УДК 623.396

д.т.н., проф. **Боровик О.В**. (НАДПСУ)
Гащук І.В. (НАДПСУ)
Андрєєв А.А. (ХмНУ)

ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОГРАМНОГО ДОДАТКУ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ І ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

У статті обгрунтована структура та проаналізовано функціональні особливості інформаційної системи автоматизації контролю і прогнозування технічного стану радіотехнічних систем.

Опрацьований програмний додаток реалізує авторський алгоритм відшукання значень інтенсивностей відмов і відновлень технічних систем на основі застосування методів імітаційного моделювання. У результаті розробки отримано інформаційну систему автоматизації контролю і прогнозування технічного стану радіотехнічних систем.

Отримані результати дають можливість автоматизувати адаптивне прогнозування технічного стану радіотехнічних систем.

Ключові слова: інформаційна система, прогнозування, технічний стан, радіотехнічна система.

Вступ. На даний момент складні технічні системи (СТС) різного призначення характеризуються конструктивною складністю та необхідністю функціональної системної узгодженості їх елементів. Особливо це характерно для радіотехнічних систем. Ефективність

СТС залежить не лише від їх структури та властивостей, а й від успішного управління цими системами. Тому завдання розробки методів вимірювання параметрів СТС, загалом, і радіотехнічних систем, зокрема, є достатньо актуальним. При цьому розв'язування задач моделювання і прогнозування процесів в СТС передбачає вирішення актуальної задачі підвищення якості прогнозування. Проблемність останньої полягає в тому, що прогнозування відбувається в умовах наявності невизначеностей структурного, параметричного і статистичного характеру [1-3]. Це визначає актуальність задачі автоматизації контролю і прогнозування технічного стану СТС, загалом, і радіотехнічних систем, зокрема.

Для вирішення вказаної задачі авторами було запропоновано підхід до побудови адаптивної системи прогнозування процесів СТС за допомогою комплексних показників надійності на основі нестаціонарних марковських процесів з працездатним і непрацездатним станами x_0, x_1, відповідно:

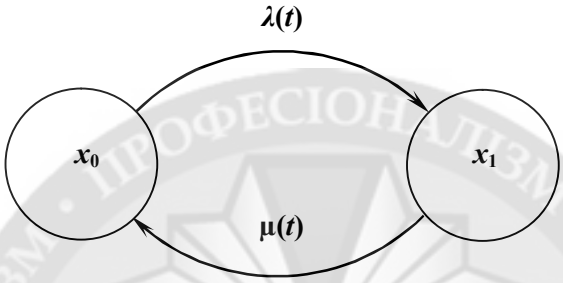


Рис. 1. Граф марковського процесу відмов-відновлень з двома станами

В якості основного показника поточного стану системи розглядалася функція готовності

$$S(t) = e^{-\int_0^t (\lambda(t)+\mu(t))dt} \left(1 + \int_0^t \mu(t) e^{\int_0^t (\lambda(t)+\mu(t))dt} dt \right), \quad (1)$$

що залежна від змінних інтенсивностей потоків відмов $\lambda(t)$ і відновлень $\mu(t)$, і за значеннями якої можна робити висновки щодо рекомендованих заходів адаптивної системи експлуатації.

У більшості випадків необхідно будувати нову модель на основі наявних статистичних даних. Якість даних має надзвичайно важливе значення при побудові математичної моделі, а тому при зборі даних необхідно керуватися відомими вимогами стосовно їх інформативності, синхронності та коректності. Попередня обробка даних необхідна для приведення їх до форми, яка забезпечує можливість коректного застосування методів оцінювання параметрів моделі та отримання їх статистично значущих оцінок. Для реалізації ідеї адаптивного прогнозування пропонується статистичну інформацію постійно поповнювати "свіжими" даними і на їх основі вносити корективи в існуючу модель. При цьому на кожному етапі прогнозування пропонується враховувати корективи, що внесені на попередніх етапах. Однак розв'язування подібної задачі є проблемним у зв'язку з обчислювальними труднощами.

Мета статті. Саме тому актуальності набуває завдання обгрунтування структури та функціональних особливостей програмного додатку автоматизації контролю і прогнозування технічного стану радіотехнічних систем. Розв'язання цього завдання і визначає мету даної роботи.

Результати дослідження. Для розв'язання визначеного завдання вбачається за доцільне проаналізувати наявне програмно-технічне забезпечення автоматизації контролю і

прогнозування технічного стану СТС, обґрунтувати структуру додатку, визначити його функціональні особливості та реалізувати їх.

Аналіз наявного програмно-технічного забезпечення автоматизації контролю і прогнозування технічного стану СТС.

Аналіз матеріалів [3], у яких визначено концептуальний підхід щодо автоматизації контролю і прогнозування технічного стану СТС, дозволяє зробити висновок, що огляд відповідного програмно-технічного забезпечення має стосуватися пакетів імітаційного моделювання.

Найбільш популярними на даний час подібними пакетами є: Arena компанії RockwellAutomation; AnyLogic компанії XJ Technologies; GPSSWorld фірми MinutemanSoftware; ProcessCharter 1.0.2 компанії Scitor; Powersim 2.01 фірми ModellData AS; Ithink 3.0.61 виробництва HighPerformanceSystems; Extend+BPR 3.1 компанії ImagineThat; Vensim фірми VentanaSystems.

Основними областями застосування вказаних пакетів є: виробництво; логістика; озброєння та безпека; медицина тощо.

Більшість із них надають користувачам зручний графічний інтерфейс із набором шаблонів моделюючих конструкцій. Для більшості пакетів існує можливість до складу досліджуваних моделей включати джерела сигналів різного виду, віртуальні реєстраційні прилади, графічні засоби анімації. Більшість пакетів дозволяють проводити аналіз чутливості. В них доступні стандартні теоретичні розподіли, існує можливість фіксування набору випадкових чисел і реалізації абсолютно ідентичного експерименту.

Як правило, вони відрізняються середовищем, в якому створюються моделі.

Обгрунтування структури додатку.

Детальний аналіз матеріалів [3], а також проведений аналіз наявного програмно-технічного забезпечення автоматизації контролю і прогнозування технічного стану СТС дозволяє зробити висновок, що структура досліджуваного додатку має бути багаторівневою і кожен з рівнів повинен забезпечувати певні функціональні можливості, реалізація яких в сукупності дозволяла б організувати процес розв’язування задачі автоматизації контролю і прогнозування технічного стану радіотехнічних систем. З урахуванням концептуального підходу щодо встановлення виду залежностей $\lambda(t), \mu(t)$ [3], структура інформаційної системи, на думку авторів, має бути сформована на основі патерна MVVM, що полегшує відокремлення розробки графічного інтерфейсу від розробки бізнес-логіки, і має містити наступні основні модулі:

– модуль зчитування вхідних даних (збереження, відкриття, створення);
– модуль відшукання інтенсивності відмов (відновлень);
– модуль формування статистичних розподілів інтенсивностей відмов (відновлень);
– модуль апроксимації функції розподілу інтенсивностей відмов (відновлень);
– модуль імітаційного моделювання інтенсивностей відмов (відновлень);
– модуль формування функції інтенсивності відмов (відновлень).

Дерево представницьких моделей (ViewModels) подано на рис. 2.

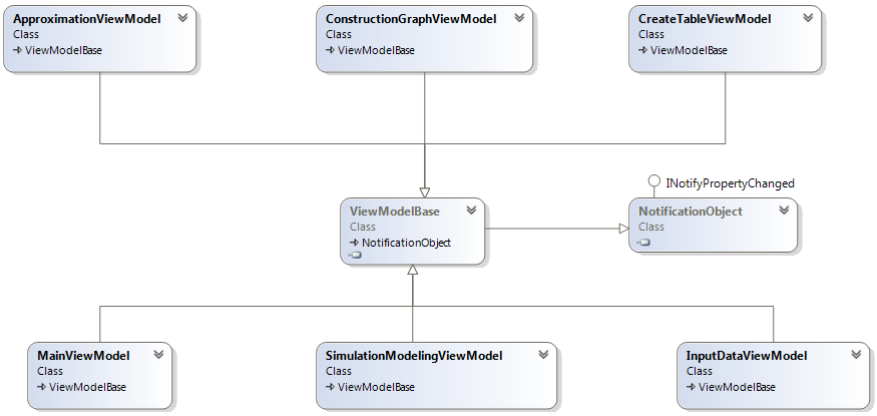


Рис. 2. Діаграма класів представницьких моделей (ViewModels)

Функціональні особливості додатку та їх реалізація.

Визначення функціональних особливостей додатку передбачає:

визначення формату роботи з додатком;

встановлення функціонального призначення модулів системи та їх взаємозв'язку;

обгрунтування технології опрацювання програмних модулів;

аналіз результатів опрацювання додатку.

Визначення формату роботи з додатком.

Робота з програмою має передбачати реалізацію можливостей основних модулів додатку. Знаходячись на кожному з рівнів, користувач повинен мати можливість керування тим чи іншим елементом з числа наступних: видалення; додавання; редагування; друк звітів; експорт звітів; інше, в залежності від обраного пункту головного меню.

Результат кожної операції має відображатись у таблиці з даними. Для їх редагування має бути опрацьований загальний шаблон, що керуватиме збереженням вхідних і вихідних даних.

Встановлення функціонального призначення модулів системи та їх взаємозв'язку. У процесі опрацювання програмного додатку було реалізовано наступну функціональність модулів, які відповідають патерну MVVM (Models, Views, ViewModels, Converters, Commands та інші).

Щодо представлення (View):

– MainWindow.xaml (представляє собою головну форму програми);

– InputDataView.xaml (представляє собою UserControl для введення початкових даних);

– ApproximationView.xaml (представляє собою UserControl для відображення даних "Інтенсивності відмов", "Статистичний розподіл", "Визначення емпіричної формули", "Функції");

– SimulationModelingView.xaml (представляє собою UserControl для відображення даних імітаційного моделювання);

– ConstructionGraphView.xaml (представляє собою UserControl для відображення інформації "Апроксимації" та "Побудова графіка").

Щодо представницьких моделей (ViewModels):

– MainViewModel.cs (представляє собою функціонал головної форми програми);

– InputDataViewModel.cs (представляє собою функціонал обробки інформації вхідних даних);

– ApproximationViewModel.cs (представляє собою функціонал обрахунку та визначення інтенсивності відмов, статистичного розподілу, емпіричної формули та функцій статистичного розподілу);

– SimulationModelingViewModel.cs (представляє собою функціонал визначення функцій на основі застосування методів імітаційного моделювання);

– ConstructionGraphViewModel (представляє собою функціонал для визначення емпіричної формули та побудови графіку відповідної функції).

Щодо моделей (Models):

– DistributionModel.cs (модель розподілу);

– EmpirFormulModel.cs (модель емпіричної формули);

– FormulaModel.cs (модель формули);

– FunctionModel.cs (модель функції);

– MainContentModel.cs (модель контенту головної форми);

– PointModel.cs (модель точки);

– RandomCollection.cs (модель колекції з випадковими даними);

– SimulationModel.cs (модель імітаційних даних);

– StatisticalDistributionModel.cs (модель статистичного розподілу);

– TrustLevel.cs (модель рівня довіри);

Щодо команд (Commands):

– RelayCommand.cs (даний клас дозволяє визначати команди і підключати елементи управління до них, а також надавати центральне місце для збереження та локалізації текстових заголовків команд);

– RelayCommandGeneric.cs (узагальнений клас, аналогічний класу RelayCommand – дозволяє типізувати задану властивість);

NotificationObject.cs (прошарок, який перетворює функціонал моделі в зручний для представлення вид та повідомляє представлення про те, що модель змінилась).

Щодо допоміжних модулів (Modules):

– FindEmpirFormuls.cs (дозволяє визначати емпіричну формулу з урахуванням середнього квадратичного відхилення експериментальних точок від теоретичних);

– SimulationModeling.cs (дозволяє визначати кількість розіграшів в імітаційній моделі).

Технологія опрацювання програмних модулів.

Програмний додаток був опрацьований на мові програмування C# за допомогою технології WPF та патерну MVVM. Сам інтерфейс написаний за допомогою розмітної мови XAML.

Технологія опрацювання програмних модулів передбачає:

встановленння Visual Studio 2012;

створення нового проекту WPF;

створення наступних базових класів для роботи з проектом – RelayCommand.cs; RelayCommandGeneric.cs; NotificationObject.cs;

створення UserControl або так званого представлення (View);

створення представницької моделі (ViewModel);

формування зв’язку між представницькою моделлю (ViewModel) та представленням (View).

Останнє можна реалізувати, додавши наступний код у так званий «задній код» (Code-Behind) (у випадку, що аналізується, код додається у файл ApproximationView.xaml.cs).

```
using System.Windows.Controls;
using Research.Core.Interface;

namespace Research.Screen.Approximation
{
    /// <summary>
    /// Interaction logic for ApproximationView.xaml
    /// </summary>
    public partial class ApproximationView : UserControl, IView
    {
        private readonly ApproximationViewModel _viewModel;

        public ApproximationView()
        {
InitializeComponent();
            DataContext = _viewModel = new
ApproximationViewModel();
        }
    }
}
```

Аналіз результатів опрацювання додатку. Результати роботи додатку на прикладі створення функції інтенсивності відмов на різних етапах можна оцінити з рис. 3-7.

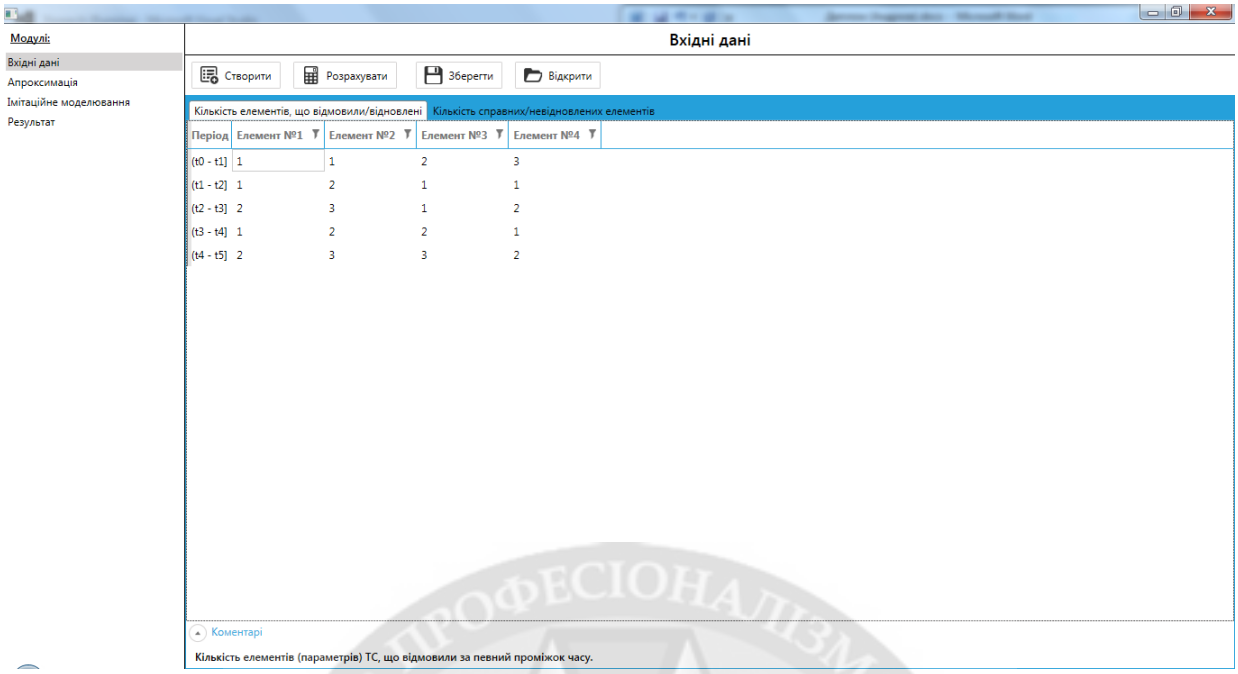


Рис. 3. Головна форма додатку та результати реалізації модуля “Вхідні дані”

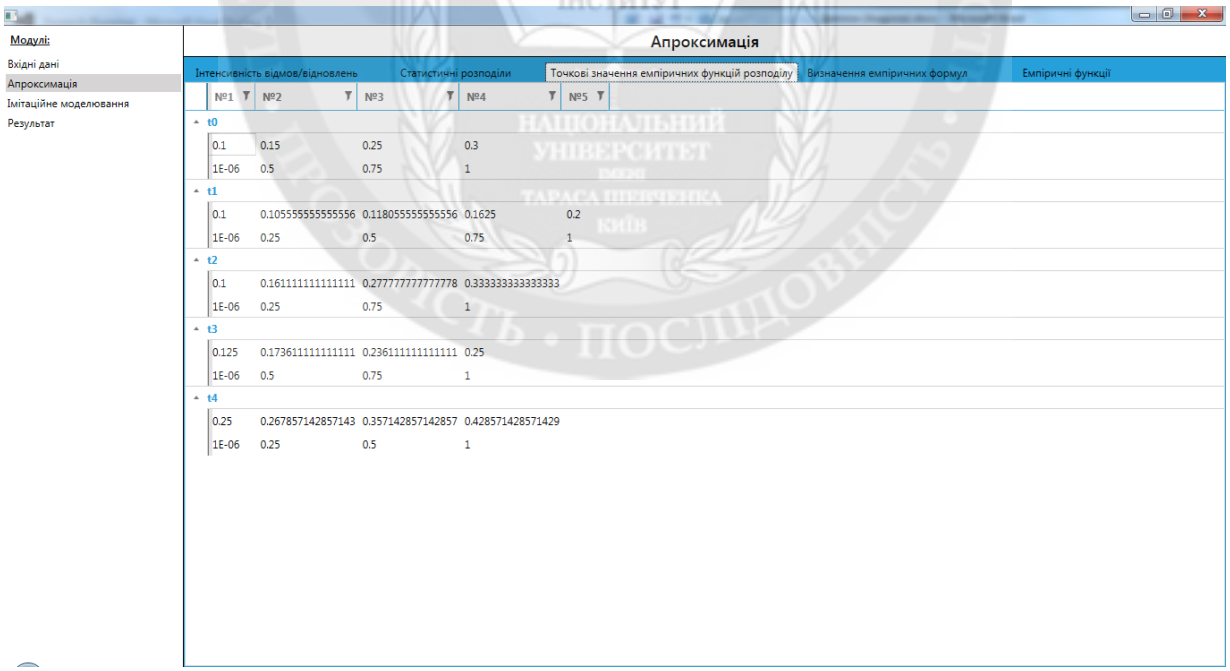
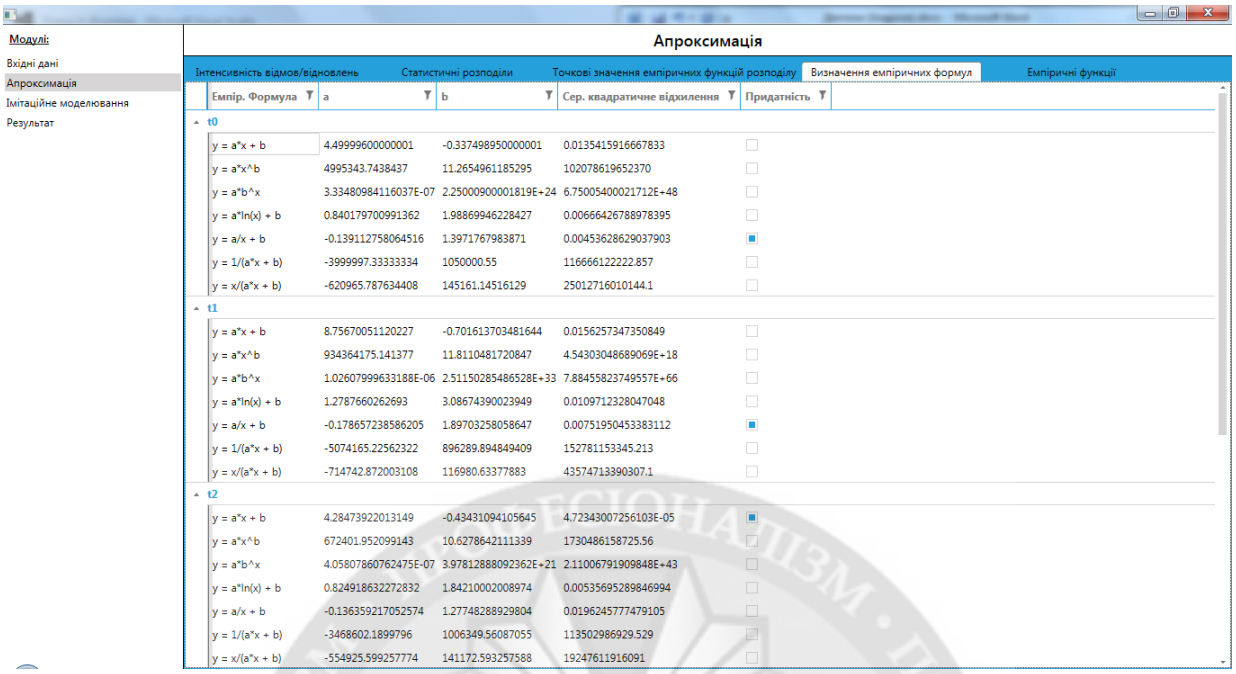


Рис. 4. Точкові значення емпіричних функцій розподілу



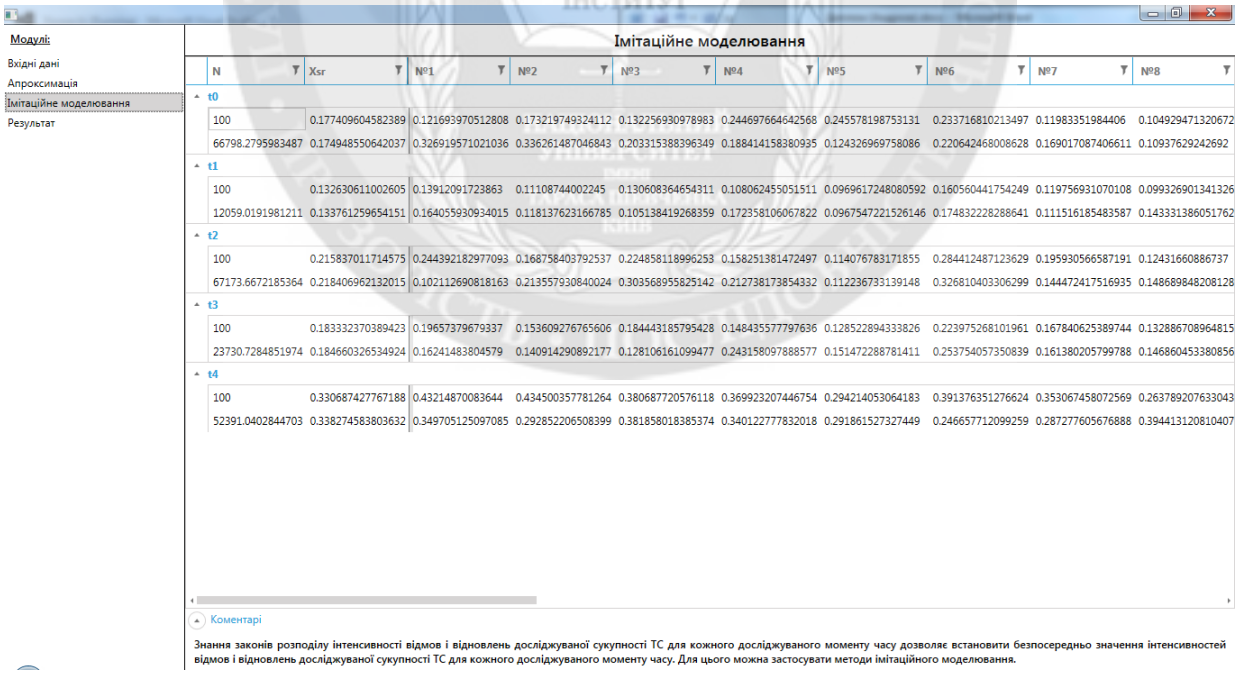
Модулі:
Вхідні дані
Апроксимація
Імітаційне моделювання
Результат

Апроксимація

Інтенсивність відмов/відновлень | Статистичні розподіли | Точкові значення емпіричних функцій розподілу | Визначення емпіричних формул | Емпіричні функції

Емпір. Формула	a	b	Сер. квадратичне відхилення	Придатність
t0				
y = a*x + b	4.49999600000001	-0.337498950000001	0.0135415916667833	☐
y = a*x^b	4995343.7438437	11.2654961185295	102078619652370	☐
y = a*b^x	3.33480984116037E-07	2.25000900001819E+24	6.75005400021712E+48	☐
y = a*ln(x) + b	0.840179700991362	1.98869946228427	0.00666426788978395	☐
y = a/x + b	-0.139112758064516	1.3971767983871	0.00453628629037903	■
y = 1/(a*x + b)	-3999997.33333334	1050000.55	116666122222.857	☐
y = x/(a*x + b)	-620965.787634408	145161.14516129	25012716010144.1	☐
t1				
y = a*x + b	8.75670051120227	-0.701613703481644	0.0156257347350849	☐
y = a*x^b	934364175.141377	11.8110481720847	4.54303048689069E+18	☐
y = a*b^x	1.02607999633188E-06	2.51150285486528E+33	7.88455823749557E+66	☐
y = a*ln(x) + b	1.2787660262693	3.08674390023949	0.0109712328047048	☐
y = a/x + b	-0.178657238586205	1.89703258058647	0.00751950453383112	■
y = 1/(a*x + b)	-5074165.22562322	896289.894849409	152781153345.213	☐
y = x/(a*x + b)	-714742.872003108	116980.63377883	43574713390307.1	☐
t2				
y = a*x + b	4.28473922013149	-0.434310941056 45	4.72343007256103E-05	■
y = a*x^b	672401.952099143	10.6278642111339	1730486158725.56	☐
y = a*b^x	4.05807860762475E-07	3.97812888092362E+21	2.11006791909848E+43	☐
y = a*ln(x) + b	0.824918632272832	1.84210002008974	0.00535695289846994	☐
y = a/x + b	-0.136359217052574	1.27748288929804	0.0196245777479105	☐
y = 1/(a*x + b)	-3468602.1899796	1006349.56087055	113502986929.529	☐
y = x/(a*x + b)	-554925.599257774	141172.593257588	19247611916091	☐

Рис. 5. Визначення емпіричної формули для функцій розподілу



Модулі:
Вхідні дані
Апроксимація
Імітаційне моделювання
Результат

Імітаційне моделювання

N	Xsr	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8
t0									
100	0.177409604582389	0.121693970512808	0.173219749324112	0.132256930978983	0.244697664642568	0.245578198753131	0.233716810213497	0.11983351984406	0.104929471320672
66798.2795983487	0.174948550642037	0.326919571021036	0.336261487046843	0.203315388396349	0.188414158380935	0.124326969758086	0.220642468008628	0.169017087406611	0.10937629242692
t1									
100	0.132630611002605	0.13912091723863	0.11108744002245	0.130608364654311	0.108062455051511	0.0969617248080592	0.160560441754249	0.119756931070108	0.099326901341326
12059.0191981211	0.133761259654151	0.164055930934015	0.118137623166785	0.105138419268359	0.172358106067822	0.0967547221526146	0.174832228288641	0.111516185483587	0.143331386051762
t2									
100	0.215837011714575	0.244392182977093	0.168758403792537	0.224858118996253	0.158251381472497	0.114076783171855	0.284412487123629	0.195930566587191	0.12431660886737
67173.6672185364	0.218406962132015	0.102112690818163	0.213557930840024	0.303568955825142	0.212738173854332	0.112236733139148	0.326810403306299	0.144472417516935	0.148689848208128
t3									
100	0.183332370389423	0.196573679679337	0.153609276765606	0.184443185795428	0.148435577797636	0.128522894333826	0.223975268101961	0.167840625389744	0.132886708964815
23730.7284851974	0.184660326534924	0.16241483804579	0.140914290892177	0.128106161099477	0.243158097888577	0.151472288781411	0.253754057350839	0.161380205799788	0.146860453380856
t4									
100	0.330687427767188	0.43214870083644	0.434500357781264	0.380687720576118	0.369923207446754	0.294214053064183	0.391376351276624	0.353067458072569	0.263789207633043
52391.0402844703	0.338274583803632	0.349705125097085	0.292852206508399	0.381858018385374	0.340122777832018	0.291861527327449	0.246657712099259	0.287277605676888	0.394413120810407

Коментарі

Знання законів розподілу інтенсивності відмов і відновлень досліджуваної сукупності ТС для кожного досліджуваного моменту часу дозволяє встановити безпосередньо значення інтенсивностей відмов і відновлень досліджуваної сукупності ТС для кожного досліджуваного моменту часу. Для цього можна застосувати методи імітаційного моделювання.

Рис. 6. Результати імітаційного моделювання

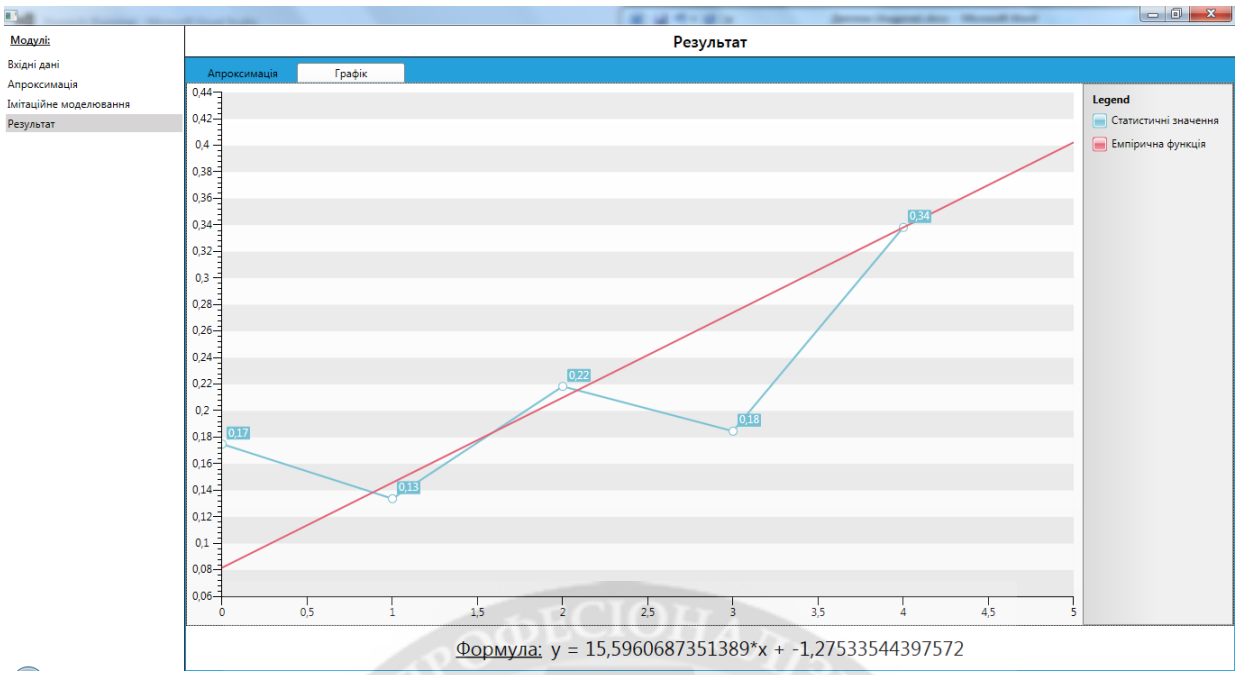


Рис. 7. Формула та графік шуканої функції для інтенсивності відмов

Висновки. Таким чином, запропонований авторами підхід, що стосується автоматизації контролю і прогнозування технічного стану радіотехнічних систем, вирішує завдання забезпечення якості прогнозування.

Подальші дослідження за даним напрямом можуть стосуватися перевірки достовірності результатів проведеного моделювання, а також програмного моделювання функції готовності $S(t)$ на основі знання величин $\lambda(t)$, $\mu(t)$.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Теория надежности: Учебник для вузов / В.А. Острейковский. – М.: Высш. шк., 2003. – 463 с.

2. Боровик О.В., Гащук І.В. Моделювання показників надійності технічних пристроїв на основі нестаціонарних марківських процесів. Машинознавство. №11(77). – Львів, 2003. – С. 49-52.

3. Боровик О. В., Жиров Г. Б., Гащук І. В. Обгрунтування алгоритму відшукання значень інтенсивностей відмов і відновлень технічних систем на основі застосування методів імітаційного моделювання // Інформатика та математичні методи в моделюванні. Одеський національний політехнічний університет. Вип. № 1. – 2012. – С. 36-45.

Рецензент: д.т.н., проф. Лєнков С.В., начальник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка

д.т.н., проф. Боровик О.В., Гащук И.В., Андреев А.А.

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОГРАММНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В статье обоснована структура и проведен анализ функциональных особенностей информационной системы автоматизации контроля и прогнозирования технического состояния радиотехнических систем. Предложенное программное приложение реализует авторский алгоритм определения значений интенсивностей отказов и восстановлений технических систем на основании применения методов имитационного моделирования. В результате разработки получено информационную систему автоматизации контроля и прогнозирования технического состояния радиотехнических систем. Полученные результаты

дают возможность автоматизировать адаптивное прогнозирование технического состояния радиотехнических систем.

Ключевые слова: информационная система, прогнозирование, техническое состояние, радиотехническая система.

O. Borovik, I. Haschuk, A. Andreev

RATIONALE OF THE STRUCTURE AND FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF SOFTWARE APPLICATION OF AUTOMATION CONTROL AND PREDICTION OF A TECHNICAL CONDITION OF RADIO SYSTEMS

In the article ther eis justified structure and analyze the functional features of an informatioal systemof automating monitoring and prediction of a technical condition of radio systems. Worked out a software application implements the author's algorithm for finding the values of failure rate of updates and technical systems by applying techniques of simulation. As a result, the development received information system automation control and prediction of a technical condition of radio systems. The results that were obtained make it possible to automate the prediction of a technical condition of adaptive radio systems.

Keywords: information systems , prediction , technical condition , radio system.