

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДМОВ В ОБСЛУГОВУВАННІ ПРИСТРОІВ ТЕРМІНАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

УДК 004.942:519.25

ПРИХОДЬКО Сергій Борисович

д.т.н., професор, завідувач кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова.

Наукові інтереси: математичне моделювання випадкових процесів в інформаційних технологіях.

E-mail: sergiy.prykhodko@nuos.edu.ua.

МАКАРОВА Лідія Миколаївна

пошукувач, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Наукові інтереси: математичне моделювання випадкових процесів в інформаційних технологіях.

E-mail: lidiya@ultra.mk.ua.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На даний час банківські платіжні картки є невід'ємним інструментом проведення грошових розрахунків, до того ж спостерігається стійка тенденція до збільшення кількості операцій, які проводяться в безготівковій формі з використанням пристроїв термінальної мережі – банкоматів та інформаційно-платіжних терміналів самообслуговування (ІПТС), що вже давно перетворилося в вимогу сучасності. Розширення мережі таких пристроїв стало для банків способом скоротити черги у своїх відділеннях та можливість підвищити свою присутність в місцях з високою прохідністю – торгово-розважальних центрах, супермаркетах та інших – за рахунок навантаження банкоматів і ІПТС масою додаткових функцій, перетворюючи їх на виносний міні-офіс банку [1, 2].

Показником ефективності роботи термінальної мережі, крім кількості та суми транзакцій, доходу від проведених операцій, слід вважати також якість обслуговування клієнтів, що характеризує надійність роботи термінальної мережі з технічної сторони. Це, в свою чергу, залежить зокрема і від швидкого відновлення працездатності пристроїв термінальної мережі після стану відмови в обслуговуванні [3].

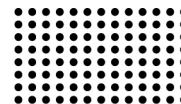
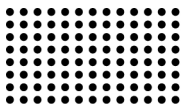
Таким чином, проблема зменшення середнього часу відновлення працездатності пристроїв термінальної мережі,

складовою частиною якої є задача прогнозування відмов в обслуговуванні пристроїв та своєчасна їх ліквідація, є актуальною для нормального обслуговування банківських платіжних карт та функціонування термінальної мережі банків.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У тому чи іншому вигляді автоматизовані системи (АС) переробки інформації термінальної мережі пропонують всі виробники термінальних пристроїв. Найбільші виробники банкоматів – компанії NCR Corporation, Diebold Incorporated і Wincor Nixdorf International GmbH – пропонують власні системи моніторингу, розроблені для своїх пристроїв. На ринку інформаційно-платіжних терміналів самообслуговування (ІПТС) на даний момент спостерігається значно більша різноманітність. Крім компаній-виробників терміналів, існують компанії-інтегратори, що надають процесингові послуги термінальних мереж прийому платежів, до яких можна підключати пристрої різних виробників: платіжна система iBox, 24nonStop, мультипроцесингова система "Кит" та інші. АС переробки інформації, моніторингу та контролю стану пристроїв термінальної мережі в даному випадку є складовими частинами таких мереж.

Ряд виробників терміналів розробляють власне програмне забезпечення для своїх пристроїв. Банки-власники ІПТС



використовують процесингові системи власної розробки, опис яких у відкритих джерелах відсутній. Крім того, на ринку широко представлені мультивендорні системи моніторингу та управління термінальними мережами сторонніх виробників, розраховані на одночасну роботу в мережі пристроїв різних виробників, наприклад, ATM Monitor, ATM Service, ATM Analyst від компанії «Банківські інформаційні технології» [4], X4WEB, ATM Report від компанії PЕNOME-SМАRT, M3 Operation, M3 ATM Monitoring System від компанії «ЛАН АТМ-сервіс» групи компаній ЛАНІТ та інші.

Недоліком розглянутих АС переробки інформації термінальної мережі є те, що вони працюють тільки з подіями, що відбулися і не дають можливості прогнозувати відмови в обслуговуванні і час відновлення працездатності пристроїв термінальної мережі. Додавання до розглянутих АС переробки інформації термінальної мережі підсистеми прогнозування відмов в обслуговуванні і часу відновлення працездатності пристроїв дозволить скоротити час простою пристроїв в стані відмови в обслуговуванні і час відновлення працездатності пристроїв, мінімізувати необхідні комплекти ЗІП і підвищити якість обслуговування клієнтів термінальної мережі.

В силу ряду причин на сьогоднішній день питанням прогнозування відмов в обслуговуванні та часу відновлення працездатності пристроїв термінальної мережі не приділяється належної уваги [5]. Вирішення цих питань можливе при використанні математичного апарату і методів дослідження теорії надійності, а також відповідних програмних комплексів, які дають можливість прогнозування виходу з ладу окремих компонентів пристроїв і розрахунку необхідного комплекту ЗІП.

Для вирішення задачі прогнозування відмов в обслуговуванні пристроїв термінальної мережі неможливо застосувати ані універсальні програмні комплекси, наприклад, NASTRAN, ASKA, COSMOS, ANSYS та інші, які орієнтовані на проектування машинобудівних виробів, ані спеціалізовані програмні комплекси, наприклад, АСОНІКА, які орієнтовані на проектування радіоелектронної апаратури. Крім того, особливостями наведених програмних комплексів, які не дозволяють використовувати їх для вирішення поставленої задачі, являються орієнтованість на проектування нових виробів, а не на експлуатацію існуючих, та моделювання фізичних процесів (конструкційних, теплових, акустичних, вібраційних, електромагнітних та інших) і їх сукупностей, що протікають у виробі.

Розглядаючи програмні комплекси, які працюють безпосередньо з комплектами ЗІП, такі, як АСОНІКА-К-ЗІП, РОК-ЗЗРСИЗ, Інтеллект-ЗІП та інші, треба відмітити, що їх також не можна використовувати для вирішення поставленої задачі, тому що вони працюють з радіоелектронної апаратури і мають ряд обмежень, наприклад, послідовне з'єднання елементів, експоненційний закон розподілу часу напрацювання до відмови з постійним параметром λ [6], що, як було показано в [7] не підходить для розглянутого випадку термінальної мережі. Крім того, оптимізація комплекту ЗІП в наведених програмних комплексах проводиться за показником достатності (коефіцієнт готовності запасу), що не завжди однозначно покращує показник надійності роботи самого пристрою та може призвести до збільшення вартості комплекту ЗІП [8].

Все вищевикладене не дозволяє використовувати подібні програмні комплекси для вирішення задачі прогнозування відмов в обслуговуванні та часу відновлення працездатності пристроїв термінальної мережі і потребує створення відповідної ІТ прогнозування відмов в обслуговуванні пристроїв термінальної мережі.

Метою статті є створення ІТ прогнозування відмов в обслуговуванні пристроїв термінальної мережі для підвищення достовірності прогнозування роботи, зменшення середнього часу відновлення працездатності та підвищення якості обслуговування клієнтів.

ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Існує декілька визначень терміну "Інформаційна технологія", кожне з яких підкреслює певний його бік. Так, [9] наголошує на системі процесів, методів і способів переробки інформації, [10] акцентує увагу на сукупності моделей і методів, а також виробничих процесів і програмно-технічних засобів, що забезпечують обробку даних. Розглянемо моделі та АС, на основі яких була розроблена пропонувана ІТ.

Пропонувана ІТ була розроблена на основі математичних моделей, наведених в [7, 11 – 15] та АС переробки інформації з відмов в обслуговуванні пристроїв термінальної мережі [16].

Основними цілями побудови пропонуваної ІТ є мінімізація витрат з обслуговування і підвищення якості обслуговування клієнтів термінальної мережі.

Задачі, які вирішуються за допомогою пропонуваної ІТ:

- складання бюджету на наступний період (планування закупівлі ЗІП, витрат на відрядження сервісних інженерів, витрати ПММ);

- розподіл запасних частин та планування робочого часу сервісних інженерів по регіональним підрозділам, який краще враховує розподіл емпіричних даних;

- альтернативний часовий моніторинг стану терміналів по попередженням виходу з ладу вузлів пристроїв термінальної мережі;

- надання інформації для служби підтримки клієнтів (CALL-центру) про прогнозний час відновлення працездатності пристрою, що вийшов з ладу.

Періодом планування може бути квартал або місяць. Причини коригування: зміна кількості експлуатованих пристроїв або зміна відстані до пристроїв (переміщення пристроїв, що знаходяться в експлуатації, або введення в експлуатацію нових пристроїв). Основою побудови ІТ служить існуюча в більшості банків система контролю та обліку стану термінальної мережі.

Автоматизована система, згідно [9, 10], являє собою систему, що складається з персоналу і комплексу засобів автоматизації його діяльності, що реалізує інформаційну технологію виконання встановлених функцій. На практиці всередині АС виділяють кілька підсистем, необхідність такої дії зазвичай буває викликана організаційними і фінансовими причинами. Функціональна підсистема – складова частина автоматизованої системи, що реалізує одну або кілька близьких функцій. Носій функціональної ролі – користувач, безпосередньо зайнятий в автоматизованій діяльності, який бере участь у виконанні певних функцій системи на певних етапах.

Всередині АС виділяють також компоненти – частини АС, з яких вона будується в об'єктивній реальності. Система фізично складається зі своїх компонентів, тому розподіл автоматизованої системи на компоненти носить найбільш об'єктивний характер. Компонентами АС є обладнання, програми, і в деякому роді, користувачі.

Кожен вид забезпечення об'єднує в собі компоненти або технічні рішення певного характеру. У [9, 10] наводяться різні види забезпечення АС: організаційне, методичне, технічне, математичне, програмне, інформаційне, лінгвістичне, правове, ергономічне.

Модифікована архітектура автоматизованої системи переробки інформації для прогнозування відмов в обслуговуванні пристроїв термінальної мережі приведена на рис. 1.

БД пристроїв термінальної мережі наповнюється даними про відмови в обслуговуванні пристроїв на підставі інформації автоматичного моніторингу термінальної мережі, звітів сервісних інженерів і сформованих заявок CALL-центру на усунення збоїв за зверненнями клієнтів. На підставі цих даних формується вибірка статистичних даних, яка передається в підсистему розрахунку. Підсистема розрахунку являє собою незалежний програмний продукт – окрему комп'ютерну програму з візуальним інтерфейсом "ATMStat" [17]. В якості мови програмування для розробки програми була обрана крос-платформенна об'єктно-орієнтована мова програмування Java. Результатом роботи підсистеми розрахунку виступають три файли параметрів розподілів: для нормалізації часу напруження між відмовами, відстані до пристроїв і часу відновлення працездатності пристроїв термінальної мережі. На підставі запиту, що надійшов або із CALL-центру (вхідні дані - вид пристрою, тип помилки, відстань до пристрою), або із підсистеми обліку нерівномірності використання ресурсів (вхідні дані - вид пристрою, тип помилки, час попереднього виходу з ладу) і параметрів конкретного розподілу, переданих з файлу результатів, підсистема отримання ймовірнісної оцінки повертає або прогнозний час відновлення працездатності, або довірчий інтервал ймовірності виходу з ладу пристрою термінальної мережі у відповідну підсистему. CALL-центр отримує необхідну для цього детальну інформацію про конкретну відмову в обслуговуванні із БД пристроїв термінальної мережі. Підсистема обліку нерівномірності використання ресурсів, у свою чергу, отримує інформацію про пристрої термінальної мережі та останні виходи з ладу із БД пристроїв термінальної мережі, видає прогноз по регіонам та прогноз за часом в підсистему розподілення ресурсів за періодами, яка, отримавши інформацію про поточний стан та план розвитку термінальної мережі із БД пристроїв термінальної мережі, видає автоматичний прогноз використання ресурсів аналітику, від якого отримує план використання ресурсів, або проект бюджету ОПР, від якої отримує рішення про придбання ТМЦ та графік роботи персоналу.

Інженерна методика, яка використовується для статистичної обробки емпіричних даних з відмов в обслуговуванні пристроїв термінальної мережі розроблена з урахуванням комп'ютерної програми "ATMStat".

На відміну від АС переробки інформації з відмов в обслуговуванні пристроїв термінальної мережі, наведеної в [16], в модифікованій АС переробки інформації для прогнозування

відмов в обслуговуванні пристроїв термінальної мережі підсистема розрахунку доповнена модулем прогнозування часу відновлення працездатності пристроїв термінальної мережі, в якому моделювання залежної змінної у рівняння

регресії проводиться не по середньому значенню, а згідно повного рівняння регресії, включаючи випадкову помилку ϵ . Розглянемо процес моделювання більш детально.

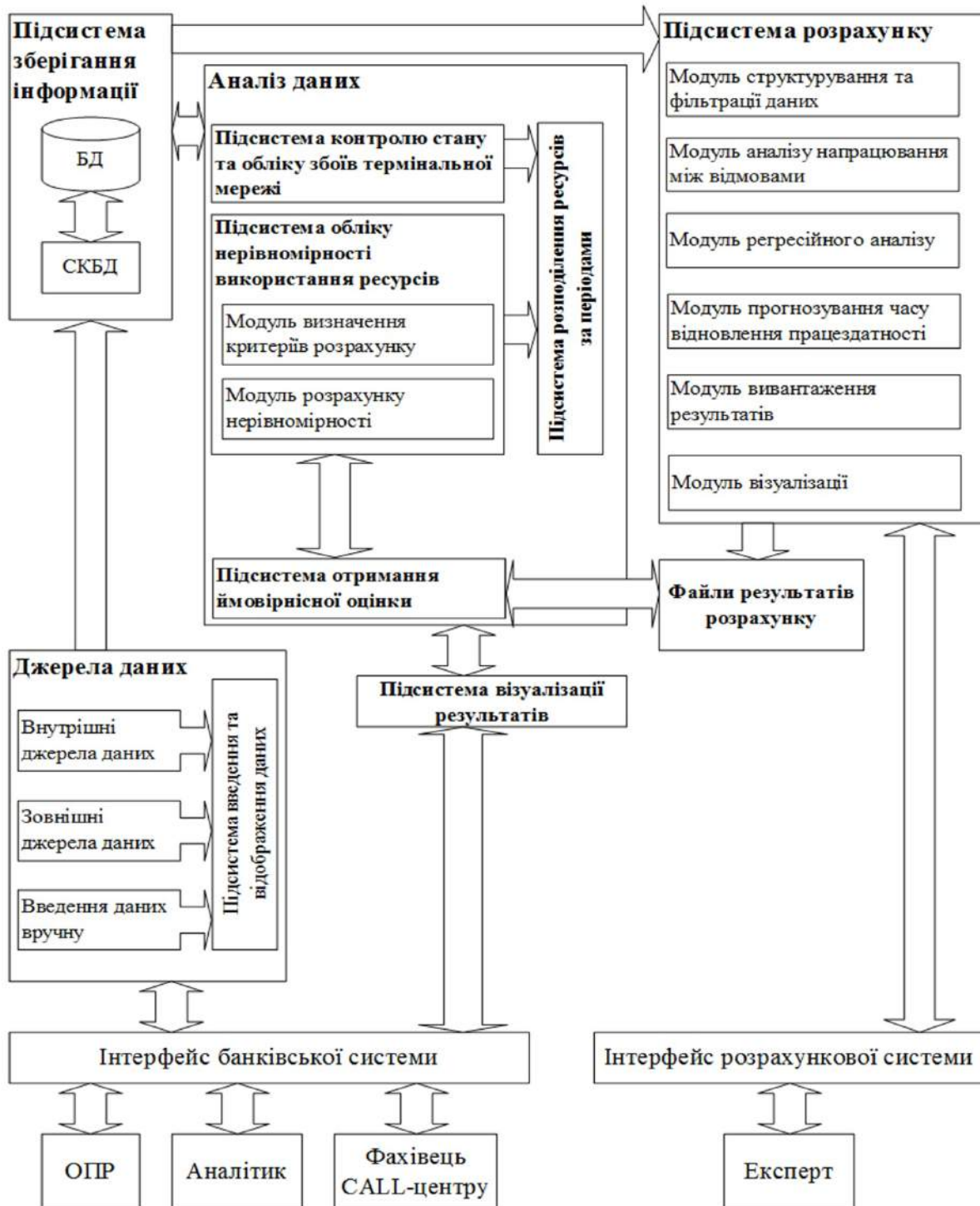


Рисунок 1. Модифікована архітектура автоматизованої системи переробки інформації для прогнозування відмов в обслуговуванні пристроїв термінальної мережі

В загальному вигляді регресійна модель може бути представлена рівнянням:

$$y = \bar{y} + \varepsilon_t = f(x) + \varepsilon_t; \quad (1)$$

де y – залежна змінна, або результативна ознака; $f(x)$ – функція, яка визначає вид регресійної моделі: нелінійна або лінійна; x – незалежна змінна, або фактор; ε_t – випадкова помилка, або збурення.

В якості випадкових величин (ВВ) приймемо: ВВ x – відстань від центру обслуговування до термінального пристрою, м; ВВ y – час відновлення працездатності термінального пристрою, хв. Оскільки ВВ x та ВВ y не підпорядковуються нормальному закону розподілу ВВ, нормалізуємо вихідні ВВ за допомогою нормалізуючого перетворення Джонсона, яке в загальному вигляді має вид [18]:

$$z = \gamma + \eta h(x, \phi, \lambda); \quad (2)$$

$$-\infty < \gamma < \infty; \eta > 0; -\infty < \phi < \infty; \lambda > 0;$$

де z – нормована нормально розподілена ВВ; h – нелінійна функція певної сім'ї розподілів Джонсона; $\gamma, \eta, \phi, \lambda$ – параметри перетворення, причому γ та η – параметри форми, ϕ – параметр зсуву, λ – параметр масштабу; x – ВВ, яка нормалізується.

Для аналізованого випадку часу відновлення працездатності пристроїв термінальної мережі була обрана сім'я розподілів Джонсона S_B [13], для якої нелінійна функція h має вигляд:

$$h_2(x, \phi, \lambda) = \ln\left(\frac{\tilde{x}}{1 - \tilde{x}}\right); \quad (3)$$

$$\phi < x < \phi + \lambda;$$

$$\text{де } \tilde{x} = \frac{x - \phi}{\lambda},$$

а функція щільності ймовірності має вигляд [19]:

$$f_B(x) = \frac{\eta \lambda}{\sqrt{2\pi}(x - \phi)(\lambda + \phi - x)} \cdot \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\gamma + \eta \ln\left(\frac{x - \phi}{\lambda + \phi - x}\right)\right]^2\right\} \quad (4)$$

$$\phi < x < \phi + \lambda; \eta > 0; -\infty < \gamma < \infty; \lambda > 0; -\infty < \phi < \infty.$$

Перетворення (2) має зворотне перетворення:

$$x = \phi + \lambda h^{-1}(z, \gamma, \eta); \quad (5)$$

$$-\infty < \gamma < \infty; \eta > 0; -\infty < \phi < \infty; \lambda > 0;$$

де x – ВВ з розподілом Джонсона; h^{-1} – нелінійна функція певної сім'ї розподілів Джонсона; $\gamma, \eta, \phi, \lambda$ – параметри перетворення або розподілу Джонсона; z – нормально розподілена випадкова величина з математичним сподіванням нуль і дисперсією одиниця.

Для обраної сім'ї розподілів Джонсона S_B нелінійна функція h^{-1} має вигляд:

$$h_2^{-1}(z, \gamma, \eta) = \frac{1}{1 + e^{-\zeta}}; \quad (6)$$

$$\zeta = \frac{z - \gamma}{\eta}$$

де

(1- α)% інтервал прогнозування лінійного рівняння регресії можна оцінити, використовуючи наступне співвідношення [20]:

$$Y = \hat{Y}_0 \pm t_{(\alpha/2, n-2)} \cdot S \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{S_{xx}}}; \quad (7)$$

де \hat{Y}_0 – значення y , розраховане за рівнянням регресії; $t_{(\alpha/2, n-2)}$ – квантіль t -розподілу Стюдента; α – рівень значущості; n – кількість значень ВВ у вибірці;

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}; S_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2.$$

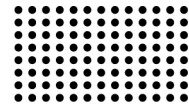
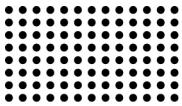
Перехід до (1- α)% інтервалу прогнозування нелінійного рівняння регресії можна здійснити, використовуючи побудований (1- α)% інтервал прогнозування лінійного рівняння регресії (7) та зворотне перетворення Джонсона (5) для сім'ї S_B (6).

95% інтервал прогнозування нелінійного рівняння регресії часу відновлення працездатності пристроїв термінальної мережі представлений на рис. 2.

Моделювання ВВ x та ВВ y у виконано методом виключення (методом фон Неймана) згідно алгоритма, наведеного в [21]. При виконанні нерівності:

$$y_i \leq f_B(x_i) \quad (8)$$

вважається, що отримано необхідне значення. Згенерована таким чином пара значень (x_i, y_i) визначає точку в координатній площини $x - f(x)$ (див. рис. 2) і потрапляє в



95% інтервал прогнозування нелінійного рівняння регресії часу відновлення працездатності пристроїв термінальної мережі.

Для вирішення наведених вище задач необхідно виконати аналіз статистичних даних про відмови в обслуговуванні пристроїв термінальної мережі. Дані отримуються з інформаційної системи контролю та обліку стану термінальної мережі (або за допомогою прямого доступу до БД, або з файлу). Експерт на підставі отриманих даних виконує оцінювання часу напрацювання між відмовами пристроїв термінальної мережі та довірчих інтервалів

точкових оцінок вибіркового середнього і середньоквадратичного відхилення і побудову нелінійних регресійних моделей та довірчого інтервалу нелінійного рівняння регресії. Результатом його роботи є файли результатів розрахунку, які містять знайдені параметри законів розподілу емпіричних даних і нелінійних рівнянь регресії. Ці файли передаються в банківську систему для роботи виконуваного розрахункового модуля (java-бібліотеки), інтегрованого в банківську систему.

Подальший алгоритм роботи залежить від вирішуваної задачі.

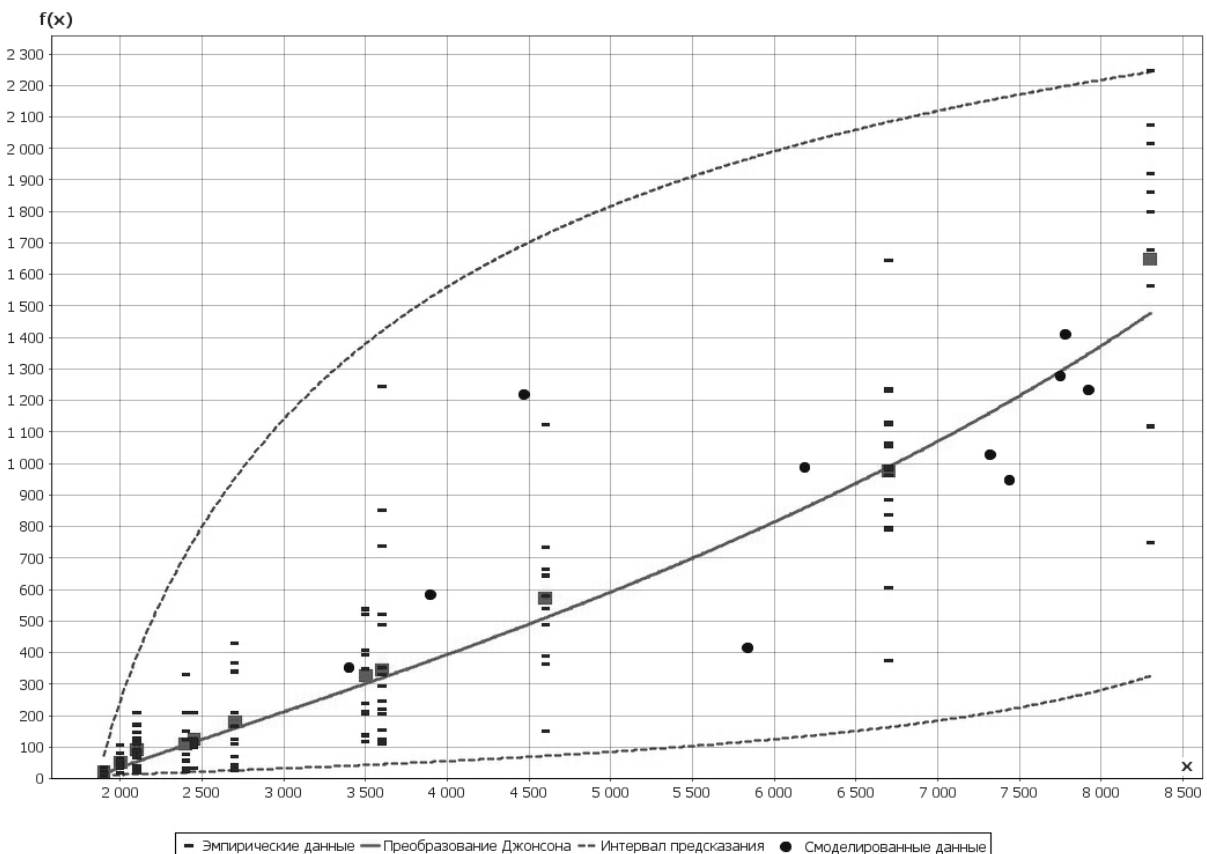


Рисунок 2. 95% інтервал прогнозування нелінійного рівняння регресії часу відновлення працездатності пристроїв термінальної мережі та змодельовані значення BB

Задача 1. Бюджетування (складання бюджету на наступний період).

Використовується розрахунок ймовірності виходу з ладу пристрою термінальної мережі. Аналітик на підставі прогнозу, наданого виконуваним розрахунковим модулем, поточного стану та існуючих планів розвитку термінальної мережі визначає необхідну кількість ЗІП за періо-

дами бюджетування (зазвичай помісячно) і надає ці дані ОПР для внесення в бюджет банку.

Задача 2. Розподіл запасних частин та планування робочого часу сервісних інженерів по регіональним підрозділам, який краще враховує емпіричні дані.

Використовується як розрахунок ймовірності виходу з ладу пристрою термінальної мережі, так і розрахунок прогнозного часу відновлення працездатності пристрою

термінальної мережі, тому що час, витрачений фахівцем технічної підтримки терміналів залежить як від кількості збоїв, так і від тривалості відновлення працездатності, відповідно, необхідно враховувати обидва ці чинники. На відміну від попередньої задачі, аналітик виконує розрахунок з урахуванням розподілу пристроїв термінальної мережі по одиницях територіального поділу підрозділів банку і готує заявки для переміщення необхідних ЗІП до відповідних складів, які обслуговують певні територіальні підрозділи. Аналітик на підставі прогнозу, наданого виконуваним розрахунковим модулем, планує завантаження персоналу і розподіл робочого часу, а також складає графік відпусток.

Задача 3. Альтернативний часовий моніторинг стану терміналів по попередженням виходу з ладу вузлів пристроїв термінальної мережі.

Використовується розрахунок ймовірності виходу з ладу пристрою термінальної мережі. Аналітик на підставі прогнозу, наданого виконуваним розрахунковим модулем, визначає пристрої, вихід з ладу яких можливий ближчим часом для завчасної заміни вузлів, які вичерпали свій ресурс. Є доповненням до штатної системи моніторингу роботи пристроїв термінальної мережі.

Забезпечує завчасну заміну вузлів, які майже вичерпали свій ресурс. Така заміна раніше проводилась тільки на основі вбудованої системи моніторингу пристроїв термінальної мережі після вичерпання вузлом передбаченої ресурсної кількості операцій (прийом/видача купюр, друк чеків, зчитування карт), що було поєднано із відмовами в обслуговуванні клієнтів термінальної мережі. Враховує не тільки нерівномірність навантаження на різні пристрої, але також і той факт, що старіння і вихід з ладу вузлів визначається не тільки кількістю спрацьовувань, а й часом експлуатації.

Задача 4. Надання інформації для служби підтримки клієнтів (CALL-центру).

Використовується розрахунок прогнозного часу відновлення працездатності пристрою термінальної мережі. Фахівець CALL-центру при виході з ладу пристрою термінальної мережі повинен до виїзду на місце сервісного інженера мати прогнозний час відновлення працездатності пристрою, який береться на підставі прогнозу, наданого виконуваним розрахунковим модулем.

Для підтримки в актуальному стані знайдених в результаті розрахунку параметрів законів розподілу емпіричних даних і нелінійних рівнянь регресії на підставі нових статистичних даних з відмов пристроїв термінальної мережі потрібно періодично проводити їх повторні розрахунки (зазвичай, кожні шість місяців). Послідовність дій аналогічна первинному аналізу та розрахунку і виконується експертом.

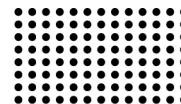
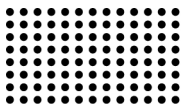
ВИСНОВКИ

Розроблена ІТ прогнозування відмов в обслуговуванні пристроїв термінальної мережі для підвищення достовірності прогнозування роботи пристроїв. В основу ІТ покладено побудовані математичні моделі – ймовірнісну модель часу напрацювання між відмовами та нелінійну регресійну модель часу відновлення працездатності пристроїв термінальної мережі на основі нормалізуючого перетворення Джонсона сім'ї S_B – і розроблену комп'ютерну програму "ATMStat".

Впровадження розробленої ІТ дозволило усунути недоліки, які існували в системі бюджетування, підвищити якість обслуговування клієнтів термінальної мережі за рахунок зменшення середнього часу відновлення працездатності пристроїв термінальної мережі, мінімізувати витрати з обслуговування термінальної мережі за рахунок створення обґрунтованого складу ЗІП.

ЛІТЕРАТУРА

1. Sovremennij bankomat – tochka dostupa [Elektronnij resurs] / Rezhim dostupu: \www/ URL: <http://www.cnews.ru/reviews/free/banks2012/articles/articles16.shtml> – 07.12.2014 r. – Zagol. z ekranu.
2. Opyt postroeniya seti terminalov samoobslyzhivaniya v kreditnyh kooperativah [Elektronnij resurs] / Rezhim dostupu: \www/ URL: <http://www.itvolga.com/blog/item/141-plat-terminal.html> – 07.12.2014 r. – Zagol. z ekranu.
3. Nasha cel' – bank v shagovoj dostupnosti [Elektronnij resurs] / Rezhim dostupu: <http://www.inpas.ru/publications/78/> – 05.04.2012 r. – Zagol. z ekranu.
4. Kachestvo raboty bankomatnoj seti [Elektronnij resurs] / Rezhim dostupu: \www/ URL: <http://www.belvit.com/publ/2-1-0-44> – 07.12.2014 r. – Zagol. z ekranu.



5. ITSM i monitoring setej samoobsluzhivaniya [Elektronnij resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.int-bank.ru/analyst/solutions/116/> – 05.04.2012 r. – Zagol. z ekranu.
6. Sistema ASONIKA-K-ZIP [Elektronnij resurs] / Rezhim dostupa: \www/ URL: <http://www.asonika-k.ru/index.php/Opisanie-PS/d3.html> – 07.12.2014 r. – Zagol. z ekranu.
7. Prihod'ko, S.B. Vybór analiticheskoy modeli zakona raspredeleniya vremeni narabotki mezhdú otkazami ustrojstv terminal'noj seti [Tekst] / S.B. Prihod'ko, L.N. Makarova // Naukovi praci: naukovo-metodichnij zhurnal. – Vip. 179. T. 191. Komp`juterni tehnologii. – Mikolaiv: Vid-vo ChDU im. Petra Mogili, 2012. – S.42-45.
8. Cherkesov, G.N. O kriterijah vybora komplektov ZIP [Tekst] / G.N. Cherkesov // Nadjozhnost'. – 2013. – №2 (45). – S.3-18.
9. DSTU 2226-93. Avtomatizovani sistemi. Termini ta viznachennja [Tekst]. – Nadano chinnosti 1994-07-01. – K.: Derzhstandart Ukraïni, 1994. – 92 s.
10. GOST 34.003-90. Informacionnaja tehnologija. Kompleks standartov na avtomatizirovannye sistemy. Avtomatizirovannye sistemy. Terminy i opredelenija [Tekst]. – Vved. 1992-01-01. – M.: Standartinform, 2009. – 16 s.
11. Prihod'ko, S.B. Analiticheskaja zavisimost' dlja vybora raspredelenija Dzhonsona semejstva SL [Tekst] / S.B. Prihod'ko, L.N. Makarova // Vestnik HNTU. – Herson: HNTU, 2012. – №2 (45). – S.101-104.
12. Prihod'ko, S.B. Opredelenie doveritel'nyh intervalov statisticheskikh momentov vremeni narabotki mezhdú otkazami ustrojstv terminal'noj seti [Tekst] / S.B. Prihod'ko, L.N. Makarova // Naukovi praci: naukovo-metodichnij zhurnal. – Vip. 201. T. 213. Komp`juterni tehnologii. – Mikolaiv: Vid-vo ChDU im. Petra Mogili, 2013. – S.82-86.
13. Prihod'ko, S.B. Postroenie nelinejnoj regressionnoj modeli vremeni vosstanovlenija rabotosposobnosti ustrojstv terminal'noj seti [Tekst] / S.B. Prihod'ko, L.N. Makarova // Problemy informacionnyh tehnologij. – Herson: HNTU, 2014. – №01 (015). – S.97-102.
14. Prihod'ko, S.B. Postroenie doveritel'nogo intervala nelinejnogo uravnenija regressii vremeni vosstanovlenija rabotosposobnosti ustrojstv terminal'noj seti [Tekst] / S.B. Prihod'ko, L.N. Makarova // Naukovi praci: naukovo-metodichnij zhurnal. – Vip. 225. T. 237. Komp`juterni tehnologii. – Mikolaiv: Vid-vo ChDU im. Petra Mogili, 2014. – S.73-77.
15. Prihod'ko, S.B. Doveritel'nyj interval nelinejnoj regressii vremeni vosstanovlenija rabotosposobnosti ustrojstv terminal'noj seti [Tekst] / S.B. Prihod'ko, L.N. Makarova // Vostochno-evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij. Matematika i kibernetika – prikladnye aspekty. – T. 3/4 (69). – Har'kov: ChP "Tehnologicheskij centr", 2014. – S.26-31.
16. Prihod'ko, S.B. Informacijna tehnologija pererobki informacii z vidmov v obslugoivuvanni pristroiv terminal'noi merezhi [Tekst] / S.B. Prihod'ko, L.N. Makarova // Naukovi praci: naukovo-metodichnij zhurnal. – Vip. 238. T. 250. Komp`juterni tehnologii. – Mikolaiv: Vid-vo ChDU im. Petra Mogili, 2014. – S.105-109.
17. Svidoctvo pro reestraciju avtors'kogo prava na tvir №59107. Komp`juterna programa "ATMStat" [Tekst] / Makarova L.M. – Zajavl. 04.02.2015; vidano 01.04.2015. – 1 s.
18. Kendall, M. Teorija raspredelenij [Tekst] / M. Kendall, A. St'juart – M.: Nauka, 1966. – 588 s.
19. Kovalenko, I.I. Suchasni metodi statistichnogo analizu danih: Navchal'nij posibnik [Tekst] / I.I. Kovalenko, S.B. Prihod'ko, L.O. Latans'ka. – Mikolaiv: NUK, 2011. – 192 s.
20. Ryan, Thomas P. Modern Regression Methods [Text] / Thomas P. Ryan – Wiley, 2008. – 672 p.
21. Utkin, V.B. Informacionnye sistemy v jekonomike: ucheb. dlja stud. vyssh. ucheb. zavedenij [Tekst] / V.B. Utkin, K.V. Baldin. – M.: Izdatel'skij centr "Akademija", 2010. – 288 s.