

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ І СИСТЕМИ

Монографія

під ред. д.е.н., проф. Пономаренка В.С.

Харків, 2021

УДК 004.891.2

Авторський колектив: к.ф.-м.н., доц. В. П. Бурдаєв – глава 1; д.т.н., проф. Н. Г. Аксак, к.т.н. М. В. Кушнарєв – глава 2; к.т.н., доц. М. Ю. Лосєв – глава 3; д.т.н., проф. О. Г. Руденко, д.т.н., проф. О. О. Безсонов – глава 4; д.т.н., проф. М. М. Корабльов, к.т.н., ст. викл. О. О. Фомічов – глава 5; д.т.н., проф. С.Г. Удовенко, к.т.н., доц. Л. Е. Чала – глава 6; к.т.н., доц. Федорченко В.М. (33.3%), аспірант Гапон А.О. (33.3%), к.т.н., доц. Поляков А.О. (33.3%) – глава 7; к.е.н., доц. І. О. Ушакова – глава 8; к.т.н., доц. О. В. Фролов – глава 9; д.т.н., проф. Гордєєв А.С. – глава 10.

Рецензенти:

Годлевський М. Д. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут";

Петров К. Е. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних управляючих систем Харківського національного університету радіоелектроніки;

Юхов О. Ю. – доктор технічних наук, доцент, начальник кафедри військового зв'язку та інформатизації Національної академії Національної гвардії України.

Рекомендовано до видання рішенням ученої ради Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця (протокол № 7 від 20.04.2021 р.)

І 76 **Сучасні інформаційні технології і системи:** монографія / за заг. ред. В. С. Пономаренка. - Х. : Видавництво «Стиль-іздат», 2021. - 182 с .

В монографії розглянуті сучасний стан та перспективи розвитку сучасних інформаційних технологій і систем різних видів і різного прикладного характеру. Монографія представляє інтерес як для фахівців, сфера діяльності яких безпосередньо пов'язана з розробкою прикладних інформаційних технологій і систем, так і для більш широкого кола фахівців. Вона буде корисною викладачам, аспірантам і студентам, що спеціалізуються в області інформаційних технологій, і всім, хто серйозно цікавиться проблемами інформаційного суспільства.

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор.

Колектив авторів , 2021

ЗМІСТ

| | |
|---|-----|
| ВСТУП | 4 |
| ГЛАВА 1 ІНТЕГРУВАННЯ ЧАТ-БОТА @ES_ECONOMY_KARKAS_VOT З ЕКСПЕРТНОЮ СИСТЕМОЮ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСУ КРЕДИТОСПРОМОЖНОСТІ ПОЗИЧАЛЬНИКА | 7 |
| ГЛАВА 2. МУЛЬТИАГЕНТНА СИСТЕМА РОЗПОДІЛЕНОЇ ТОРГОВОЇ ФІРМИ | 24 |
| ГЛАВА 3. СТВОРЕННЯ ПРИСТРОЇВ КОНТРОЛЮ І ЛОКАЛІЗАЦІЇ ПОМИЛОК В РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМАХ | 40 |
| ГЛАВА 4. РЕГУЛЯРИЗОВАНИЙ РЕКУРЕНТНИЙ МЕТОД ПОТОЧНОГО РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЛІНІЙНИХ МОДЕЛЕЙ | 59 |
| ГЛАВА 5. КЛАСИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ ДЕРЕВОВИДНОЇ ШТУЧНОЇ ІМУННОЇ МЕРЕЖІ | 75 |
| ГЛАВА 6. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОСИЛАЛЬНИХ МЕТОДІВ РАНЖУВАННЯ ДОКУМЕНТІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПОШУКУ | 91 |
| ГЛАВА 7. МЕТОДОЛОГІЯ SAFE ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ВИКОНАННЯ ЦІЛЕЙ КІБЕРБЕЗПЕКИ У ГНУЧКОМУ ПІДХОДІ ДО РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ | 108 |
| ГЛАВА 8. ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ | 125 |
| ГЛАВА 9. МОДЕЛЮВАННЯ ВІДТВОРЕННЯ ПЛОСКИХ КРИВИХ ЛАМАНИМИ ЗА АСИМПТОТИЧНО - ОПТИМАЛЬНИМ АЛГОРИТМОМ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ | 141 |
| ГЛАВА 10. РОЗРОБКА ПЕДАГОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНЦІЙ ФАХІВЦІВ ПОЛИГРАФІЧЕСКОГО ПРОФІЛЮ З ПОЗИЦІЇ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ | 158 |
| ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА АНОТАЦІЇ | 174 |

ВСТУП

Сучасний розвиток Інтернет розглядає інформаційні технології як якісно нові технології, особливостями яких є розподілені інтелектуальні системи та системи глибокого навчання.

Сучасні інформаційні технології і системи використовують для створення електронних ринків, де можна відстежити і проконтролювати оплати. Крім того, вони впливають на створення додаткових робочих місць і розширюють можливості для прийняття рішення в медичній, освітній та інших сферах.

Ускладнення економічних процесів вимагає нових підходів до їх дослідження на основі принципів самоорганізації систем.

В монографії представлені результати наукових досліджень в галузі інформаційних технологій та систем, що представлені на Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології та системи», що відбулася 8 - 9 квітня 2021 року на базі Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця. У ній відображені найбільш цікаві результати за найсучаснішими науковими напрямками застосування, проектування та визначення проблем і перспектив інформаційних технологій в технічних системах тощо.

В главі 1 монографії представлені результати інтегрування чат-бота @es_economy_karkas_bot з прототипами експертних систем для прийняття рішення в режимі онлайн. Аналізується структура бази знань прототипу експертної системи для визначення класу кредитоспроможності позичальника. Наведено приклад онлайн консультації чат-бота в фінансовій предметної області на прикладі визначення оцінки кредитоспроможності позичальника.

В главі 2 монографії представлені результати розробки багатоагентної системи для планування і координації групових дій агентів з метою проведення переговорів і вибору оптимального рішення. Система реалізована на основі чотирьох рівневої архітектури, дозволяє ефективно обробляти запити і керувати продажем товарів в різних торгових точках компанії. Реалізовано основні функції агентів продавців, які полягають в продажу свого товару з каталогу, і агентів покупців - придбати товари за дорученням своїх власників за найменшою ціною. Імітаційне моделювання підтверджує доцільність застосування розробленої мультиагентної системи розподіленої компанії.

В главі 3 виконана формалізація процесу обробки інформації на основі методики синтезу багатоканальних пристроїв тестового контролю з локалізацією помилок у вхідних інформаційних послідовностях. Запропонована архітектура сигнатурного аналізатора, що дозволяє контролювати і діагностувати дані по групах. Наведені приклади створення пристроїв для різних умов використання в розподілених системах.

В главі 4 розглянуто задачу побудови рекурентної форми алгоритму поточного регресійного аналізу, що дозволяє здійснювати оцінювання невідомих параметрів при наявності стаціонарних завад. Отримано основні співвідношення, які описують процеси накопичення нової і скидання застарілої інформації. Показано, що алгоритми, які розглядаються, використовують допоміжну оцінку. Наведено результати імітаційного моделювання, які свідчать про ефективність підходу, що розвивається.

В главі 5 описано рішення проблеми класифікації об'єктів у багатовимірному просторі атрибутів на основі модифікованої моделі штучної імунної мережі з використанням принципів мінімального покриваючого дерева (MST – minimum spanning tree). При класифікації з неконтрольованим навчанням (кластеризації) на різних етапах реалізації штучної імунної мережі об'єкти використовуються як антигени та антитіла для формування навчальної вибірки (класифікатора). У випадку класифікації з контрольованим навчанням об'єкти з навчального набору використовуються як набір антигенів, а об'єкти класифікації – як набір антитіл. Визначення класу для кожного об'єкта базується на значенні авідності, яке описує силу кооперативної афінної взаємодії антитіл з антигеном. Використання запропонованої моделі дозволяє прискорити процес класифікації порівняно з моделями на основі методів MST та C-means, а також автоматизувати процес визначення кількості класів за відсутності навчальної вибірки.

В главі 6 досліджено посиальні методи ранжування документів за запитами користувачів PageRank, HITS, а також запропоновано багатоетапний метод ранжування. Для ітераційного обчислення показників авторитетності і посередницької оцінки використовувалися додатково розроблені функції. Багатоетапний метод ранжування передбачає проведення декількох послідовних етапів ранжування, використовуючи при цьому на кожному етапі певний запит. Даний метод дозволяє послідовно уточнювати список отриманих результатів.

Глава 7 посвящена процесу вибору методології розробки програмного

забезпечення є дуже важливим на початковій стадії проектування продукту. Розробка ПО, як і будь-яка інша технічна дисципліна, має справу з такими основними проблемами: якість, вартість і надійність. У зв'язку з цим правильна організація процесу розробки програмного забезпечення є основою досягнення кращого результату в очікувані терміни, з хорошим рівнем якості, безпеки і з запланованим бюджетом.

Метою глави 8 є аналіз проблем забезпечення якості та тестування програмного забезпечення в процесі його створення в ІТ-компаніях. Об'єктом дослідження є процеси тестування, контролю якості та забезпечення якості. Предметом дослідження є характеристики та моделі оцінювання якості та форми організації роботи команд QA і QC. В процесі дослідження був використаний системний підхід, порівняльний аналіз методів оцінювання якості та форм організації роботи з контролю та забезпечення якості програмних продуктів. Для оцінювання якості програмного забезпечення була запропонована класифікація цих методів, розглянуті методи інтегрального оцінювання якості, заснованого на витратах, і метод оцінки якості на основі ієрархічної моделі. Для оцінювання відмінностей між контролем якості та забезпеченням якості був проведений аналіз їх обов'язків, планування роботи та документації, що дало можливість порівняти виконувані функції і умови роботи.

В главі 9 розглянуто моделювання апроксимації плоских параметричних кривих ламаними за асимптотично оптимальним алгоритмом інтерполяції в хаусдорфовій метриці на основі обчислення похибок апроксимації, досліджено вплив кількісної характеристики ступеню дискретизації інтегральної функції - регулятора вузлів інтерполяції на показники розподілу похибок, а також оптимізація параметру функції – регулятора вузлів для випадку кривих з наявними точками перегину.

В главі 10 запропоновано методику по діагностиці рівнів підготовленості студентів до науково-технічної діяльності, відбору змісту курсової підготовки, розкрито методику проведення занять, що сприяють стимулюванню у учнів позитивних мотивів до науково-технічної діяльності, формуванню у них системного підходу до технічної творчості.

ГЛАВА 3

СТВОРЕННЯ ПРИСТРОЇВ КОНТРОЛЮ І ЛОКАЛІЗАЦІЇ ПОМИЛОК В РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМАХ

Вступ і постановка задачі. Дедалі більшого поширення набувають нові технології, пов'язані з обробкою і передачею інформації різного виду по каналах зв'язку. Інтеграція різних видів інформаційного обслуговування в рамках однієї мережі є закономірним наслідком розвитку цифрових технологій. Розподілений характер великої зі складною структурою мережі унеможливорює підтримання її роботи на належному рівні без системи контролю та управління, яка також є складною системою [1]. При цьому важливе значення в розвитку інформаційної технології в різних системах управління має специфіка вирішуваних завдань цими інформаційними системами. Головною особливістю систем управління, які використовують сучасні інформаційні технології, є задоволення вимог по живучості, стійкості, скритності, мобільності, гнучкості управління і якості обслуговування користувачів. Задоволення цих вимог призводить до необхідності як ускладнення архітектури мережі, так і сукупність розв'язуваних завдань. В даний час система управління працює в автоматизованому режимі, виконуючи найпростіші дії з управління мережею автоматично, а складні рішення надаючи приймати людині на основі підготовленої системою інформації [2]. Система управління мережею повинна забезпечити, з одного боку, підтримку в робочому стані як мережу в цілому, так і окремих її складових, для того, щоб вона могла виконувати свої функції; а з іншого боку, - розподіл і доставку інформаційних повідомлень за адресами з дотриманням різних вимог користувачів [3]. Для функціонування системи управління необхідна інформація про стан елементів мережі. Оскільки ця інформація надходить з тієї ж мережі, яка управляється, може виникнути ситуація, коли вона буде неповною або неточною. Аналіз робіт показує, що в даний час особливо застосовуваних систем мережевого управління є низька ефективність застосовуваних методів збору інформації, прийняття рішення і контролю виконання цього рішення. В результаті знижується якість обслуговування користувачів. Тому для виконання вимог щодо якості обслуговування розробники мереж в процесі проектування змушені передбачати певну надмірність при виконанні будь-яких операцій в

процесі управління. Це призводить до збільшення вартості як самої мережі, так і послуг, що надаються. Усунути цей недолік можна шляхом підвищення ефективності технології управління мережею на основі розробки і впровадження достовірних методів контролю і діагностики переданої інформації. Цієї мети можна досягти шляхом розробки універсальних програмних, апаратних або програмно-апаратних засобів контролю повідомлень, що передаються в розподілених системах.

В умовах зростання вимог до зменшення часу обміну даними, що передаються між об'єктами, а також підвищення достовірності доставки даних абонентам є актуальною задачею розроблення простих і ефективних засобів контролю як процесу передачі інформації, так і обладнання в розподілених системах. Основна мета роботи є удосконалення процесу створення універсальних, швидкодіючих багатоканальних пристроїв, які дозволяють локалізувати помилки в інформаційних повідомленнях і формувати дані для діагностування обладнання.

Основна частина

Процес отримання сигнатури для вхідної послідовності $\alpha(t)$ можна представити з допомогою виразу [1]:

$$\text{Sig } \alpha(t) = \sum_{i=1}^p S^i \cdot \alpha_i \cdot h_i, \quad (1)$$

де \sum – сума за модулем два; α_i – i -й елемент вхідної послідовності; p – кількість елементів вхідної послідовності; h_i – i -й стовбець матриці станів сигнатурного аналізатора, який визначається по формулі:

$$h_i = S^i \cdot h_0, \quad i=0,1,\dots,z, \quad (2)$$

де z – кількість стовбців матриці станів; $h_0 = \parallel 10\dots0 \parallel^T$ – нульовий стовбець матриці станів; S – супроводжуюча матриця, яка однозначно описує характеристичний поліном [1]:

$$P(x) = b_{1n} \cdot x^n \oplus b_{1n-1} \cdot x^{n-1} \oplus \dots \oplus b_{1i} \cdot x^i \oplus b_{12} \cdot x \oplus b_{11}, \quad (3)$$

де $b_{1i} \in \{0,1\}$ – коефіцієнти характеристичного поліному.

$$\text{Sig1 } \alpha (t) = \sum_{j=0}^z \text{Sig } \alpha_j(t) \cdot S^{j-1}, \quad (7)$$

Таким чином, отримано два перевірочних кодових слова або дві сигнатури, обчислення яких здійснюється відповідно до виразів (6) та (7).

Кожної з сигнатур потрібно мати дві еталонні сигнатури E_1 і E_2 , які складаються із сукупності еталонів згорток вхідних послідовностей по кожному входу пристрою:

$$E_1 = \sum_{j=1}^z e_j; \quad (8)$$

$$E_2 = \sum_{j=1}^z e_j^1,$$

де $e_i^1 = e_i \cdot S^{j-1}$.

У процесі аналізу вихідних реакцій пристроїв які перевіряються визначимо два синдроми помилки Φ та Ψ відповідно до виразів (7), (8), які при відсутності помилок обидва дорівнюють нулю:

$$\Phi = \sum_{j=0}^z (\text{Sig } \alpha_j(t) + e_j); \quad (9)$$

$$\Psi = \sum_{j=0}^z (S^{j-1} \cdot \text{Sig } \alpha_j(t) + e_j^1).$$

Припустимо, що виникла помилка, що виявляється, на j -м вході сигнатурного аналізатора. Тоді виникнуть зміни в сигнатурі g_i , а синдроми помилки будуть визначатися по формулах:

$$\begin{aligned} \varphi_j &= \text{Sig } \alpha_j(t) + e_j \neq 0; \\ \psi_j &= S^{j-1} \cdot \text{Sig } \alpha_j(t) + e_j^1 \neq 0; \end{aligned} \quad (10)$$

або

$$\begin{aligned}\varphi_j &= \text{Sig } \alpha_j(t) + e_j; \\ \psi_j &= S^{j-1} \cdot \text{Sig } \alpha_j(t) + S^{j-1} \cdot e_j = S^{j-1} \cdot (\text{Sig } \alpha_j(t) + e_j).\end{aligned}\tag{11}$$

З вираження (10) видно, що синдроми помилок, що виникли на i -м вході зв'язані між собою співвідношенням:

$$\psi_j = \varphi_j \cdot S^{j-1}.\tag{12}$$

Таким чином, для того, щоб обидва синдроми помилки збіглися необхідно один з них помножити на S^{i-1} або виконати $i-1$ тактів зрушення в регістрі, що зрушує, сигнатурного аналізатора. Кількість таких тактів зрушення синдрому ψ покаже номер входу сигнатурного аналізатора, до якого надходять помилки.

Розглянемо приклад. Відповідно (4) матриця станів формувача сигнатур для характеристичного поліному $P(x) = x^4 \oplus x^3 \oplus 1$ має вигляд, який наведений в табл. 1.

Таблиця 1

Матриця станів формувача сигнатур для характеристичного поліному
 $P(x) = x^4 \oplus x^3 \oplus 1$

| Номер рядка | Номер стовбця | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Послідовність | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | | | | | | |
| Послідовність із зсувом | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | | |

Нехай до сигнатурного аналізатора подається наступна послідовність 100111001, де молодший розряд подається першим. Еталонна сигнатура для цієї послідовності $E_1 = 0001$. Припустимо, що контролюється пристрій, який має три виходи, з кожного виходу сигнатурний аналізатор перевіряє послідовність довжиною три розряди. Тоді, з допомогою додаткових зсувів у формувачі сигнатур, визначимо послідовність 100 0 111 0 001. Еталонна сигнатура для цієї послідовності $E_2 = 0111$ (табл. 1).

Припустимо, що на другому вході пристрою у другому біті виникла помилка, тоді вхідні послідовності зміняться на наступні: 100111001; 100 0 101 0 001. Процес формування сигнатури відображений в табл.2. Реальні сигнатури, які будуть отримані для цих послідовностей відповідно дорівнюють: $\Phi = 1101$; $\Psi = 0001$.

Визначимо синдроми помилок відповідно (10):

$$\varphi = \Phi \oplus E_1 = 1101 \oplus 0001 = 1100;$$

$$\psi = \Psi \oplus E_2 = 0001 \oplus 0111 = 0110.$$

Синдроми, які отримані є відповідно п'ятим та шостим стовбцями матриці станів сигнатурного аналізатора. Для того щоб ці синдроми співпали треба виконати зсув синдрому φ у регістрі сигнатурного аналізатора або помножити його на матрицю S відповідно виразу (12).

Структурна схема пристрою, що реалізує процес локалізації помилок зображена на рис.1. Сигнатурний аналізатор включає: мультиплексор 1, три логічні схеми AND 2, 9, 13, два формувача сигнатур 3, 10, блок порівняння сигнатури з еталоном 4, комутатор адреси 5, два лічильника 6, 22, дільник частоти 7, логічну схему АБО 8, блок індикації 11, тригер 12, блок управління 14, група інформаційних входів 15, група входів завдання номера каналу 16, група входів завдання режиму роботи 17, група входів запису кількості входів пристрою що перевіряються 18, вхід пуску 19, група входів запису еталону 20 та група входів встановлення інтервалу перевірки кожного входу приладу 21.

Процес формування сигнатури при виникненні помилки

| Номер рядка | Номер стовбця | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Послідовність | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | | | | | | |
| Послідовність із зсувом | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | | |

Пристрій (рис.1) працює наступним чином. В початковому стані на групу входів 17 подається код завдання режиму роботи, при необхідності перевірки одного каналу на входи 16 подається код номера каналу, з групи входів 18 до лічильника 6 записується код відповідний кількості входів пристрою n, які перевіряються, з групи входів 20 до регістрів зберігання еталону 24, 27 (рис.2) блока порівняння сигнатури з еталоном 4 записується код відповідний двом еталонним сигнатурам (8), до дільника частоти 7 з групи входів 21 записується код відповідний кількості тактів перевірки кожного входу приладу, до регістрів формувачів сигнатур 3 і 10, лічильника 22, а також регістрів зберігання сигнатури 22, 26 блока порівняння сигнатури з еталоном 4 записується код 00...0, тригер 12 встановлюється в нульовий стан (ланцюги встановлення приладу в початковий стан не наведені).

Сигнал пуск з входу 19 пристрою запускає генератор 14, змінює стан тригера 12, який дозволяє збирати данні з n-го входу мультиплексора 1 (адреса входу мультиплексора встановлена в лічильнику 6) і подавати їх через перший логічний елемент AND 2 до інформаційних входів формувачів сигнатур 3, 10. Крім цього новий стан тригера 12 дозволяє проходження сигналів синхронізації

через перший логічний елемент AND 2 на інформаційні входи формувачів сигнатур 3, 10.

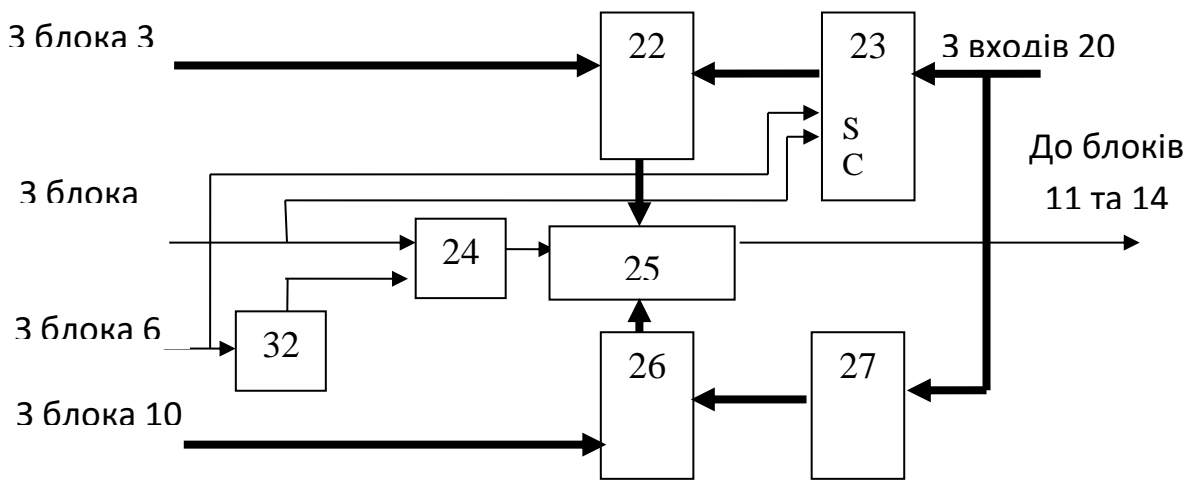


Рис.2. Структурна схема блока порівняння сигнатури з еталоном

Таким чином, прочитування даних з входів 15 завершено, при цьому в регістрах формувачів сигнатур 3, 10 зберігаються згортки, які одержані відповідно до виразів (8) і (9). Блок 4 виконує порівняння одержаних сигнатур з еталонними значеннями і, у разі їх збігу (відсутність помилок), формує на першому виході сигнал високого рівня, який дозволяє відобразити вміст лічильника 22 в блоці індикації 11 і припиняє генерацію імпульсів синхронізації блоком управління 14. В процесі прочитування даних з входів 15 пристрою лічильник 22 і формувач сигнатур 24 (рис. 2) блоку порівняння 4 знаходилися в режимі зберігання інформації, тому імпульси синхронізації з виходу блоку 14 не змінювали їх стан.

При завершенні тестування сигнал з інверсного виходу лічильника 6 переведе лічильник 22 в режим рахунку, а формувач сигнатур 24 в режим зрушення інформації, що зберігається в ньому. Таким чином, за відсутності помилок у вхідній послідовності два синдроми помилок матимуть нульове значення і блок індикації 11 відобразить код 00.0, відповідний нульовому стану лічильника 22.

В тому випадку, якщо у вхідній послідовності є помилки, які виникли на одному з входів 15 пристрою, то в результаті порівняння сигнатур з еталонами на виході блоку 4 залишається сигнал низького рівня і блок управління 14 продовжує генерацію імпульсів синхронізації, які поступають на вхід синхронізації формувача сигнатур 3 (рис.1) і вхід синхронізації формувача сигнатур 24 (рис.2) блоку порівняння 4, при цьому виконується зрушення, інформації, що зберігається в них, відповідно до виразу (12). У блоці 26 (рис. 2) виконується порівняння синдромів помилки. Лічильник 22, переведений в стан рахунку імпульсів синхронізації сигналом з інверсного виходу лічильника 6, підраховує кількість таких зрушень. Підрахунок імпульсів синхронізації триватиме до збігу синдромів помилки в блоці 4 відповідно до виразу (12). У лічильнику 22 остається номер входу, з групи входів 15 пристрою, який, за допомогою сигналу високого рівня з виходу блоку 4, буде відображений в блоці індикації 11. Якщо у вхідній послідовності є помилки, які виникли на декількох входах 15 пристрою, то блок індикації 11 відобразить число більше величини n (кількості входів пристрою, що перевіряються).

Блок порівняння сигнатури з еталонами 4 (рис.2) працює таким чином. Блоки 24 і 29 призначені для зберігання еталонів сигнатур. Суматори по модулю два 23 і 28 використовуються для визначення синдромів помилок. Блок 26 призначений для порівняння синдромів помилок. Спочатку роботи пристрою в регістр 29 і формувач сигнатур 24 записуються значення, які відповідають двом еталонним сигнатурам (8). В процесі збору інформації блок 24 знаходиться в режимі зберігання даних. При завершенні тестування сигнал з інверсного виходу лічильника 6 переведе формувач сигнатур 24 в режим зрушення, інформації, що зберігається в ньому. Крім того, цей сигнал дозволить сформувати одиночний імпульс блоком 27, який через схему АБО поступить на вхід запуску генератора одиночного імпульсу 32. Якщо на вході управління блоку 32 присутній сигнал високого рівня, який забороняє генерацію імпульсів, то на виході блоку порівняння сигнатури з еталонами 4 буде відсутній сигнал. Це означає, що у вхідній послідовності є помилки. Пошук входу пристрою, на який поступила спотворена інформація здійснюється на основі виразу (14) шляхом зрушення даних, що знаходяться у формувачах сигнатур 3 (рис.1) і 24 (рис.2). Як тільки синдроми помилок на виходах блоків 23 і 28 (або входах блоку 30) співпадуть, то це дозволить сформувати імпульс на виході блоку 32. Цей імпульс зупинить

генерацію сигналів синхронізації блоком 14 і дозволить відображення діагностичної інформації в блоці індикації 11.

За відсутності помилок у вхідній послідовності два синдроми помилок матимуть нульове значення і блок індикації 11 відобразить код 00.0, відповідний нульовому стану лічильника 22 (рис.1).

Синтез багатоканальних пристроїв на основі формул (3-12) можливо над будь-яким полем Галуа. Однак при створенні пристроїв для діагностування помилок є особливості і обмеження, які впливають на архітектуру сигнатурних аналізаторів. Розглянемо процес створення діагностичного пристрою на базі характеристичного поліному $P(x) = x^4 \oplus_3 x^3 \oplus_3 1$, де \oplus_3 – сума за модулем 3. Відповідно (1) матриця станів для перших дванадцяти стовбців поліному $P(x) = x^4 \oplus_3 x^3 \oplus_3 1$ має вигляд, який наведений в табл. 3.

Таблиця 3

Матриця станів для характеристичного поліному $P(x) = x^4 \oplus_3 x^3 \oplus_3 1$

| Номер рядка | Номер стовпця | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 |

Процес отримання сигнатури для вхідної послідовності $v(t)$ можна представити з допомогою виразу:

$$\text{Sig } \alpha(t) = \sum_{i=0}^n {}_3S^i \otimes_3 v_i \otimes_3 h_i, \quad (13)$$

де \sum_3 – сума за модулем три; \otimes_3 – множення за модулем 3; v_i – i -й елемент вхідної послідовності.

Матриця станів сигнатурного аналізатора [1,2] може бути побудована і другим способом. У перший тригер регістра приладу [1] записується 1, а в інші – всі нулі ($h_0 = \parallel 10\dots 0 \parallel$). Це перший стан регістра, який є першим стовпцем матриці станів. Після цього послідовно проводяться зсуви попереднього стану та їх збереження. Зсуви відбуваються з урахуванням попереднього стану завдяки зворотнім зв'язкам відповідно до ступенів утворюючого полінома.

У процесі стиснення вхідної послідовності в кожному з її елементів можуть виникати такі помилки:

замість значення елемента послідовності 0 отримана 1 (0 -> 1);

замість значення елемента послідовності 0 отримана 2 (0 -> 2);

замість значення елемента послідовності 1 отриманий 0 (1 -> 0);

замість значення елемента послідовності 1 отримана 2 (1 -> 2);

замість значення елемента послідовності 2 отримано 0 (2 -> 0);

замість значення елемента послідовності 2 отримана 1 (2 -> 1).

Перераховані помилки можна розділити на дві групи. Перша група помилок, в якій спотворений елемент вхідної послідовності відрізняється від еталонного значення на 1. До цієї групи можна віднести наступні помилки: 0 -> 1, 1 -> 0, 1 -> 2, 2 -> 1. При спотворенні і-го елемента вхідної послідовності еталонна сигнатура E буде відрізнятися від реально отриманої сигнатури Sig $\alpha(t)$ на і-й стовпець матриці станів H і є ознакою або синдромом помилки. При цьому якщо сталася помилка виду 0 -> 1 або 1 -> 2, синдром помилки можна визначити за виразом:

$$h_i = \text{Sig } \alpha(t) - E. \quad (14)$$

У формулі (14) і далі операції віднімання і складання виконуються за модулем три. Якщо сталася помилка виду 1 -> 0 або 2 -> 1, то синдром помилки визначається відповідно до виразу:

$$h_i = E - \text{Sig } \alpha(t). \quad (15)$$

Друга група помилок, в якій спотворений елемент вхідної послідовності відрізняється від еталонного значення на 2. До цієї групи можна віднести наступні помилки: 0 -> 2, 2 -> 0. При виникненні такого виду помилок синдром h_i можна визначити за формулою:

$$h_i \otimes_3 2 = \text{Sig } \alpha(t) - E \quad (16)$$

для помилки 0 -> 2 або відповідно до виразу:

$$h_i \otimes_3 2 = E - \text{Sig } \alpha(t) \quad (17)$$

для помилки 2 -> 0. Таким чином, визначивши синдром помилки за допомогою виразів (14) - (17), можна встановити номер елемента вхідної послідовності, в якому ця помилка сталася. Покажемо процес отримання сигнатури та визначення помилки на багатоканальному аналізаторі який має вісім каналів. Припустимо сигнатурний аналізатор обробляє послідовність $\alpha(t)_{GF3} = 10201002$. Процес отримання сигнатури для цієї послідовності наведений в табл. 4.

Таблиця 4

Процес отримання сигнатури послідовності

| Регістр | Матриця станів | | | | | | | | Сигнатура |
|-------------------|----------------|---|---|---|---|---|---|---|-----------|
| 9_1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| 9_2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 9_3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 9_4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| $\alpha(t)_{GF3}$ | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | |

Припустимо, що помилка виникає в шостому розряді вхідної послідовності, тоді $\alpha(t)_{GF3} = 10201102$ або $\alpha(t)_{GF3} = 10201202$. Сигнатури, які отримані при виникненні таких помилок визначаються в табл. 5 та табл. 6 відповідно.

Таблиця 5

Процес отримання сигнатури послідовності з помилкою

| Регістр | Матриця станів | | | | | | | | Сигнатура |
|-------------------|----------------|---|---|---|---|---|---|---|-----------|
| 9_1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| 9_2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 9_3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 9_4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| $\alpha(t)_{GF3}$ | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | |

Таблиця 6

Процес отримання сигнатури послідовності з помилкою

| Регістр | Матриця станів | | | | | | | | Сигнатура |
|-------------------|----------------|---|---|---|---|---|---|---|-----------|
| 9_1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| 9_2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 9_3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 9_4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| $\alpha(t)_{GF3}$ | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | |

Визначимо синдроми можливих помилок. Синдром помилки вигляду $0 \rightarrow 1$ є стовпець $h_5 = \parallel 0110 \parallel^T$. Синдром помилки вигляду $0 \rightarrow 2$ є стовпець $h_5 \otimes_3 2 = \parallel 0220 \parallel^T$. Відповідно до виразів (5) і (7) набудемо значення еталонної сигнатури:

$$E = \text{Sig } \alpha_1(t) - h_i = \|0102\|^T - \|0110\|^T = \|0022\|^T; \quad (18)$$

$$E = \text{Sig } \alpha_2(t) - h_i \otimes_3 2 = \|0212\|^T - \|0220\|^T = \|0022\|^T, \quad (19)$$

де $\text{Sig } \alpha_1(t)$ – сигнатура, яка містить помилку, що належить першій групі помилок, $\text{Sig } \alpha_2(t)$ – сигнатура, яка містить помилку, що належить другій групі помилок.

При виникненні помилок вигляду $1 \rightarrow 0$ і $1 \rightarrow 2$ еталонною сигнатурою можна вважати результат згортки з табл. 3, а помилковими – результати з табл.2 і табл.4. Тоді, відповідно до (14) і (15), і по аналогії з (18), набудемо наступного значення еталонних сигнатур:

$$E = \text{Sig } \alpha_1(t) + h_i = \|0022\|^T + \|0110\|^T = \|0102\|^T; \quad (20)$$

$$E = \text{Sig } \alpha_2(t) - h_i = \|0212\|^T - \|0110\|^T = \|0102\|^T. \quad (21)$$

При виникненні помилок вигляду $2 \rightarrow 1$ і $2 \rightarrow 0$ еталонною сигнатурою можна вважати результат згортки з табл. 4, а помилковими - результати з табл.2 і табл.3. Тоді, відповідно до (14) і (15), і по аналогії з (18) та (19), набудемо наступного значення еталонних сигнатур:

$$E = \text{Sig } \alpha_1(t) + h_i = \|0102\|^T + \|0110\|^T = \|0212\|^T; \quad (22)$$

$$E = \text{Sig } \alpha_2(t) + h_i \otimes_3 2 = \|0022\|^T + \|0220\|^T = \|0212\|^T. \quad (23)$$

Таким чином, процес визначення елемента вхідної послідовності, що містить помилку, полягає в обчисленні еталонного значення сигнатури на основі пошуку необхідного синдрому помилки. Синдром помилки h_i може визначатися за допомогою послідовного зрушення першого стовпця $h_0 = \|10\dots0\|$ матриці станів N сигнатурного аналізатора [1]. При цьому кількість зрушень, виконаних в пристрої [1] до моменту збігу з еталоном повинно відповідати номеру помилкового елемента вхідної послідовності. Якщо кількість зрушень, виконаних в пристрої [1] у момент збігу з еталоном перевищує довжину вхідної послідовності, то ухвалюється рішення про наявність помилок в декількох її елементах або виникненні багатократної помилки.

Хай вхідна послідовність вводиться в сигнатурний аналізатор, який має K входів. Для того, щоб визначати вхід, до якого постуває помилковий елемент треба порівнювати еталонну сигнатуру з реальною та синдромом помилки відповідно виразам (14) – (21).

На рис.3 наведена структурна схема пристрою в загальному виді. Пристрій включає: K інформаційних входів 1; групу шифраторів $2_1 - 2_K$; групу логічних схем АБО $3_1 - 3_K$; групу блоків $4_1 - 4_n$ множення на два за модулем три; першу групу $5_1 - 5_n$ суматорів за модулем три; три логічні схеми AND 6, 7, 18; генератор одиночного імпульсу 8; дві групи дворозрядних регістрів $9_1 - 9_n$, $19_1 - 19_n$; блок синдрому помилки 10; схема множення на два за модулем три 11; другу групу з двох суматорів за модулем три $12_1, 12_2$; групу з двох блоків віднімання за модулем три $13_1, 13_2$; групу з чотирьох блоків порозрядного порівняння $14_1 - 14_4$; регістр 15; логічна схема АБО 16; лічильник 17; вхід діагностування 20; вхід синхронізації приладу 21; вхід запуску приладу 22; входи еталону 23.

В початковому стані в регістрах $9_1 - 9_n$, $19_1 - 19_n$, 15, регістрах блока синдрому помилки 10 (рис.3) записано код 0...0 (ланцюги встановлення в початковий стан не наведені). На входи 1 аналізатору паралельно подається перша група з K розрядів інформаційної послідовності з виходу об'єкта контролю, яка є реакцією на вхідні тестові дії, а на входах 23 пристрою встановлюється код еталону. На вхід 22 подається сигнал запуску пристрою, який дозволяє за сигналом синхронізації з виходу блоку 6 (рис.3) записати в регістри $9_1 - 9_n$ результат згортки ($\text{Sig } \alpha(t)$) вхідного паралельного потоку даних, що й є сигнатурою відповідно пристрою [4]. Той же сигнал синхронізації записує до регістрів $19_1 - 19_n$ код еталону (E). блок синдрому помилки $14_1 - 14_4$. Оскільки в регістрі блока синдрому помилки 10 записаний код 00...0, то на другі входи схем порівняння $14_1 - 14_4$ подаватиметься код згортки. Кожна з схем $14_1 - 14_4$ порівнює одержану сигнатуру з кодом еталону і формує на виході рівень логічного 0 при збігу реальної сигнатури з еталоном або логічну 1 при їх неспівпаданні. Перший сигнал синхронізації записує набутої ознаки збігу реальної і еталонної сигнатур в регістр 15. Якщо у вхідній послідовності відсутні помилки, то в регістрі 15 буде зафіксований код ознаки помилки 0000 і ухвалюється рішення про правильний прийом інформації, що перевіряється.

Обробка даних з допомогою пропонованого приладу виконується наступним чином. На першому такті сигнатурний аналізатор приймає

послідовність 2022 ($K = 4$), при цьому в регістрах $9_1 - 9_n$ буде сформована тимчасова сигнатура $\text{Sig } \alpha(1) = 1022$. На другому такті роботи приладу на входи 1 сигнатурного аналізатора подається послідовність 2101, сигнатура якої (0101) додається до сигнатури $\text{Sig } \alpha(1) \otimes_3 S^4$ з допомогою суматорів за модулем три $5_1 - 5_4$. При цьому в регістрах $9_1 - 9_n$ буде зафіксовано результат $\text{Sig } \alpha(2) = 2222$ ($1022 \otimes_3 S^4 = 2121$, $0101 \oplus_3 2121 = 2222$). На третьому такті роботи приладу на входи 1 сигнатурного аналізатора подається послідовність 1020, сигнатура якої (1020) додається до сигнатури $\text{Sig } \alpha(2) \otimes_3 S^4$. При цьому в регістрах $9_1 - 9_n$ буде зафіксовано наступний результат:

$$\text{Sig } \alpha(3) = 1101 (2222 \otimes_3 S^4 = 0111, 1020 \oplus_3 0111 = 1101).$$

Таким чином, нелінійний багатоканальний сигнатурний аналізатор здатний обробляти інформацію довжиною, яка перевищує кількість інформаційних входів пристрою та може передаватись по групах з одержанням сигнатури, яка дорівнює сигнатурі одноканального сигнатурного аналізатора при використанні одного й того утворюючого поліному. Отримана сигнатура багатоканального сигнатурного аналізатора, який пропонується завжди буде дорівнювати сигнатурі з одноканального сигнатурного аналізатору, тому, що матриця станів, а також супроводжуюча матриця залежать тільки від вигляду утворюючого поліному.

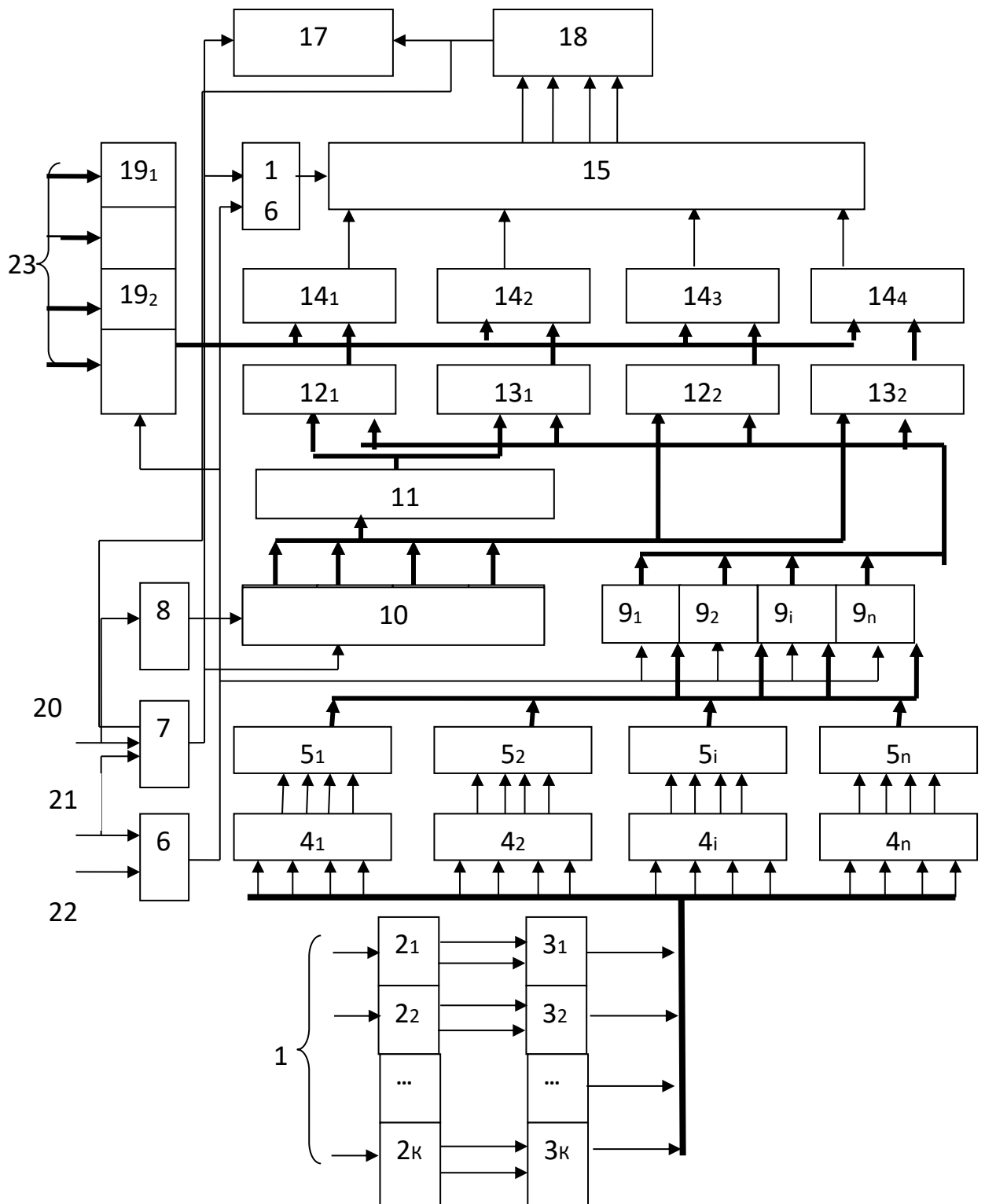


Рис.3. Структурна схема нелінійного сигнатурного аналізатора

Висновки

В проведеному дослідженні на основі формалізації процесу обробки інформації запропонована архітектура сигнатурного аналізатора. Така архітектура може використовуватись при перевірці об'єктів розподілених систем, діагностуванні складних пристроїв, а також контролю повідомлень в мережі передачі даних.

На основі моделювання процесу обробки інформації наведено методику синтезу багатоканальних пристроїв з локалізацією помилок у вхідних інформаційних послідовностях. Такий підхід дозволяє створювати програмно-апаратні пристрої, які спроможні контролювати дані по групах, локалізувати багатократні помилки у вхідних інформаційних пакетах повідомлень. Розроблений узагальнений алгоритм обробки даних в багатоканальній сигнатурному аналізаторі

Запропоновані функціональні схеми пристроїв, що забезпечують діагностування елементів розподіленої інформаційної системи з точністю до типового елемента заміни, а також можливість визначення зіпсованих пакетів в повідомленнях. Такі пристрої контролю даних найбільш ефективні при перевірці передачі безлічі повідомлень пакетами по дейтаграммний каналу в режимі поділу часу.

Для подальшого розвитку цього напрямку роботи необхідно проведення досліджень що до впровадження вдосконалених алгоритмів пошуку помилок при використанні різноманітних протоколів обміну даними.

Література

1. Гордон Г., Надич Х. Локализация неисправностей в микропроцессорных системах при помощи шестнадцатирчных ключевых кодов // Электроника.– 1977.– №5.– С. 23 – 33.
2. Losev M. U. Analysis of ways for exchanging data in networks with package commutation / M. U. Losev, S. V. Minukhin, D. E Sitnikov // Radio Electronics Computer Science Control. – 2018. – №4. – С.196-204. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2018-4-19>
3. Патент на корисну модель 130723, МКИЗG06F11/00 Багатоканальний сигнатурний аналізатор з локалізацією помилок / М.Ю. Лосєв, О.В. Щербаков, Ю.М.Малишко, В.В. Федько (Україна). – № u201806022; заявл. 30.05.18; опубл.26.12.18, Бюл.№24. – 10 с.: іл.