

МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ НА ОСНОВІ КВАЗИСТАЦІОНАРНИХ ЛОГІКО-СТАТИСТИЧНИХ ТА КЛАСТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ В ПЕРЕДАВАРІЙНИХ ТА АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Н.Г. Ширмовська, Я.М. Николайчук, Г.Я. Ширмовський, Г.І. Левицька, А.Ю. Левицький

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 716670,
e-mail: galewi@gmail.com

Вкладено систематизацію характеристик об'єктів низових рівнів розподілених комп'ютерних систем, що дає змогу визначити перспективність використання кореляційно-спектральних характеристик, кластерних та логіко-статистичних інформаційних моделей для розробки методів діагностування квазі-стаціонарних об'єктів. Названі математичні основи відображають інтегровані характеристики квазі-стаціонарних об'єктів і можуть бути ефективно використані для прогнозування, передбачення та виявлення передаварійних та аварійних станів технологічних об'єктів управління. Розроблено метод діагностування станів технологічних об'єктів на основі запропонованої багатовимірної квазістаціонарної логіко-статистичної та кластерної інформаційних моделей з врахуванням технологічних та інформаційних станів, що дозволив формалізувати складні процеси виявлення та попередження аварійних станів об'єкта.

Ключові слова: продукційна модель, характеристичний функціонал, фазова характеристика, багатоканальні об'єкти.

Изложена систематизация характеристик объектов низовых уровней распределенных компьютерных систем, позволяющая определить перспективность использования корреляционно-спектральных характеристик, кластерных и логико-статистических информационных моделей для разработки методов диагностирования квазистационаризованных объектов. Указанные математические основы отображают интегрированные характеристики квазистационаризованных объектов и могут быть эффективно использованы для прогнозирования, предосторожения и выявления предаварийных и аварийных состояний технологических объектов управления. Разработан метод диагностирования состояний технологических объектов по предложенной многомерной квазистационаризованной логико-статистической и кластерной информационных моделях с учетом технологических и информационных состояний, позволивший формализовать сложные процессы выявления и предупреждения аварийных состояний объекта.

Ключевые слова: производственная модель, характеристический функционал, фазовая характеристика, многоканальные объекты.

The presented systematization for the objects' properties for the basys levels of the distributed computer systems allows to define the prospects for using the correlation-spectral characteristics, cluster, and logical-static informational models for developing the methods that can be used for the testing of quasi-stabilized objects. The reason behind is that abovementioned mathematical fundamentals demonstrate integrative characteristics of the quasi-stabilized objects can be effectively used for prognosis, forecasting, and identifying the pre-emergency and emergency states of the technological control units. The developed method for testing the states of technological objects is based on the presented multidimensional quasi-stabilized logical-static and clustered informational model, with the consideration of technological and informational states, allows to formalize the complex processes of identifying and anticipating the object's emergency states.

Keywords: production model, characteristic function, phase characteristic, multichannel objects.

Ідентифікація передаварійних та аварійних станів об'єкта управління (ОУ) вимагає врахування низки особливостей, а саме:

1. Об'єкт, перебуваючи в нормальному стані (рис. 1, а), як правило, описується стаціонарними характеристиками згідно з функціоналом:

$$TS_j(t) = F_j \{x(t), t, D_x, \sigma_x, M_x, M_j, M_v, R_{xx}, S(\omega), I_x\}, \quad (1)$$

де: $j = 1, 2, 3, \dots$ – порядковий номер технологічного стану; t – час; D – дисперсія; σ – середньоквадратичне відхилення; M_x – вибіркове математичне сподівання; M_j – ковзне математичне сподівання; M_v – вагове математичне сподівання; R_{xx} – автокореляційна модель;

$S(\omega)$ – спектральна характеристика, I_x – ентропія.

2. Об'єкт, який переходить в передаварійний стан, ідентифікується стрибками окремих параметрів характеристичного функціоналу (1), що відповідає квазістаціонарності його статистичних характеристик (рис. 1, б).

3. Об'єкт, який переходить в аварійний стан, найчастіше описується дрейфом практично всіх параметрів характеристичного функціоналу (1), суттєвою зміною коефіцієнтів матриці взаємкореляцій і нестационарністю статистичних характеристик (рис. 1, в).

Таким чином, перехід ОУ в аварійні та передаварійні стани потребує розробки достатньо складного алгоритмування та програмного забезпечення комп'ютерної системи, яка в реаль-

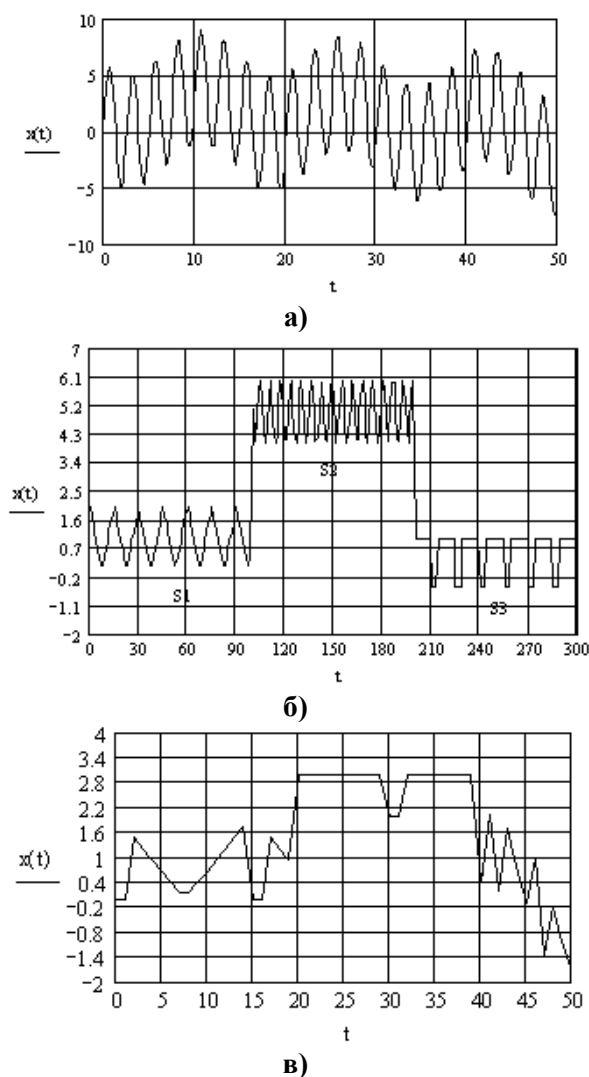


Рисунок 1 – Приклади реалізацій стаціонарного (а), квазістаціонарного (б), нестаціонарного (в) процесів

ному масштабі часу повинна ідентифікувати стани ОУ та відпрацювати програми повернення ОУ до нормального стану.

Розробка проблемно-орієнтованих розподілених комп'ютерних систем (РКС) ефективно використовуються для діагностування технологічних, інформаційних, семантичних, передаварійних та аварійних станів складних промислових об'єктів. Як програмно-математичний інструмент може ефективно використовуватись теорія моделей подання знань [1], кластерні моделі та логіко-статистичні інформаційні моделі (ЛСІМ).

Логіко-статистична інформаційна модель (ЛСІМ) ЛСІМ-1 [2] реагує на відхилення технологічних даних від норми за амплітудою, але нечутлива до зміни динаміки станів ОУ. Вона характеризується властивостями гіперчутливості. ЛСІМ-2 здійснює контроль за відхиленням станів ОУ за динамікою, але нечутлива до зміни фазових характеристик. ЛСІМ-3 реагує на порушення зміни фазових характеристик між параметрами промислового об'єкта, але не реагує на спектр сигналу. ЛСІМ-4 аналізує та реа-

гує на недопустимі зміни спектру сигналу, але не несе інформації про момент часу, коли змінюється характеристика об'єкта. Принцип роботи ЛСІМ-5 базується на аналізі зміни глобальної дисперсії станів об'єктів [3].

В таблиці 1 наведено типи стаціонарних ЛСІМ.

Зазвичай рівняння ЛСІМ описується виразом (2):

$$L_i = \begin{cases} 0, & W_i \in \varepsilon_{OY} \\ 1, & W_i \notin \varepsilon_{OY} \end{cases}, \quad (2)$$

де: W_i – контрольований параметр ОУ; ε_{OY} – відповідна апертура, яка обмежує характеристики W_i ; "0", "1" – відповідно значення ЛСІМ, які відповідають нормі та ненормі станів ОУ.

Вказані особливості задачі ідентифікації аварійних та передаварійних станів ОУ не дозволяють покласти задачу приведення ОУ до стану норми на регулятори окремих параметрів об'єкта, що потребує застосування потужного математичного апарату кластерних моделей.

Методологія та необхідність кластерних моделей ввів Т. Харрісон [4]. Теоретичні основи кластерних моделей розроблені Олдендерфер М. С. [2]. Однак названі та інші автори не розглядали можливість застосування кластерних моделей до квазістаціонарних об'єктів, що є важливою актуальною науковою задачею.

Інформаційна технологія побудови кластерних моделей квазістаціонарних ОУ базується на теорії побудови продукційних моделей подання знань [3] для багатоканальних об'єктів, які характеризуються квазістаціонарними властивостями. На практиці значення P_{ij} класифікуються на дозволені та недозволені, тобто:

$$P_{ij} < \alpha - \text{"норма"};$$

$$P_{ij} \geq \alpha - \text{"ненорма"}.$$

Наприклад, маємо матрицю P_{ij} для $n = 4$; $\alpha = 0,7$:

$$\begin{pmatrix} \textcircled{0.8} & 0.4 & 0.2 & \textcircled{0.75} \\ 0.1 & \textcircled{0.9} & 0.6 & 0.4 \\ 1.0 & 0.3 & \textcircled{0.7} & 0.1 \\ \textcircled{0.8} & 0.2 & \textcircled{0.9} & 0.5 \end{pmatrix},$$

де $\textcircled{P_{ij}}$ - відповідає регламентному переходу об'єкта з одного стану в інший.

Таблична кластерна модель (рис.2) відповідає регламентним переходам об'єкта ОУ з одного стану в інший.

Графова кластерна модель дозволяє найбільш компактно та досконало подати ймовірнісні переходи ОУ з одних станів в інші та більш інформаційно представити можливі появи передаварійних та аварійних станів ОУ (рис. 3).

На рис. 4 зображено класифікацію можливих переходів квазістаціонарних ОУ в різні стани.

Таблиця 1 – Типи стаціонарних ЛСІМ

Тип ЛСІМ	Аналітичний вираз	Графічне зображення стану ОУ
ЛСІМ-1	$L_1 = \begin{cases} 0, & X_i \in \varepsilon_1 \\ 1, & X_i \notin \varepsilon_1 \end{cases}$	
ЛСІМ 2	$L_2 = \begin{cases} 0, & C_{xx}(j) < \varepsilon_2 \\ 1, & C_{xx}(j) \geq \varepsilon_2 \end{cases}$	
ЛСІМ-3	$L_3 = \begin{cases} 0, & \rho_{xy} > 0 \\ 1, & \rho_{xy} \leq 0 \end{cases}$	
ЛСІМ-4	$L_3 = \begin{cases} 0, & S(\omega) > 0 \\ 1, & S(\omega) \leq 0 \end{cases}$	
ЛСІМ-5	$L_5 = \begin{cases} 0, & D > \varepsilon_5 \\ 1, & D \leq \varepsilon_5 \end{cases}$	

- ε_1 – апертура за амплітудою,
- ε_2 – апертура за динамікою,
- C_{xx} – структурна автокореляційна модель,
- D – глобальна дисперсія,
- ε_5 – апертура зміни глобальної дисперсії.

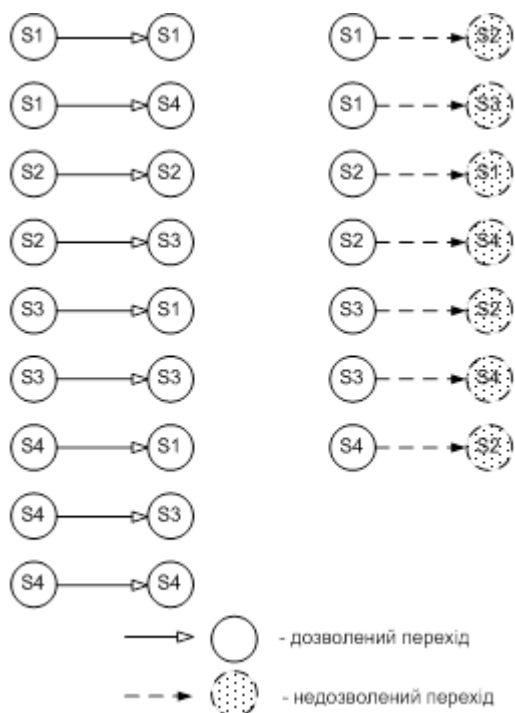


Рисунок 2 – Таблична кластерна модель

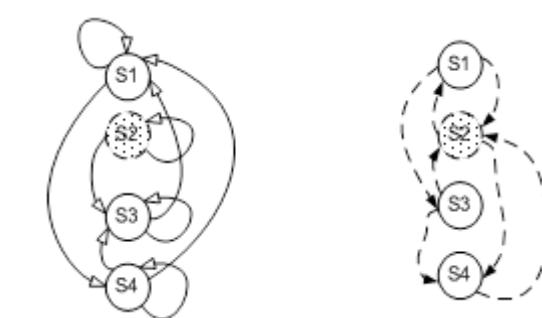


Рисунок 3 – Графова кластерна модель ОУ

В таблиці 2 наведено систематизацію можливих переходів квазістаціонарних ОУ в різні стани.

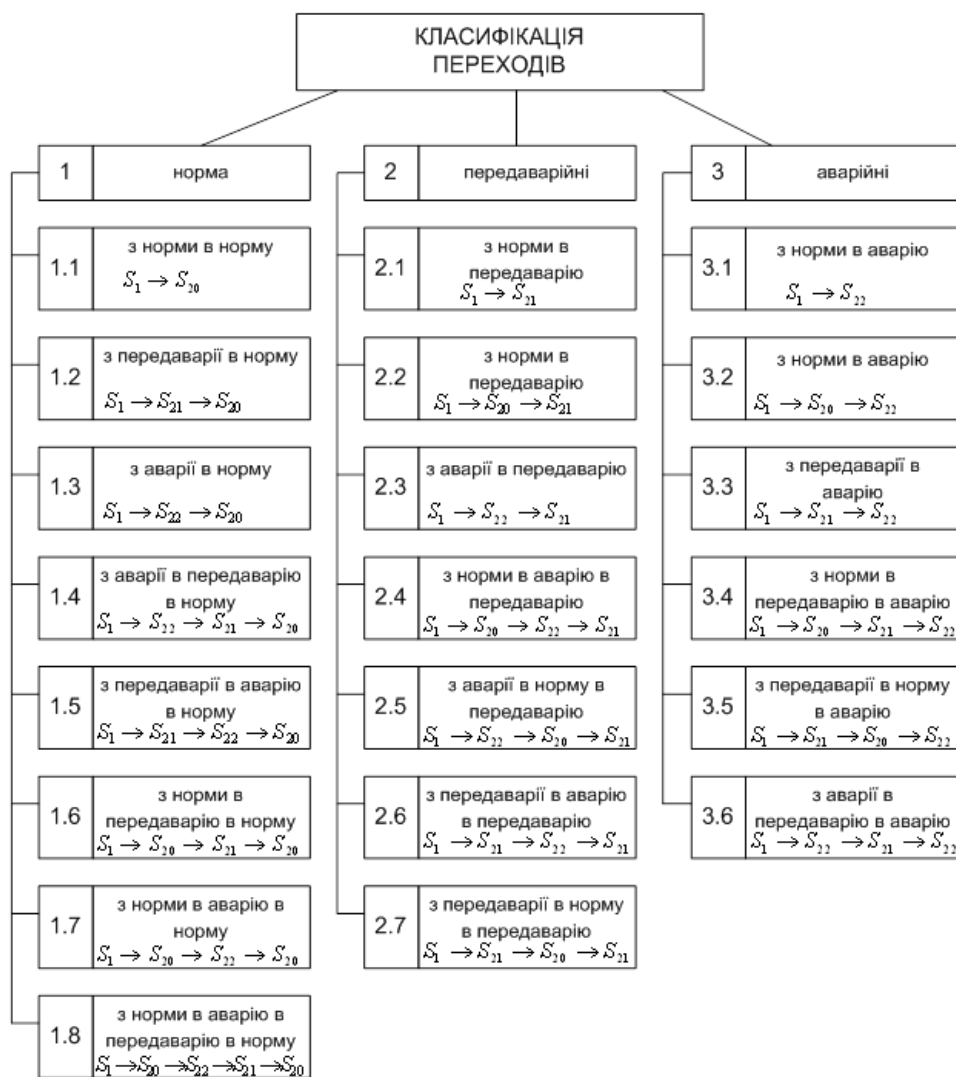
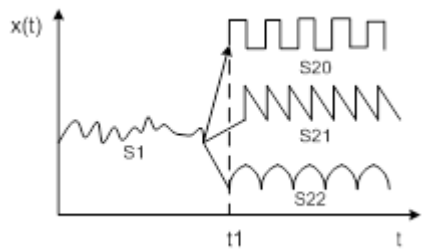
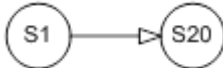
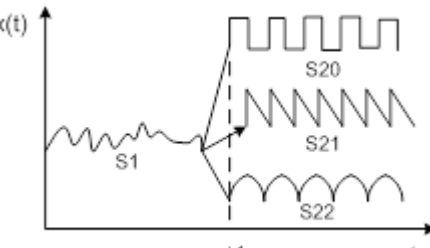
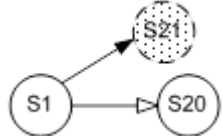
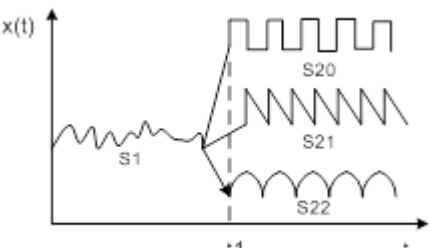
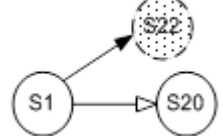
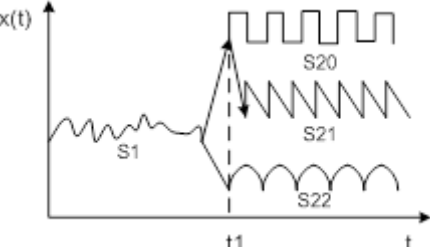
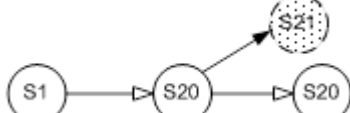
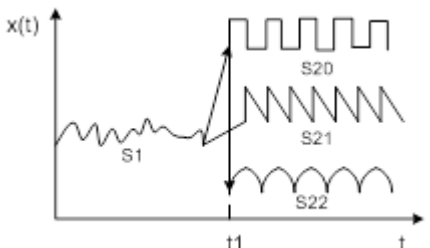
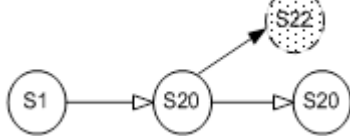
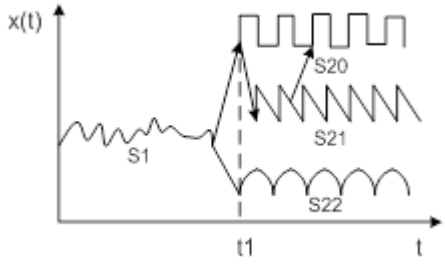
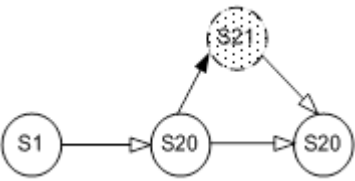
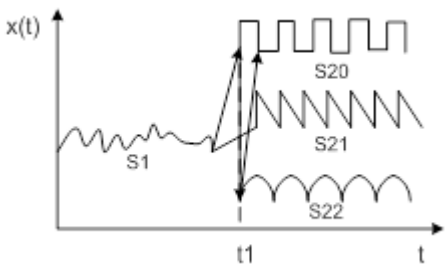
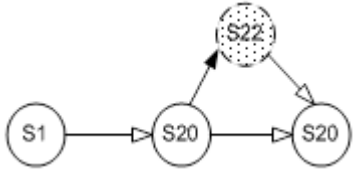
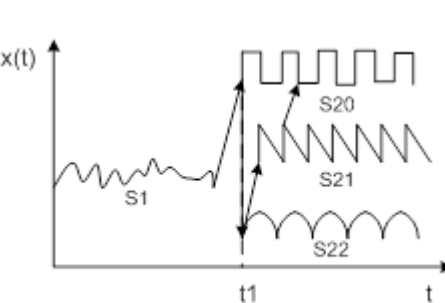
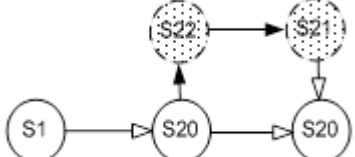
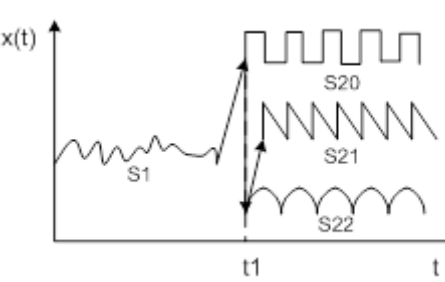
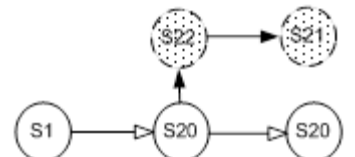
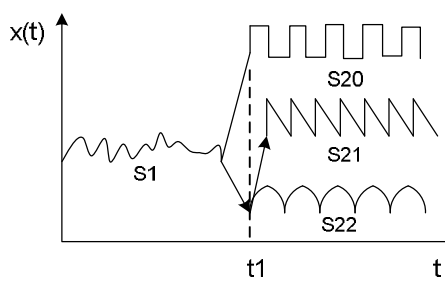
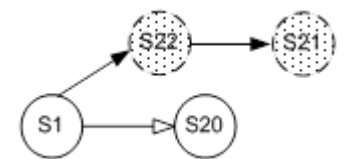


Рисунок 4 – Класифікація переходів станів

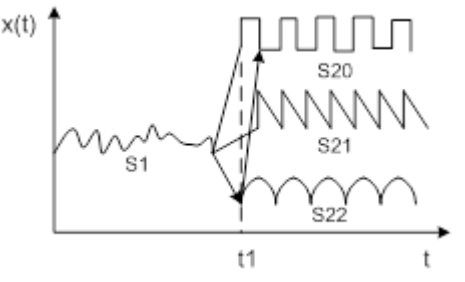
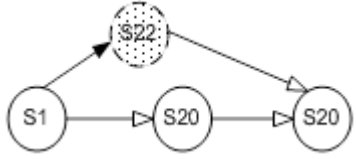
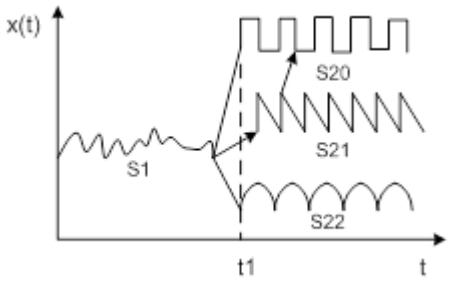
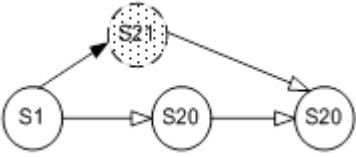
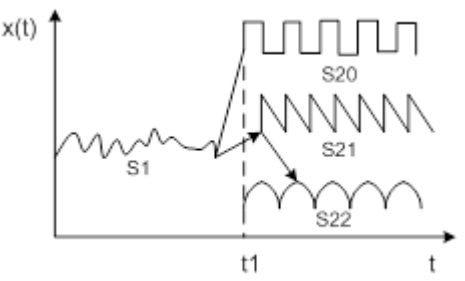
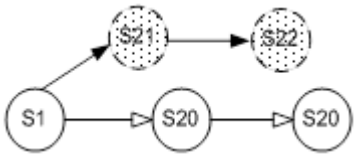
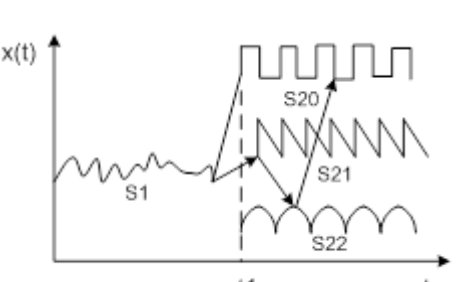
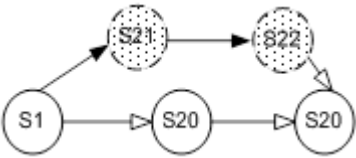
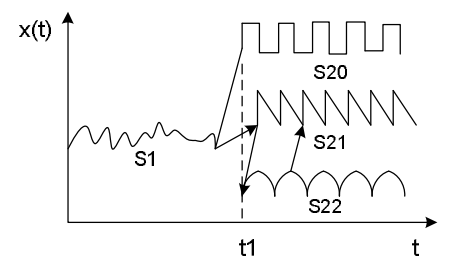
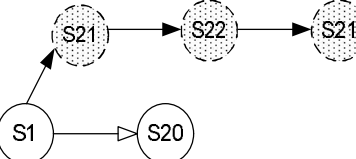
Таблиця 2 – Систематизація переходів квазістаціонарних ОУ

Опис можливих переходів квазістаціонарних ОУ в різні стани	Продукційна модель подання знань про аварійні та передаварійні стани ОУ	Кластерна модель
1	2	3
Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20} .		
Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20} , але перейшов до стану S_{21} .		
Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20} , але перейшов до стану S_{22} .		
Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20} і мав залишатися в цьому стані, він перейшов, але потім перейшов до стану S_{21} .		
Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20} і мав залишатися в цьому стані, він перейшов, але потім перейшов до стану S_{22} .		

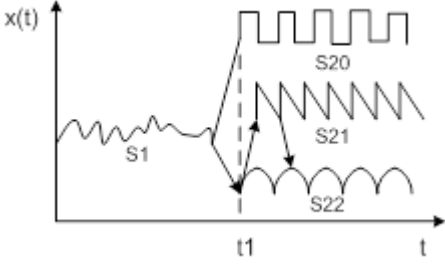
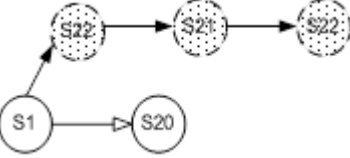
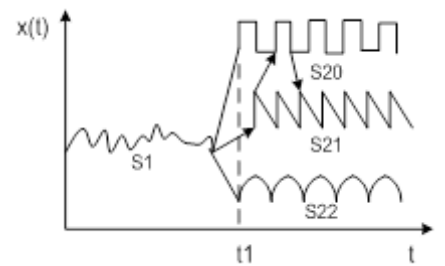
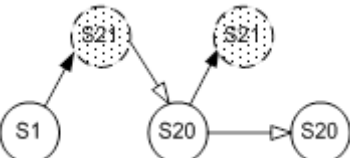
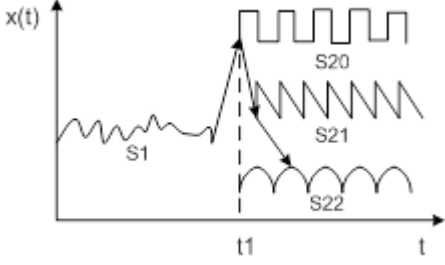
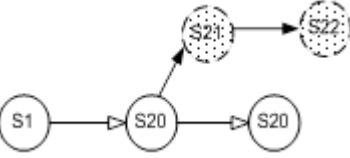
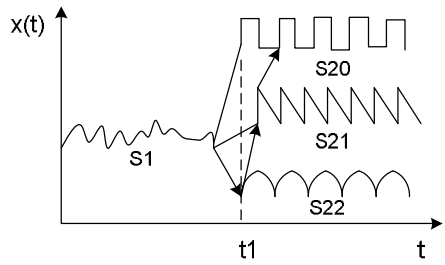
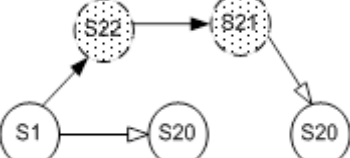
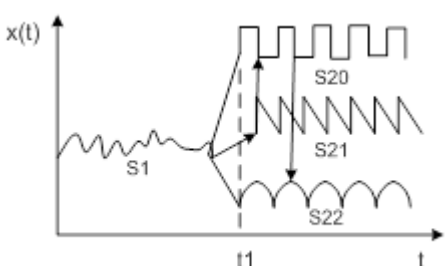
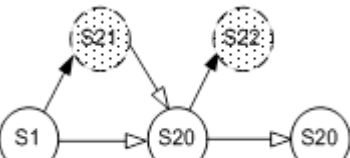
Продовження таблиці 2

1	2	3
<p>Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20} і мав залишатися в цьому стані, він перейшов, але потім перейшов до стану S_{21} і повернувся до стану S_{20}.</p>		
<p>Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20} і мав залишатися в цьому стані, він перейшов, але потім перейшов до стану S_{22} і повернувся до стану S_{20}.</p>		
<p>Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20} і мав залишатися в цьому стані, він перейшов, але потім перейшов до стану S_{22}. Із стану S_{22} перейшов до стану S_{21} і повернувся до стану S_{20}.</p>		
<p>Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20} і мав залишатися в цьому стані, він перейшов, але потім перейшов до стану S_{22}. Із стану S_{22} перейшов до стану S_{21}.</p>		
<p>Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20}, але перейшов до стану S_{22}. Із стану S_{22} перейшов до стану S_{21}.</p>		

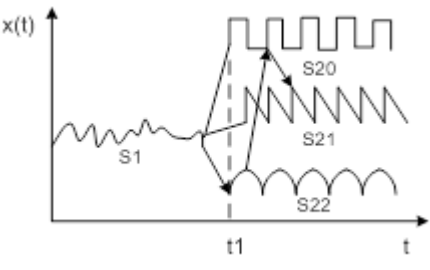
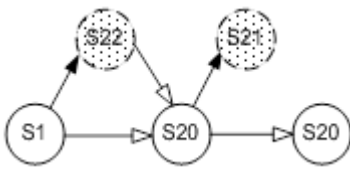
Продовження таблиці 2

1	2	3
<p>Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20} і мав залишатися в цьому стані, але він перейшов до стану S_{22}. Із стану S_{22} перейшов до стану S_{20}.</p>		
<p>Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20} і мав залишатися в цьому стані, але він перейшов до стану S_{21}. Із стану S_{21} перейшов до стану S_{20}.</p>		
<p>Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20} і мав залишатися в цьому стані, але він перейшов до стану S_{21}. Із стану S_{21} перейшов до стану S_{22}.</p>		
<p>Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20} і мав залишатися в цьому стані, але він перейшов до стану S_{21}. Із стану S_{21} перейшов до стану S_{22}. Із стану S_{22} перейшов до стану S_{20}.</p>		
<p>Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20}, але він перейшов до стану S_{21}, а потім перейшов до стану S_{22}. Із стану S_{22} перейшов до стану S_{21}.</p>		

Продовження таблиці 2

1	2	3
<p>Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20}, але він перейшов до стану S_{22}, а потім перейшов до стану S_{21}. Із стану S_{21} перейшов до стану S_{22}.</p>		
<p>Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20} і мав залишатися в цьому стані, але він перейшов до стану S_{21}. Із стану S_{21} перейшов до стану S_{20}. Із стану S_{20} перейшов до стану S_{21}.</p>		
<p>Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20} і мав залишатися в цьому стані, але він перейшов до стану S_{21}. Із стану S_{21} перейшов до стану S_{22}.</p>		
<p>Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20}, але він перейшов до стану S_{22}. Із стану S_{22} перейшов до стану S_{21}, а потім перейшов до стану S_{20}.</p>		
<p>Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20} і мав залишатися в цьому стані, але він перейшов до стану S_{21}. Із стану S_{21} перейшов до стану S_{20}, а потім перейшов до стану S_{22}.</p>		

Продовження таблиці 2

1	2	3
<p>Об'єкт із стану S_1 в момент часу t_1 повинен перейти до стану S_{20} і мав залишатися в цьому стані, але він перейшов до стану S_{22}. Із стану S_{22} перейшов до стану S_{20}, а потім перейшов до стану S_{21}.</p>		

Позначення:

—> ○ - дозволений перехід

- - -> ● - недозволений перехід

S_1, S_{20} – нормальні стани, S_{21} – передаварійні ситуації, S_{22} – аварійні ситуації.

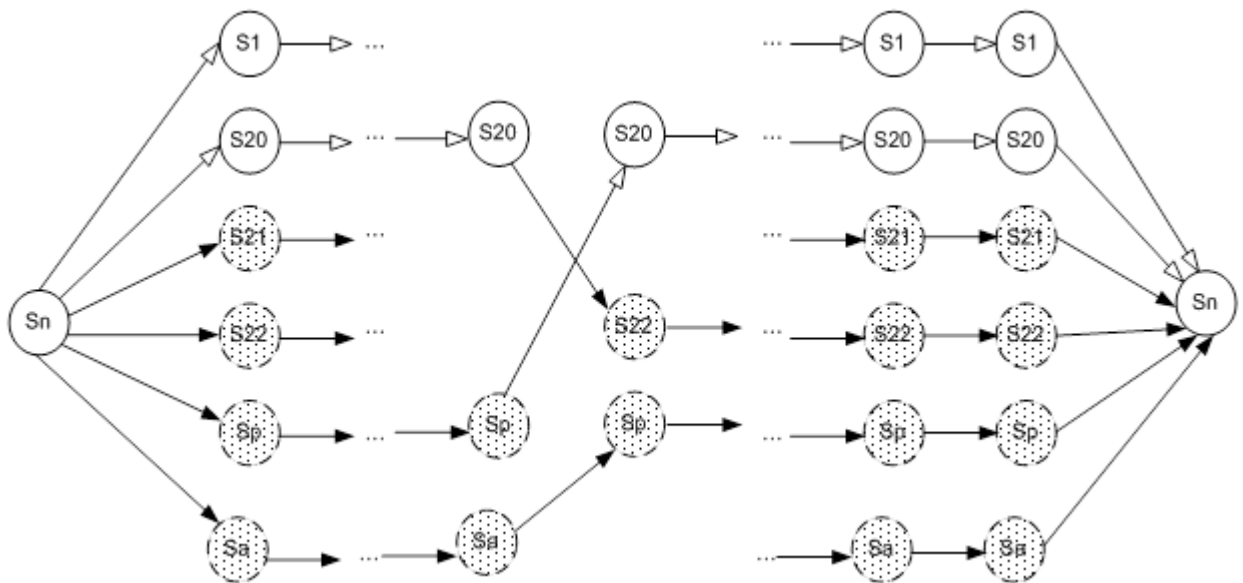


Рисунок 5 – Узагальнена теорія переходів квазістаціонарних ОУ

Узагальнена теорія можливих переходів квазістаціонарних ОУ описується наступною залежністю:

$$L_6 = \begin{cases} 0, S_n = S_n; \\ 0, S_1 = S_{20}; \\ 1, S_1 = S_{21} \vee S_{22}; \\ 1, S_n = S_a \vee S_p. \end{cases} \quad (3)$$

На рис. 5 проведена узагальнена теорія можливих переходів квазістаціонарних ОУ до різних станів.

Викладені теоретичні положення та методологія діагностування квазістаціонарних станів ОУ на основі розроблених модифікованих кластерних моделей може бути широко використана при створенні програмно-апаратних засобів та спеціальних процесорів опрацювання потоків даних на низових рівнях розподілених комп'ютерних систем (РКС), в тому числі для широкого класу об'єктів нафтогазовій, атомній, енергетичній та інших галузях промисловості.

Література

- 1 Николайчук Я.М. Теорія джерел інформації: монографія / Я.М. Николайчук. – Тернопіль: ТНЕУ, Економічна думка, 2008. – 396 с.
- 2 Олдендерфер М. С. Кластерный анализ. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: пер. с англ. под ред. И. С. Енюкова. / М. С. Олдендерфер, Р. К. Блэшфилд. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215с.
- 3 Пітух І.Р. Системні характеристики формальних об'єктів моделей руху даних в комп'ютерних мережах / І.Р.Пітух: – 3 International conference on optoelectronic information technologies "PHOTONICS-ODS 2005", Ukraine, Vinnytsia, VNTU, 2005. – p. 60-61.
- 4 Харрисон У. Теория твердого тела / У. Харрисон . – М.: Мир, 1972. – 616 с.
- 5 Ширмовська Н.Г. Діагностування аварійних та передаварійних станів об'єктів на основі інформаційних моделей джерел інформації // Тези міжгалузевої проблемно-наук. конф. "Інформаційні проблеми комп'ютерних систем, юриспруденції, економіки та моделювання". – Бучач, 2009. – 126 с.
- 6 Shirmovska N.G. Diagnosing of accident rate of the technological states of objects on the base of cross-correlation models of information sources // Proceedings of the 4-th International Conference ACSN – 2009 "Advanced Computer Systems and Networks: Design and Application", - Lviv, 2009.

Стаття надійшла до редакційної колегії

27.01.12

Рекомендована до друку професором

Горбійчуком М.І.