЗКІВ ПРИ ДІЇ АКТИВНИХ ФАКТОРІВ РИЗИКУ НА СИСТЕМУ

### Частина 2

**Анотація.** Проведено аналіз процесу формування причинно – наслідкових зв'язків через які діють активні фактори впливу на стан техногенної системи.

**Ключові слова.** Стан, система, об'єкт, фактор, причина, наслідок, інформація, управління.

**Abstract.** The analysis of the process of formation of cause-effect relationships that are active factors of influence on technological systems.

**Keywords.** The State, system, object, factor, reason, information management.

**Проблема аналізу** динамічних ситуацій при дії активних факторів впливу на об'єкти і систему управління з оперативною структурою.

Старіння обладнання та активні загрози впливу на енергетичні, транспортні, нафто – газові і хімічні технологічні структури з ієрархією управління (стратегічне, оперативне, автоматичне) приводить до такої ситуації граничних навантажень, що персонал не здатний адекватно реагувати та виявляти фактори впливу на агрегати і об'єкти, виявити причини і приймати рішення.

#### П6. Методи класифікації факторів впливу.

В роботах Заде [1972] розвивається концепція розмитих множин для формалізації об'єктів в умовах невизначеності при оцінці множин їх станів. На основі використання функції належності:

$$[\forall x \in X \subset A] \rightarrow [\mu(x \in A) \equiv \mu_A(x)], \mu_A \in [0, 1],$$

яка є мірою степені впевненості при віднесенні  $x$  до  $A$ , будується бінарна причинно-наслідкова схема зв'язку факторів з множинами станів.

Нехай маємо визначення просторів станів:  $x_i \rightarrow x_j$ , де  $x_i \Rightarrow [\{x_{ki}\}, p(x_{ki})]$ ,  $x_j \Rightarrow [\{x_{rj}\}, p(x_{rj})]$ ,  $(x_i \rightarrow x_j) \Rightarrow [p(x_{ki}, x_{rj})]$ .

Якщо ідентифікація станів  $x_{ki}$  і  $x_{rj}$  може бути достовірно проведена, то множини  $\{x_{ki}\}_{k=1}^m$  і  $\{x_{rj}\}_{r=1}^n$  будуть розмитими і для дискримінації станів необхідно ввести функції належності  $(\mu(x_{ki}), \mu(x_{rj}))$  зі значеннями на інтервалі  $[0, 1]$  та функціонал структурної ентропії Шенона [6]:

$$\left[ \begin{array}{cc} p(x_{ki}) & p(x_{rj}) \\ X_i \xrightarrow[\mu(x_{rj}|x_{ki})]{p(x_{rj}|x_{ki})} & X_j \\ \mu(x_{ki}) & \mu(x_{rj}) \end{array} \right]$$

Як характеристика невизначеності ситуації при оцінці станів  $x_{ki}, x_{rj}$  пов'язаних розмитістю множин введено функція структурної ентропії на основі функції Шенона:

$$h_i = \sum_{k=1}^m S[\mu(x_{ki})], \quad h_j = \sum_{r=1}^n S[\mu(x_{rj})], \quad h_{ij} = \sum_{r=1}^n S[\mu(x_{rj}|x_{ki})],$$

де маємо функцію Зенона  $S[x] = -x \ln x - (1-x) \ln(1-x)$ .

Сумісну реалізацію  $(x_i, x_j)$  змінних  $(x_i \rightarrow x_j)$  між якими встановлено причинно-наслідкові відношення, можна розглядати як складний стан  $x_{ij}$  комплексного фактора  $x_{ij} = x_i \cup x_j$  на основі структурної операції, яка породжує перетворення  $G_{ij}$  початкового графу  $G$ .

Графова причинно-діагностична структура для оцінки сили фактора впливу.

Розглянемо причинну структуру представлену 4-ох вершинним графом, який допускає перетворення діаграм впливу факторів.

Тоді функціонал інформації про перетворення  $G_{ki}$  можна представити у вигляді адитивної моделі з коефіцієнтами масштабу причинного впливу:

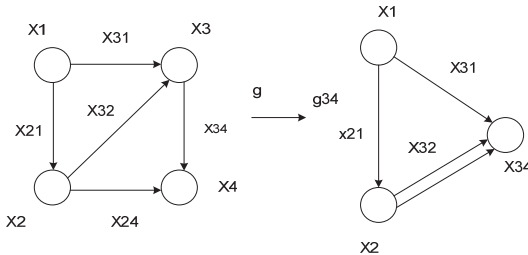
$$I(x_{34}, x_1, x_2) = \gamma_{31} H(x_1) + \gamma_{32} H(x_2) + \gamma_{42} H(x_2),$$

або в більш загальній формі  $(x_j \rightarrow x_{j+1} \rightarrow \dots \rightarrow x_{j+l} \rightarrow x_i)$

$$I_{ij} = H_j \sum_{l=1}^{n-1} \gamma_{i,j,s}^\ell, \quad 0 \leq \sum_{l=1}^{n-1} \gamma_{i,j,s}^\ell \leq 1, \quad \Gamma_{ij} = I_{ij} / H_j = \sum_{l=1}^{n-1} \gamma_{i,j,s}^\ell,$$

де  $\gamma_{i,j}^\ell = \prod_{k=1, v=j}^{k=\ell, \gamma-j+\ell-i} \gamma_{v+k,v}$  – коефіцієнти причинного впливу для  $\ell$  – ланцюга

$(x_j \rightarrow \dots \rightarrow x_i)$ .



Граф структурного перетворення в процесах ідентифікації причин.

Аналіз системних аспектів причинних зв'язків.

Розглянемо системні аспекти причинних зв'язків в ланцюгах з прив'язкою до моментів часу. Модель системи представимо у вигляді агрегатної структури з об'єктом  $A_i$ ,  $S = (S_i)_{i=1}^m = S_i \left\{ A_i \left( a_{ij} \Big|_{j=1}^n \right) \right\}_{i=1}^m$ , та набором типових дій  $a_{ij}$  в під структурі елементарного агрегату  $S_i$  [6]. Набір дій є цілеорієнтованим в ланцюгу зміни ситуацій в системі  $S$ .

Для комплексу агрегованих систем  $(S_1, S_2, \dots, S_n)$ ,  $S_i$  залежить від  $S_j$ ,  $(i, j) \in [1, n]$ , якщо є спільні фактори і причини генерації дій системою  $S_i$ . Система  $S_i$  домінує над  $S_j$  якщо виконується умова  $S_i \rightarrow S_j$ .

Нормована міра залежності систем визначається на основі моделі взаємодії:

$$D_n(S_2 \rightarrow S_1) = \frac{D(S_2 \rightarrow S_1)}{E(S_2)}, \quad D_n \in [0, 1],$$

де  $D(S_2 \rightarrow S_1) = E(S_2) - E(S_2 | S_1)$  – ймовірнісні міри настання події  $S_1, S_2$ .

Основні властивості нормованої міри, як онови побудови факторного класифікатора стану системи на підставі оцінки динамічної ситуації в системі.:

1.  $\{(S_2 - S_1) - \text{незалежні}\} \Rightarrow (D_n = 0)$ ;
2.  $\{(S_2 \Rightarrow S_1) - \text{залежна}\} \Rightarrow (D_n = 1, a_1)(a_2, t), p(a_{1k}) = p(a_{1k} | a_{2n})$ ;
3.  $D_n(S_2 \rightarrow S_1) \in [0, 1]$ .

Основні властивості відношення залежності між системами, як методична основа виявлення розбіжності траєкторій стану в цільовому просторі системи, згідно, еталонної моделі поведінки, при дії активних факторів

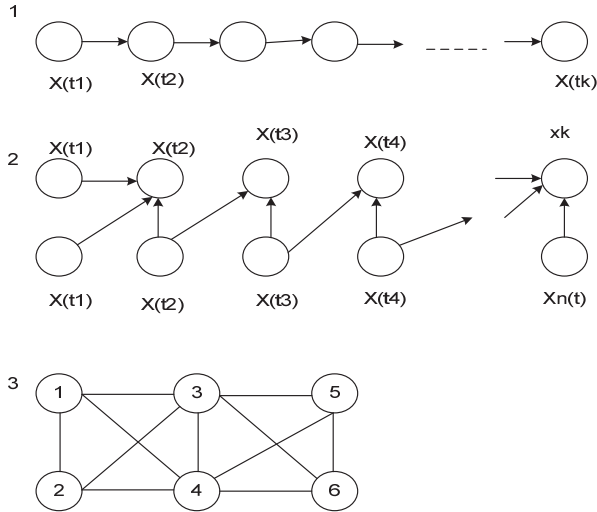
1.  $(D(S_2 \rightarrow S_1) = 0) \Leftrightarrow (S_2 \neq S_1)$ ;
2.  $(D(S_2 \rightarrow S_1) = 1) \Leftrightarrow (S_2 = S_1)$ ;
3.  $D(S_2 \rightarrow S_1) = D(S_2 \rightarrow S_1) \Leftrightarrow (S_1 \Leftrightarrow S_2)$ ;
4.  $D(S_1 \rightarrow S_3) \leq D(S_1 \rightarrow S_2) + D(S_2 \rightarrow S_3)$ .

Якщо ввести метрику залежності між системами  $S_1, S_2 - \rho(S_1, S_2)$ , то вона буде мати такі властивості, які характеризують функціональну подібність систем:

$$\begin{aligned} \rho(S_1, S_2) &= 0 \Leftrightarrow (S_1 = S_2), \\ \rho(S_1, S_2) &= \rho(S_2, S_2), \\ \rho(S_1, S_2) + \rho(S_2, S_3) &\geq \rho(S_1, S_3). \end{aligned}$$

Дальшою модифікацією моделей причинних зв'язків є шляхові моделі

причинності і прогнозу Г. Вальда [6, с. 241], який виділив три базові структури інформаційного спостереження зміни стану агрегату.



Функціонально-причинні зв'язки будуються на основі *OLS* – регресії [6]

для  $L, L^*$  моделей:  $y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i z_i + \varepsilon$  – визначає структуру;

$y_i = \alpha_i + \sum_{j=1}^n \beta_{ij} y_j + \sum_{k=1}^q \gamma_{ik} z_k + \delta_i, \beta_{ij} = 0$  – визначають  $i$ -ту залежність в  $L$ .

Відповідно до них будуються ПЕРТ – діаграми розвитку подій за рахунок дії факторів техногенного та інформаційного впливу.

В термінах спостережуваних змінних маємо структурне рівняння у вигляді:  $y_{it} = \alpha_i + \sum_{j=1}^p \beta_{ij} y_{jt} + \sum_{k=1}^q \gamma_{ik} z_{kt} + \delta_{jt}$  або у векторній формі:

$$y_t = \alpha + \mathbf{B}y_t + \tilde{\mathbf{A}}z_t + \delta_t.$$

Причинні ланки в моделях  $L$  можуть бути представлені через структурні залежності у вигляді предикатів (прогноз):

$$\mathbf{E}(y|y, z) = \mathbf{B}y + \tilde{\mathbf{A}}z.$$

Моделі типу  $L^*$  представимо [6] через ID-системи модифіковані в REID-системи у вигляді структурних векторних рівнянь, які пов'язують прогнозні параметри стану:

$$y^* = \mathbf{B}y^* + \tilde{\mathbf{A}}z$$

$$y^* = [\mathbf{I} - \mathbf{B}]^{-1} \tilde{\mathbf{A}}z = \mathbf{\Omega}z$$

$$\mathbf{E}(y|y^*, z) = \mathbf{B}y^* + \tilde{\mathbf{A}}z$$

тобто  $y'$  – дозволяє інтерпретувати любую ендогенну змінну  $y_i$  в термінах спостережуваної величини  $z_k$  і очікуваних значень  $y_j^*$  – ендогенної змінної.

Для  $L^{**}$  моделей Хаузера [6] одержимо рівняння зв'язків змінних:

$$\forall (x_1 \dots x_p), \exists (y_1 \dots y_n) \neq 0, \quad \omega = \gamma_0 \left( \sum_{i=1}^p \alpha_i x_i + \sum_{k=1}^q \beta_k y_k \right),$$

$$\xi = \gamma_1 \sum_{i=1}^p \alpha_i x_i, \quad \eta = \gamma_2 \sum_{k=1}^q \beta_k y_k, \quad E(\omega | x_1 \dots x_n) = \sum_{i=1}^n \alpha_i x_i.$$

Відповідно для кожного типу об'єкту маємо:

1. Модель  $L$  – всі змінні явно спостерігаються.
2. Модель  $L^*$  – наявне непряме спостереження змінних (латентні змінні);
3. Модель  $L^{**}$  – кожна латентна змінна описується декількома явними змінними, які називаються індикаторами.

Відповідно до вибраної концепції будується комплексна шляхова модель факторів впливу на агрегат на якій відображено, як спостережувані так і не спостережувані стани та ситуації ( рис.5).

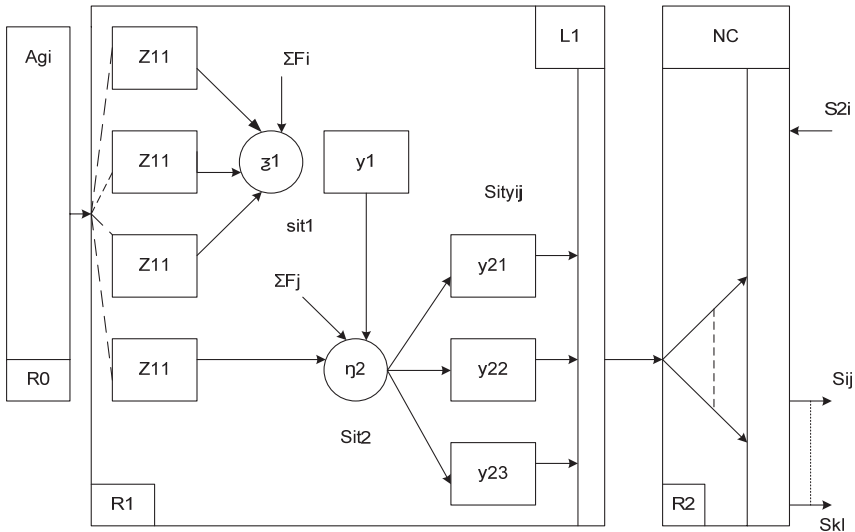


Рис. 5 Комплексно - шляхова модель причинних зв'язків типу  $L^{**}$  з спостережуваними станами

Для багатфакторних моделей (рис.6) причинних зв'язків Хаузера будемо модель взаємодії факторів з структурою агрегату:

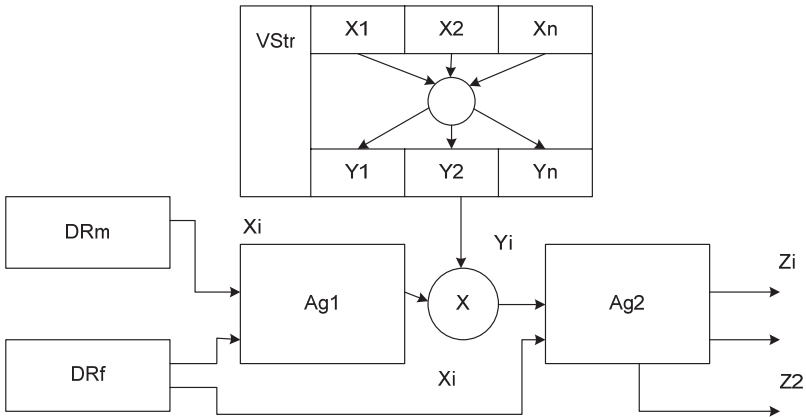


Рис. 6. Модель взаємодії факторів активного впливу на агрегати системи

Позначення:  $DRm$  - джерела матеріальних ресурсів,  $DRf$  - джерела функціональних ресурсів,  $Ag_i$  - агрегати об'єкта управління,  $Vstr$  - структура взаємодії факторів впливу.

Генерація конфліктів в ієрархічній системі на основі проведеного аналізу дії активних причино – наслідкових факторів і їх впливу на різні рівні ієрархії (ресурсні, інформаційні, управлінські).

Побудуємо структурну схему рис.7 агрегованої ієрархічної системи, визначимо на ній координати дії активних факторів з породжуючими діаграмами Ісакави. На підставі оцінки функціонування ІС – системи визначимо зони конфлікту при дії факторів впливу: [9-15]

$FS$  - системні фактори верхнього рівня (ІС);

$F_{C1}$  - когнітивні фактори рівня (ІСА);

$F_{C2}$  - когнітивні фактори рівня (СОУ);

$F_n$  - психологічні фактори рівня (ІСА і СОУ);

$F_u$  - фактори впливу на систему управління (АСУ);

$F_{dk}$  - фактори впливу на потоки даних в (ІВС, СУС);

$\{F_{gk}\}$  - технологічні фактори впливу на агрегати системи управління.

Відповідно виділимо кластери конфліктів при негативних збігах факторів впливу:

- Klast (Ku) – кластер управління АСУ;

- Klast (Kt) – кластер технологічних збоїв режиму;

- Кластери конфліктної гри  $\left\{ \bigotimes_{i=1}^m Ig_i \right\}$  - (Clast1, Clast2, Clast3), які

формують негативні впливи на системи управління (ІС  $\otimes$  ІСА  $\otimes$  СОУ)

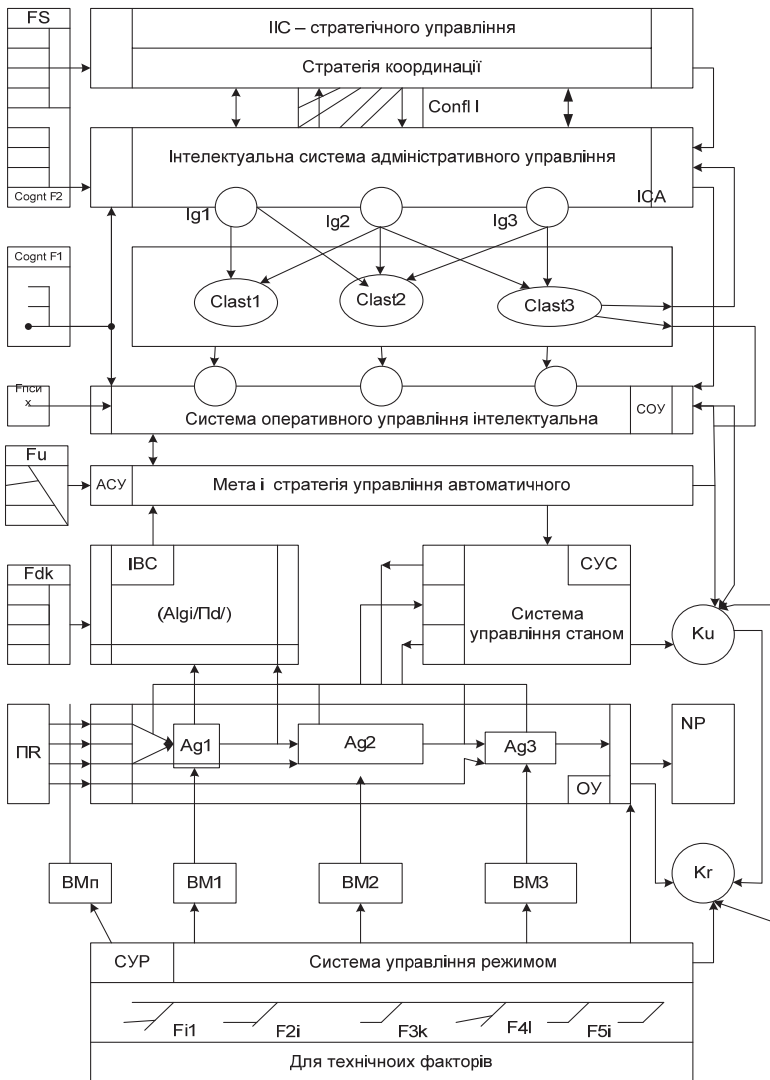


Рис. 7 Генерація конфліктної ситуації в ієрархічній системі

Відповідно до оформленої концепції аналізу логічної і ймовірнісної структури причино – наслідкових зв'язків в часі одержимо

$$\left\{ A: \begin{array}{l} \text{активний фактор} \\ \text{причина} \end{array} \left| \frac{d\text{ія}}{d_i} \right| \frac{\text{агрегат}}{Ag} \right| \Rightarrow \left| \begin{array}{l} \text{змінастану} \\ 0 \end{array} \right. \begin{array}{l} t_1 \rightarrow t_2 \\ 0 \rightarrow sit_1 \end{array} \left. \right\}$$

Будується шляхові діаграми та графіки можливої поведінки системи при заданих стратегія досягнення мети функціонування агрегатів технологічної системи.

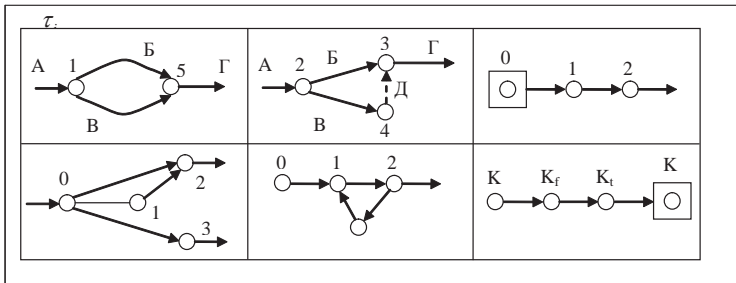
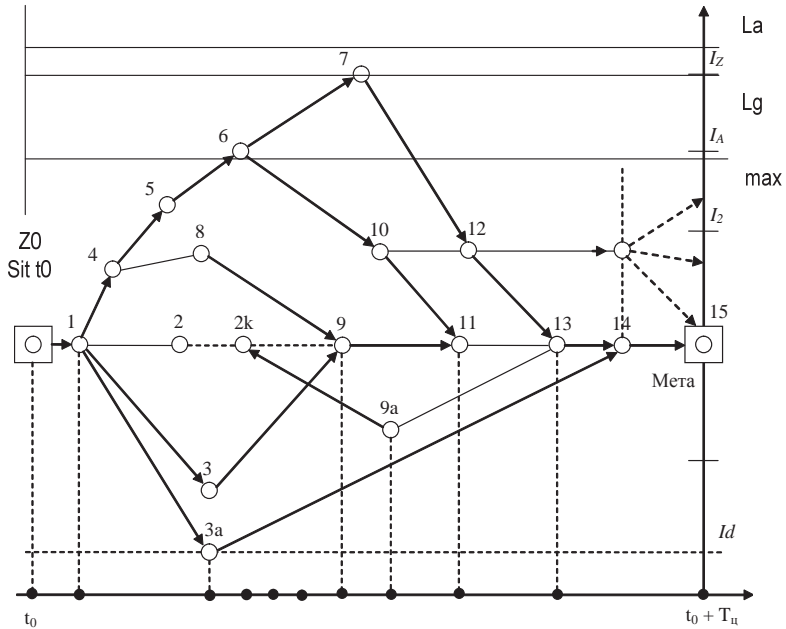


Рис. 8. Трафік можливі поведінки системи

Позначення:  $(Z_0 \text{Sit } t_0)$  - початковий стан системи,  $\{x(t_1), x(t_2), x(t_3)\}$  - трафік виходу на режим максимального навантаження,  $F: \{x(t_0) \rightarrow x(t_7)\}$  - перехід в граничний режим,  $Fu: \{x(t_1) \rightarrow x(t_3)\}$  - скид навантаження,  $Fu: \{x(t_8) \rightarrow x(t_9)\}$  - керована зміна режиму,  $\{x(t_9), x(t_{11}), x(t_{13}), x(t_{14})\}$  - трафік стабільного режиму,  $F_A: \{x(t_7) \rightarrow L_A\}$  - перехід в аварійний режим під



час дії  $F_A$ .

На підставі рівняння зв'язків Хаузера та структурних схем агрегатів на підставі компонентного складу будується діаграми Ісакави як в момент термінального часу так і графіку в реальному часі, що є підставою побудови системи відображення динамічної ситуації в системі на підставі обробки спостережуваних даних в різних компонентах агрегату складного технологічного об'єкта.

**Новизна** На підставі концепції ідентифікації причинно – наслідкових зв'язків методу Ісакави та логіко – ймовірнісних моделей можна розробити способи синтезу інформаційного забезпечення АСУ.

**Результат.** На підставі методу Ісакави і шляхових та причинних діаграм розроблено метод побудови ситуаційних діаграм представлення динаміки агрегованих об'єктів в умовах дії активних факторів.

**Висновок.** Розглянуті моделі причинного аналізу є актуальним інструментом дослідження поведінки людино-машинних структур в САУ-ТП, особливо адекватності поведінки людини-оператора в складних ситуаціях, який в короткий час повинен збудувати ланцюг причин і факторів збурень системи та своєчасно реалізувати стратегію цілеспрямованої протидії.

1. *Зайцев В. С.* Системный анализ операторской деятельности / В. С. Зайцев – М.: Сов. Радио, 1990. – 120 с.
2. *Кабикин В. Е.* Диагностика оперативного мышления / В. Е. Кабикин – К.: Наук. дум., 1977. – 110 с.
3. *Кафаров В. В.* Анализ и синтез / В. В. Кафаров, В. П. Мешалкин – Химко – технологических систем – М.: Химия, 1991. – 432 с.
4. *Келебел Д.* Модели экспериментов в социальной психологии и прикладных исследованиях / Д. Келебел – М.: Прогресс, 1980. – 389 с.
5. *Клебельсберг Д.* Транспортная психология / Д. Клебельсберг – М.: Транспорт, 1989. – 367 с.
6. Математика в социологии. Моделирование и обработка информации. – М.: Мир, 1977. – 543 с.
7. Основы инженерной психологии /ред. *Ломов Б. Ф.* – М.: Высш. шк., 1977. – 335 с.
8. *Первозванский А. А.* Математические методы в управлении производством / А. А. Первозванский – М.: Наука, 1972. – 616 с.
9. Психология экстремальных ситуаций / Хрестоматия ред. *Тарас А.* – М.: Харвест, 2002. – 480 с.
10. *Сікора Л. С.* Когнітивні моделі та логіка оперативного управління в ієрархічних інтегрованих системах в умовах ризику / Л. С. Сікора. – Львів: ЦСД «ЕБТЕС», 2009. – 432 с.: схеми, табл.
11. *Ткачук Р. Л.* Логіко-когнітивні моделі формування управлінських рішень інтегрованими системами в екстремальних умовах: [посібник] / Р. Л. Ткачук, Л. С. Сікора. – Львів: Ліга-Прес, 2010. – 404 с.: схеми, табл., іл.
12. *Сікора Л.С., Лиса Н.К., Міюшкович Ю.Г.* Когнітивна психологія інтелекту

операторів телекомунікаційних і технологічних систем та синтез тестів для їх відбору / Л.С. Сікора, Н.К. Лиса, Ю.Г. Міюшкович // Моделювання та інформаційні технології. - К. ПІМЕ. 2009. – Вип. 54. – С.190-195.

13. Сікора Л.С., Лиса Н.К., Якимчук Б.Л. Моделі оперативних експертних висновків при неповних даних про стан інтегрованих систем для формування образів ситуацій та управляючих рішень // Л.С. Сікора, Н.К. Лиса, Б.Л. Якимчук // ЗНП, Інститут проблем моделювання в енергетиці. - К. ПІМЕ. 2013. – Вип. 70. – С.177-192.

14. Сікора Л.С. Формування причинно – наслідкових зв'язків при оцінці динамічних термінальних ситуацій в потенційно – небезпечних об'єктах. / Л.С. Сікора, Б.Л.Якимчук, Т.С.Рак // ЗНП, Інститут проблем моделювання в енергетиці. К.ПІМЕ ім.. Пухова – 2012. – Вип. 65. – С.107-125

15. Сікора Л.С. Термінальні та ситуаційні проблемні задачі інформаційного забезпечення опрацювання даних оператором від інформаційно – вимірювальних систем для АСУ-ТП складними об'єктами. / Л.С. Сікора, Н.К. Лиса, Б.Л. Якимчук, Р.С. Марцишин, Ю.Г. Міюшкович // Вісник НУ „ЛП”, „Інформаційні системи і мережі„№783 – Львів. Вид. Львівської політехніки. 2014.- С.204-2016.

*Поступила 26.09.2016р.*

УДК 004.932.2:616-006.6

С.О. Вербовий, м.Тернопіль

## **МЕТОДИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ ДЛЯ ПОШУКУ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ В БАЗАХ ДАНИХ БІОМЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

**Abstract.** The paper presents the use of data mining to find patterns in a data base cytological and histological images. This will help make a classification features microscopic cytological and histological images and build association rules for the diagnosis of precancerous and cancerous conditions of the breast.

### **Актуальність**

За даними канцер реєстру [1] смертність жінок від раку молочної залози посідає перше місце. Тому проблема діагностування злоякісних новоутворень на ранніх стадіях є актуальною.

Рання діагностика потребує точної і надійної методики постановки діагнозу. Діагностування базується на аналізі мікроскопічних зображень окремих клітин (цитологічні зображення) та тканин (гістологічні зображення).

На сьогодні широкого розповсюдження набули методи інтелектуального аналізу даних (ІАД), які застосовуються в різних областях [2].

Технології ІАД дають можливість виявляти шаблони правил. Правила в нашому випадку - це поєднання кількісних та якісних ознак мікрооб'єктів з