

УДК 004.942: 519.2

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ ВУЗЛІВ РОЗПОДІЛЕНОЇ СИСТЕМИ

*Луговой А.В., к.т.н., проф., Цвентарний Р.С., ас., Герасименко С.А., ст. викл.
Кременчуцький державний політехнічний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева 20, м. Кременчук, Полтавська обл., Україна, 39614
E-mail: ktp@ktp.polytech.poltava.ua*

*Болдак А.О., к.т.н., доц.
Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ
проспект Перемоги, 37, м. Київ-56, Україна, 03056
E-mail: boldak@comsys.ntu-kpi.kiev.ua*

Проводится экспериментальное исследование системы распознавания образов как механизма прогнозирования загрузки узлов распределенной информационной системы.

Ключові слова: розподілена інформаційна система, потік запитів, прогнозування.

Experimental research of the patterns recognition system, as a mechanism of the distributed informative system nodes work-load forecasting, is conducted.

Keywords: distributed system, stream of queries, prognostication, forecasting.

Вступ. Статистичні підходи і методи, що можуть бути застосовані для прогнозування завантаженості вузлів розподілених систем, розглянуті в [1–4]. У [5] синтезована структура системи прогнозування з використанням методів розпізнавання образів.

Для з'ясування можливості практичного використання розробленої системи при балансуванні завантаженості вузлів було проведено експериментальне дослідження системи.

Дослідження проводились на реально діючій розподіленій системі в процесі її роботи. Для спостереження в різних експериментах вибиралися різні вузли системи.

Метою досліджень було:

- доказати стійкість і надійність прогнозування рівня завантаженості вузлів при різних довжинах повчальної вибірки і різних наборах запитів, що пред'являються для розпізнавання;

- дослідити вплив нечіткого розмежування класів розпізнавання на ймовірність безпомилкового прогнозування;

- дати рекомендації щодо вибору інтервалу прогнозування.

При плануванні експериментів повчальні вибірки і потоки розпізнавання вибиралися випадково з реалізацій потоків запитів до різних вузлів розподіленої системи.

Довжина повчальної вибірки вибиралася в інтервалі $700 \div 900$ с, довжина потоку розпізнавання – в межах $300 \div 800$ с. Інтервал прогнозування змінювався від 2 до 6 с з кроком 2 с. Критична межа довжини черги також змінювалася дискретно в інтервалі $[0.2; 0.3]$.

Матеріал і результати досліджень. Експериментальне дослідження проводилось шляхом імітаційного моделювання синтезованої в [5] системи прогнозування рівня завантаженості вузлів [6]. Повчальною вибіркою та вибіркою для розпізнавання слугували потоки запитів, зафіксовані у файлах журналів доступу до вузлів розподіленої системи. Послідовність проведення експериментів і значення характеристик, що змінювалися, для кожного експерименту наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Значення характеристик експериментів

Характеристики експерименту				
№ п/п	Довжина повчальної вибірки, с	Довжина вибірки для розпізнавання, с	Інтервал прогнозування Δt , с	Критична нормована в інтервалі $[0;1]$ межа довжини черги
1	750	425	2	0.2
2	810	750	2	0.3
3	800	740	4	0.2
4	810	424	4	0.3
5	755	425	6	0.2
6	790	325	6	0.3

У процесі проведення кожного експерименту в реальному часі фіксувалися поведінка потоку запитів, критична межа довжини черги запитів до вузла розподіленої системи, нормована в інтервалі $[0;1]$, і попереджувальні сигнали системи розпізнавання про можливість виникнення критичної завантаженості даного вузла.

На основі зафіксованих даних було отримано ймовірність правильного розпізнавання критичного рівня завантаженості вузла в інтервалі часу $[t + \Delta t - x, t + \Delta t + x]$ для кожного експерименту. Значення параметра x змінювалися дискретно: $x = [0; 0.15 \cdot \Delta t; 0.3 \cdot \Delta t]$.

Графіки зафіксованих даних й отриманих ймовірностей зображені на рис. 1–12 для проведених експериментів.

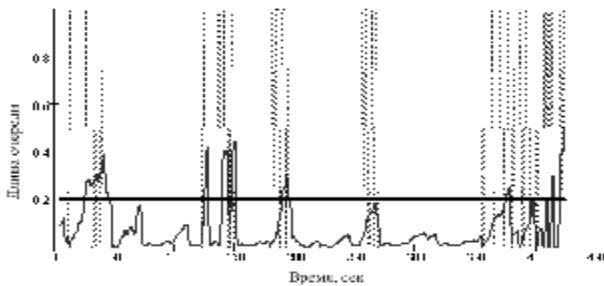


Рисунок 1 – Черга запитів і сигнали розпізнавання критичних рівнів завантаженості вузла для експерименту №1

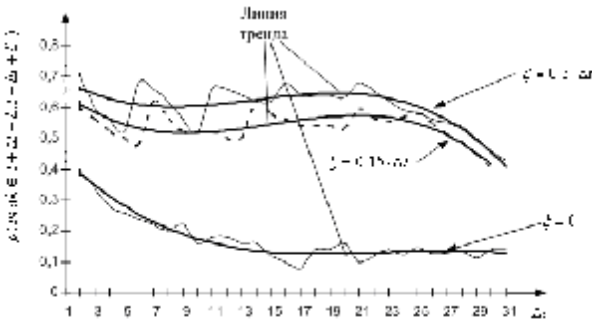


Рисунок 2 – Ймовірність правильного розпізнавання критичних рівнів завантаженості вузла для експерименту №1

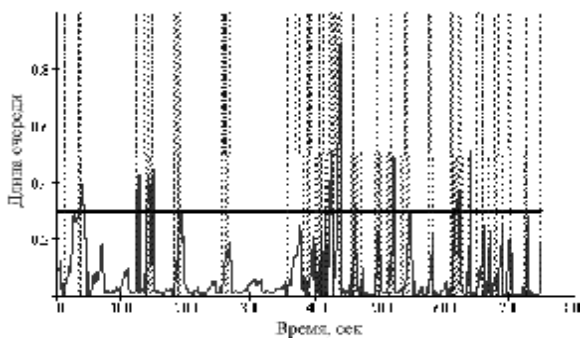


Рисунок 3 – Черга запитів і сигнали розпізнавання критичних рівнів завантаженості вузла для експерименту №2

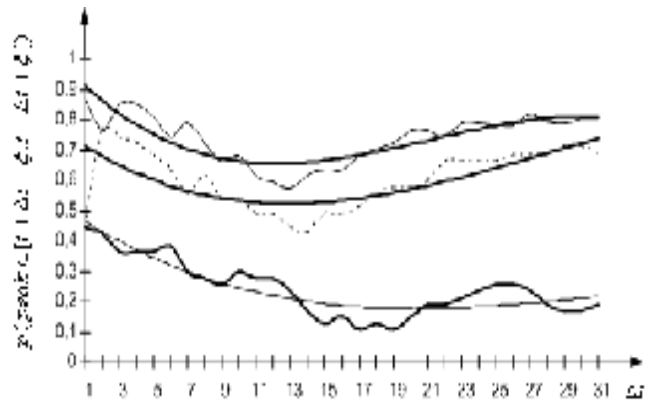


Рисунок 4 – Ймовірність правильного розпізнавання критичних рівнів завантаженості вузла для експерименту №2

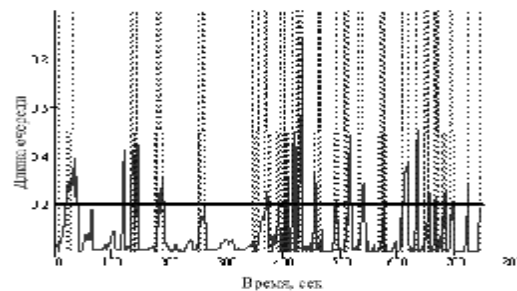


Рисунок 5 – Черга запитів і сигнали розпізнавання критичних рівнів завантаженості вузла для експерименту №3

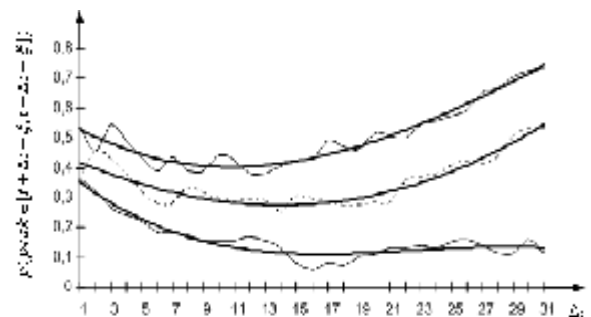


Рисунок 6 – Ймовірність правильного розпізнавання критичних рівнів завантаженості вузла для експерименту №3

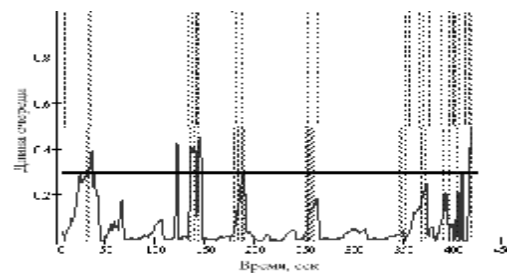


Рисунок 7 – Черга запитів і сигнали розпізнавання критичних рівнів завантаженості вузла для експерименту №4

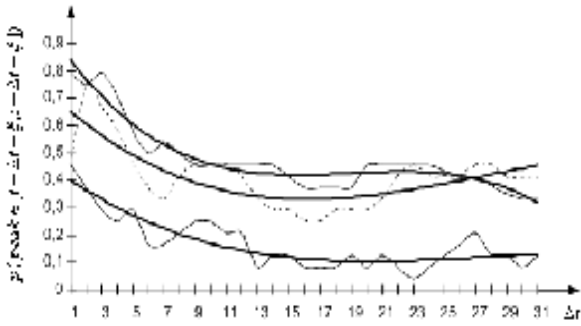


Рисунок 8 – Ймовірність правильного розпізнавання критичних рівнів завантаженості вузла для експерименту №4

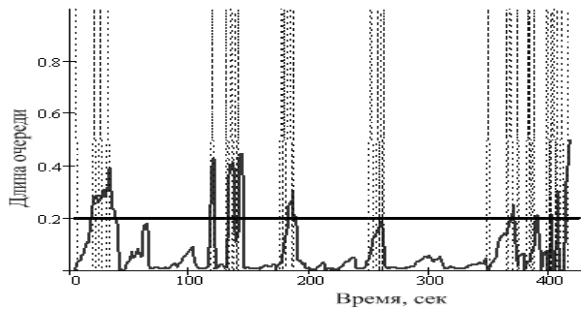


Рисунок 9 – Черга запитів і сигнали розпізнавання критичних рівнів завантаженості вузла для експерименту №5

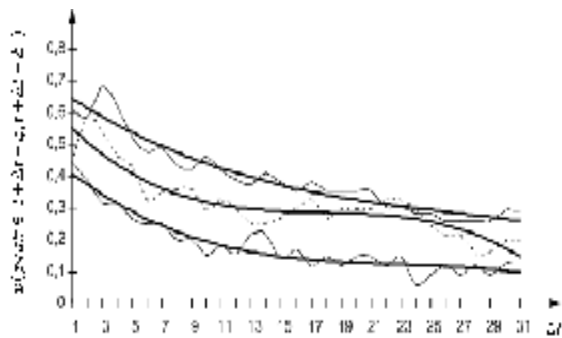


Рисунок 10 – Ймовірність правильного розпізнавання критичних рівнів завантаженості вузла для експерименту №5

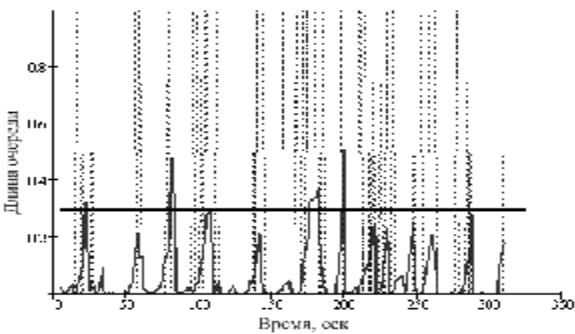


Рисунок 11 – Черга запитів і сигнали розпізнавання критичних рівнів завантаженості вузла для експерименту №6

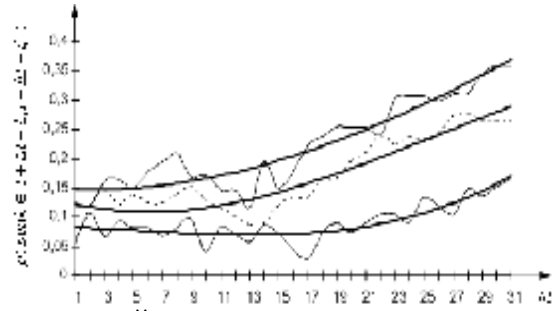


Рисунок 12 – Ймовірність правильного розпізнавання критичних рівнів завантаженості вузла для експерименту №6

На рисунках 1, 3, 5, 7, 9, 11 суцільною негоризонтальною лінією показана поведінка черги запитів. Вертикальні пунктирні лінії – це сигнали системи розпізнавання про можливість виникнення критичного значення рівня завантаженості вузла.

Як видно на рис. 1, система розпізнавання сигналізує про можливість настання критичного значення рівня завантаженості вузла (перевищення суцільної горизонтальної лінії) за час Δt до настання цього критичного значення.

При проведенні експерименту не здійснюється балансування завантаженості вузла за сигналами системи розпізнавання. Тому при входженні вузла в стан критичної завантаженості система розпізнавання весь час продовжує сигналізувати про настання критичного стану завантаженості.

Найбільш важливими при цьому є перші сигнали системи розпізнавання перед настанням критичного стану завантаженості, які включають надалі механізм балансування завантаженості вузла.

Практично всі сигнали, що передують критичній завантаженості, присутні, що доводить працездатність системи розпізнавання.

Існує два види помилок розпізнавання (прогнозування). Перший має місце тоді, коли від системи розпізнавання поступає сигнал про перевантаження, але перевантаження при цьому в майбутньому не спостерігається. Цей вид помилок не критичний, оскільки такі помилки викличуть лише включення механізму балансування навантаження, що не було необхідним.

Другий вид помилок – це помилки, які полягають в тому, що система розпізнавання не повідомляє про можливе входження вузла в критичний стан завантаженості, тоді як в майбутньому це відбувається. Такого виду помилки можуть призвести до входження вузла в критичний стан завантаженості на невизначений час, що є неприпустимим.

Як видно на рис. 1, є одна помилка, наближена до критичної (у околиці значення 25 вісі абсцис система сигналізує про входження вузла в критичний стан завантаженості практично у момент його настання). Явні помилки першого виду (некритичні) спостерігаються в околиці значення 260 вісі абсцис. Це пов'язано з тим, що динаміка наростання довжини черги в цій околиці вельми схожа на розвиток критичної ситуації, що і викликає помилки при розпізнаванні.

На рисунках 2, 4, 6, 8, 10, 12 показані графіки ймовірності правильного розпізнавання пікових навантажень в інтервалі часу $[t + \Delta t - x, t + \Delta t + x]$ при різних значеннях інтервалу Δt .

Усі три лінії тренду (використовується поліноміальний тренд 3-го ступеня) на рис. 2 мають тенденцію до пониження зі зростанням Δt . Це пояснюється тим, що зі зростанням інтервалу прогнозування (Δt) зростає ймовірність пропуску короткочасних піків і, отже, знижується ймовірність правильних класифікацій ситуацій завантаженості.

Особливий інтерес представляють зображені на графіках (рис. 2) точки зміни знаку першої похідної від функції ймовірності за Δt (на графіках для $x = 0.15 \cdot \Delta t$ і $x = 0.3 \cdot \Delta t$ в околиці значення $\Delta t = 9$).

Це пояснюється тим, що пониження ймовірності правильного розпізнавання пов'язано з пропуском найближчих до теперішнього моменту часу піків через зростання Δt . Проте, після досягнення деякого значення, інтервал часу прогнозування Δt стає таким, що система достатньо точно починає класифікувати «кожен другий» пік, особливо в тих випадках, коли піки виникають з деякою періодичністю, причому період варіюється в кінцевих межах.

Найбільше значення ймовірності правильного прогнозування до виникнення точок перегину приймає при значенні Δt , близькому до вибраного для навчання системи розпізнавання (у експерименті №1 – $2c$).

Інтервал прогнозування Δt не може бути меншим, ніж інтервал часу, необхідний для повного виконання своїх функцій механізмом балансування навантаження.

Виходячи з вищесказаного, оптимальне значення Δt знаходиться в інтервалі $[t_B, t_D]$, де t_B – час роботи механізму балансування, t_D – абсциса точки перегину на тренді графіку ймовірності правильного розпізнавання критичного рівня завантаженості.

Параметр x (рис. 2) має наступний сенс.

У зв'язку з тим, що межі класів ситуацій завантаженості мають нечітку природу через мінливість структури реального потоку запитів до вузла розподіленої системи, ймовірність точного прогнозу критичної завантаженості у фіксований момент часу $t + \Delta t$ невелика (графік на рис. 2 для $x = 0$). Сигнал про пікову завантаженість з набагато більшою ймовірністю може знаходитися в деякій околиці $(t + \Delta t) \pm x$. Про це свідчать графіки для значень $x = 0.15 \cdot \Delta t$ і $x = 0.3 \cdot \Delta t$.

Проте, зі збільшенням x збільшується і коливання значень графіків навколо лінії тренду (рис. 2). Іншими словами, падає рівень довіри значенням ймовірності правильного розпізнавання (довірча ймовірність).

Останнє пов'язано з тим, що при збільшенні

значення x підвищується ймовірність того, що в інтервал $[t + \Delta t - x, t + \Delta t + x]$ потраплять сигнали системи розпізнавання, що належать до критичного рівня завантаженості, відмінного від того, що розглядається. Це порушує загальні статистичні характеристики правильного розпізнавання критичних ситуацій і може призвести до не виправдано оптимістичних очікувань.

Таким чином, вибір x , як і вибір Δt , також є компромісною задачею. З одного боку, збільшення x веде до підвищення ймовірності правильного сигналу системи розпізнавання про можливий критичний рівень завантаженості, з іншого боку – рівень довіри цій ймовірності падає.

Висновки. Проведені експериментальні дослідження та їх аналіз дозволяють зробити наступні висновки:

- розроблений метод прогнозування завантаженості вузлів розподіленої системи на основі системи розпізнавання образів дає достатньо стійкі прогнози при різних довжинах і параметрах повчальної вибірки і потоків запитів, що розпізнаються;
- експериментами встановлено, що критичні помилки розпізнавання спостерігаються вкрай рідко;
- час прогнозування Δt , за якого система розпізнавання дає стійкі прогнози, повинен знаходитися в інтервалі $2 - 6c$;
- оптимальне значення параметра x , що враховує нечіткість розмежування класів, знаходиться в інтервалі $0 \div 0.3 \cdot \Delta t c$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Луговой А.В., Герасименко С.А., Цвентарний Р.С., Болдак А.О. Статистична модель потоку запитів до вузла розподіленої інформаційної системи // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету, 2007. – Вип.6/2007 (47). Ч. 1. – С. 16 – 20.
2. Фукунага К. Введение в статистическую теорию распознавания образов: Пер. с англ. – М.: Наука, 1979. – 368 с.
3. Бузовский О.В., Болдак А.А., Мохамед Руми М.Х. Компьютерная обработка изображений. – К.: «Корнійчук», 2001. – 180 с.
4. Четыркин Е. М. Статистические методы прогнозирования. – М.: Статистика, 1997.
5. Луговой А.В., Герасименко С.А., Цвентарний Р.С., Болдак А.О. Особливості прогнозування завантаженості вузлів розподіленої інформаційної системи методом розпізнавання образів // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету, 2008. – Вип.2/2008 (49). Ч. 1.
6. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 400 с.

Стаття надійшла 15.02.2008.
Рекомендовано до друку доц.
Сисюком Г.Ю.