

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Українська державна академія залізничного транспорту

КУЗЬМЕНКО ДМИТРО МИХАЙЛОВИЧ

УДК 656.25:681.3.07

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ
ШЛЯХОМ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ
ЕЛЕМЕНТІВ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидат технічних наук

Харків – 2013

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту на кафедрі «Автоматика та комп'ютерне телекерування рухом поїздів», Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Чепцов Михайло Миколайович,
Донецький інститут залізничного транспорту
Української державної академії залізничного транспорту,
заступник директора з наукової роботи

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Разгонов Адам Пантелійович,
Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти
і науки, молоді та спорту України, кафедра автоматики,
телемеханіки та зв'язку, професор;

доктор технічних наук, професор
Фурман Ілля Олександрович,
Харківський національний технічний університет
сільського господарства ім. Петра Василенка
Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України,
кафедра автоматизації та комп'ютерних технологій,
завідувач кафедри.

Захист відбудеться «21» березня 2013 р. о 11⁰⁰ год на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 в Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха 7.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха 7.

Автореферат розісланий «___» _____ 2013 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

А.В. Прохорченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Системи залізничної автоматики, які включають в себе пристрої сигналізації, централізації та блокування (СЦБ), є основними технічними засобами, призначеними для управління рухом поїздів. Їх експлуатація забезпечує необхідний рівень автоматизації процесів керування, виконує умови безпеки руху транспортних засобів, сприяє організації ефективного контролю стану обладнання.

Наразі одним з перспективних напрямків розвитку залізничних систем є розробка та впровадження мікропроцесорної елементної бази як в інформаційні складові, так і в пристрої безпосереднього керування стрілками й сигналами. При цьому спостерігається загальна тенденція – постійне збільшення кількості функцій, реалізованих програмними засобами. З іншого боку, зростання об'єму програмного забезпечення призводить до зменшення показників безвідмовності, а якщо враховувати програмну реалізацію відповідальних функцій, то проблема забезпечення надійності та функціональної безпеки систем залізничної автоматики є сучасною й актуальною. З урахуванням цього, а також на основі аналізу показників надійності існуючих систем, дослідження старих методів синтезу програмних об'єктів, співставлення їх з функціональними можливостями положень теорії нейронних мереж, дозволяє поставити актуальну задачу розробки нових методів та засобів створення елементів та вузлів систем залізничної автоматики. Вирішення цієї задачі дозволить забезпечити виконання нормативних вимог щодо надійності та функціональної безпеки, мінімізувати матеріальні витрати на розробку, впровадження та експлуатацію пристроїв СЦБ.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів Української державної академії залізничного транспорту згідно з вимогами “Концепції Державної програми реформування залізничного транспорту на 2008-2015 роки”, ухвала КМУ № 651 від 27.12.2006, “Програми інформатизації залізничного транспорту та координаційного плану реалізації першочергових заходів” наказ УЗ № 277-Ц від 03.06.2002; наказом № 818 Міністерства транспорту та зв'язку України від 14 вересня 2004 року «Про затвердження Положення про систему управління безпекою руху поїздів у Державній адміністрації залізничного транспорту України»; планами науково-дослідних робіт академії, що проводяться в рамках галузевих програм у наукових напрямках Міністерства транспорту та зв'язку України на замовлення Державної адміністрації залізничного транспорту України, зокрема за темою: “Розробка технології виготовлення пультів-табло мозаїчного типу” ДР № 0112U001570, ДО № 0212U006188 (виконавець).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є теоретичне обґрунтування та рішення науково-прикладної задачі удосконалення систем залізничної автоматики шляхом підвищення надійності їх функціональних елементів. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд задач:

- виконати аналіз методів побудови та показників надійності систем залізничної автоматики для визначення шляхів удосконалення їх функціональних вузлів;
- класифікувати методи та засоби нейромережевого моделювання функцій з метою можливості їх використання в системах залізничної автоматики;

- розробити метод синтезу моделей пристроїв керування стрілками та світлофорами на основі нейронних мереж для підвищення функціональної надійності;
- розробити динамічну рекурентну нейромережеву модель базового елемента системи залізничної автоматики для підвищення ефективності її функціонування та завадостійкості;
- удосконалити процедуру навчання нейронної мережі за методом зворотного поширення помилки для зменшення середньоквадратичної енергії похибки за виходом та підвищити стійкість моделей;
- виконати оцінку надійності системи та витрат на її проектування й експлуатацію з урахуванням впровадження удосконалених функціональних моделей.

Об'єкт дослідження. Процес функціонування систем залізничної автоматики.

Предмет дослідження. Методи аналізу та синтезу функціональних моделей систем залізничної автоматики.

Методи дослідження. При розробці методу синтезу моделей пристроїв керування стрілками та сигналами застосовано теорію нейронних мереж; при розробці систем централізації, сигналізації та блокування з підвищеними показниками надійності використані елементи теорії ймовірності, методів диференціального та інтегрального обчислення; при удосконаленні процедури навчання за методом зворотного поширення помилки застосовані в положеннях матричної алгебри; при аналізі стійкості моделі базового елемента використані положення автоматичного управління та методи аналізу динамічних систем; при розробці динамічної рекурентної нейродинамічної моделі базового елемента використані методи статистичного аналізу; при синтезі функціональних об'єктів оцінки їх надійності та завадостійкості використано теорію радіотехнічних кіл та сигналів, методи спектрального аналізу та теорія надійності й безпеки.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в теоретичному обґрунтуванні та рішенні науково-прикладного завдання удосконалення систем залізничної автоматики на основі синтезу нейромережевих моделей функціональних вузлів. При цьому вперше:

- розроблено метод синтезу моделей пристроїв керування стрілками та сигналами на основі нейронних мереж, який, на відміну від існуючих, дозволяє реалізувати пристрої з підвищеними показниками функціональної надійності;
- розроблено динамічну рекурентну нейромережеву модель базового елемента системи залізничної автоматики, що дозволило підвищити ефективність її функціонування та завадостійкість.

Удосконалено:

- процедуру навчання нейронної мережі за методом зворотного поширення помилки, що дозволило зменшити значення середньоквадратичної енергії помилки за виходом та підвищити стійкість моделей у порівнянні з відомими;

Знайшли подальший розвиток:

- методи синтезу мікропроцесорних систем сигналізації, централізації та блокування, що дозволило реалізувати систему з підвищеною надійністю та зменшити витрати на проектування й експлуатацію.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що програмно-апаратна реалізація нейромережевих моделей функціональних вузлів в системах

залізничної автоматики дозволяє розробити та впровадити пристрої сигналізації, централізації й блокування з підвищеними в порівнянні з існуючими показниками надійності та функціональної безпеки, мінімізувати матеріальні витрати на розробку, впровадження та експлуатацію.

Проведені дослідження дозволили розробити:

- авторську комп'ютерну програму «Модель динамічної нейронної мережі з модифікованим алгоритмом навчання за методом зворотного поширення помилки (Model of Dynamic Neural Network)», завдяки якій розроблено базу функціональних об'єктів, що дозволило уніфікувати синтез програмного забезпечення систем залізничної автоматики;

- методи побудови та функціональні моделі мікропроцесорної системи керування рухом, функціональні алгоритми практичної реалізації нейромережевої моделі централізованого керування стрілками та світлофорами, програмне забезпечення пристроїв автоматики й телемеханіки (акт впровадження у ДП «Харківський метрополітен»).

Теоретичні результати, які були отримані в процесі виконання роботи, використовуються в курсі лекцій з дисциплін «Станційні системи автоматики», «Системи диспетчерської централізації», в курсовому та дипломному проектуванні, та при підготовці магістрів в Інституті перепідготовки та підвищення кваліфікації Української державної академії залізничного транспорту (УкрДАЗТ).

Особистий внесок здобувача. Всі результати роботи отримані особисто здобувачем або при його безпосередній участі. В наукових працях, що опубліковані в співавторстві, особистий внесок автора такий: в [4] – розроблено нейродинамічну нелінійну авторегресійну модель базового елемента, який виконує найпростішу відповідальну функцію (УкрДАЗТ); в [5] – метод аналізу показників надійності динамічної нейронної мережі на основі застосування процесу деградації значень вагових коефіцієнтів (УкрДАЗТ); в [6] – аналіз залежності показників надійності нейродинамічної функціональної моделі від складності внутрішньої структури (УкрДАЗТ); [7] – формалізація програмних об'єктів набірної групи системи централізованого керування стрілками й світлофорами (УкрДАЗТ); в [9] – розробка класу: `AnalysPhAFCh`, код якого на мові програмування C++ представлений у файлах `AnalysPhAFCh.h`, `AnalysPhAFCh.cpp` (УкрДАЗТ); в [8] – динамічна нейромережева модель пристрою керування світлофором (УкрДАЗТ); в [19] – виконано п. 4.1 «Синтез структури технічних засобів та програмна реалізація функцій набірної групи» (УкрДАЗТ).

Апробація результатів дисертації. Основні наукові результати доповідались та обговорювались на 18-ій Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому і міському транспорті» (м. Алушта, 2005 р.); 19-ій Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому і міському транспорті» (м. Алушта, 2006 р.), четвертая международная научно-практическая конференция «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте» (м. Сочи, 2008 р.); 22-ій Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективні комп'ютерні управляючі та телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України» (м. Алушта, 2009 р.); 23-ій Міжнародній науково-

практичній конференції «Перспективні комп'ютерні управляючі та телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України» (м. Алушта, 2010 р.), 24-й Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективні комп'ютерні управляючі та телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України» (м. Алушта, 2011 р.).

У повному обсязі дисертаційна робота доповідалася на розширеному засіданні кафедри «Автоматика і комп'ютерне телекерування рухом поїздів» Української державної академії залізничного транспорту за участю членів спеціалізованої вченої ради 09 жовтня 2012 року (м. Харків).

Публікації. Відповідно до теми дисертації опубліковано вісім статей у спеціалізованих наукових і науково-технічних виданнях, затверджених Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України та одне авторське свідощтво на твір, дев'ять праць апробаційного характеру, та сім додаткових праць, з них одна монографія.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 143 найменування на 13 сторінках та 3 додатків на 13 сторінках. Повний обсяг роботи складає 145 сторінок, із яких 117 сторінок основного тексту, 58 ілюстрацій і 9 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** висвітлено загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень. Розглянуто зв'язок роботи з науковими програмами і темами. Відображено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

Перший розділ присвячений аналізу методів побудови та показників надійності систем залізничної автоматики для визначення шляхів удосконалення їх функціональних вузлів, виконано оцінку можливості використання засобів нейромережевого моделювання. Значний внесок у вирішення теоретичних та практичних проблем побудови систем залізничної автоматики зробили такі вчені і практики, як: А.Б. Бойнік, Т.В. Бутько, А.М. Брилеєв, Л. Венер, В.І. Гаврилюк, М.І. Данько, І.В. Жуковицький, Г.І. Загарій, Ю.О. Кравцов, М.Ф. Котляренко, В.М. Лисенков, Д.В. Ломотько, В.И. Мойсеєнко, А.П. Разгонов, В.М. Самсонкін, В.В. Сапожніков, Вл.В. Сапожніков, Ю.В. Соколов, Е.Д. Тартаковський, І.Г. Філіппенко, М.М. Чепцов, І.О. Фурман, та інші.

В розділі розглянуті особливості побудови та функції систем сигналізації, централізації та блокування. Визначено, що основним методом забезпечення потрібних показників надійності та функціональної безпеки в цій системі є застосування структурної надлишковості у вигляді резервування технічних та програмних засобів, що приводить до збільшення матеріальних витрат при проектуванні, обладнанні та експлуатації МПЦ.

Виконаний аналіз функціональних моделей та методів забезпечення надійності в системах залізничної автоматики дозволив зробити висновок про те, що при розробці систем СЦБ слід застосовувати мікропроцесорну елементну базу, але повинні бути розроблені такі методи синтезу функціональних моделей, які забезпечуватимуть нормативний рівень надійності й безпеки. З оглядом на це,

виконано аналіз нейромережових методів моделювання функцій систем і зроблено висновок про доцільність їх використання. При цьому найбільш розвинутим і теоретично обґрунтованим є корекція вагових коефіцієнтів (навчання) методом градієнтного спуску за поверхнями помилок при їх зворотному поширенні. Його доцільно застосовувати для моделювання функцій пристроїв залізничної автоматики, але метод потребує удосконалення з метою усунення відомої проблеми – зупинки процедури в локальному мінімумі функції помилки.

Другий розділ присвячений динамічному нейромережевому моделюванню елементів системи сигналізації, централізації та блокування. В розділі введено поняття “модель базового елемента” системи залізничної автоматики (МБЕ) та сформульовані вимоги щодо його необхідної функціональної насиченості: модель повинна належити до класу динамічних; з метою забезпечення прозорості первинного синтезу системи керування модель базового елемента повинна відтворювати “квазілогічне” функціонування; в моделі необхідно передбачити ступінчасте реагування на вхідний сигнал для фільтрації гаусових завад з невеликою амплітудою; МБЕ не повинна реагувати на короткотривалі імпульси значного рівня; нелінійні функції моделі базового елемента повинні бути гладкими, тобто мати похідну при будь-яких значеннях аргументів.

Визначено, що розглянутим вимогам задовольняє багатоварова нейронна мережа з логістичною функцією збудження нейронів

$$y_j = \frac{1}{1 + e^{-v_j}}, \quad (1)$$

де v_j - індуковане локальне поле нейрона (вагова сума всіх синаптичних входів та порогових значень); y_j - вихід j -го нейрона (рис. 1).

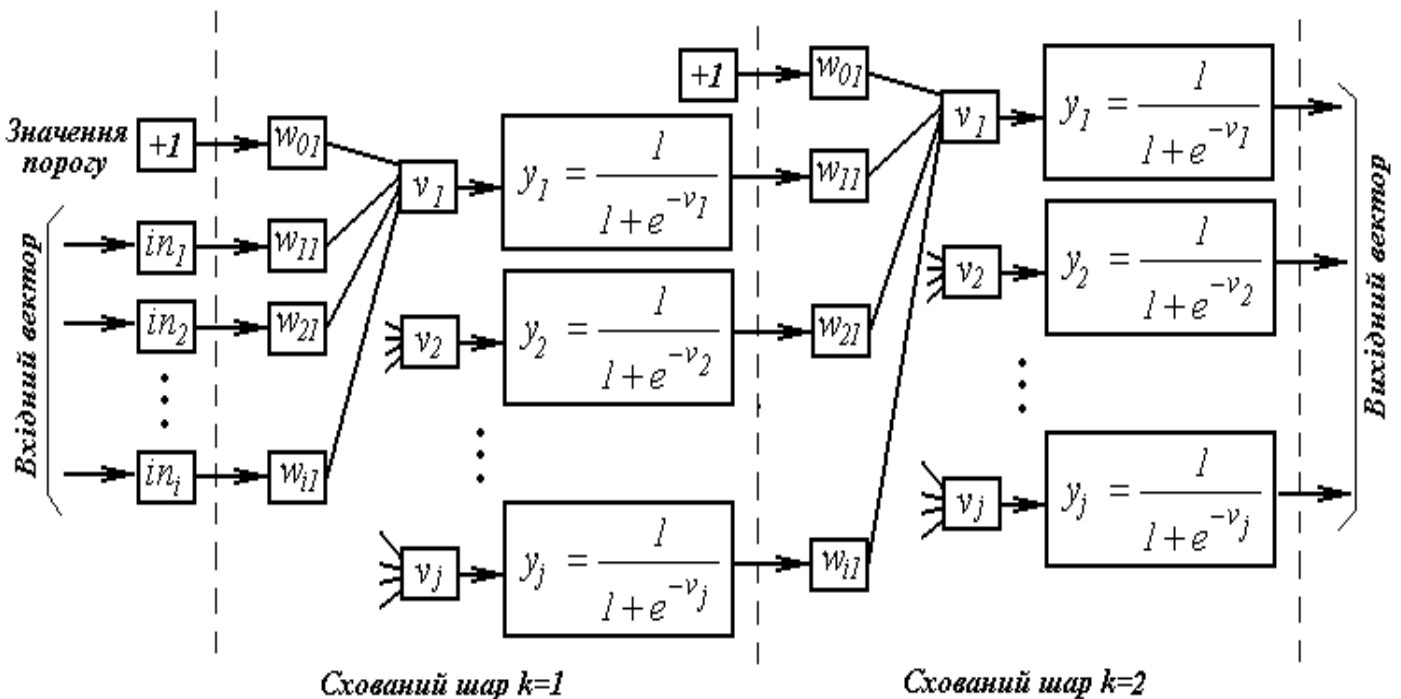


Рис. 1 Загальна структура нейронної мережі моделі базового елемента

У загальному вигляді, з урахуванням k схованих шарів нейронної мережі, модель функціонування при прямому розповсюдженні сигналів має наступний вигляд

$$y_{kj} = 1 / (1 + \exp(-s_j (w_{k0j} + \sum_{i=1}^{N_k} y_{k-1j} \cdot w_{kij}))), \quad (2)$$

де N_k - кількість нейронів у k -тому шарі; s_j - значення нахилу логістичної функції j -го нейрону; для першого шару $y_{kj} = in_i$.

Неоднозначним питанням теорії нейронних мереж є процес її навчання, тобто визначення вагових коефіцієнтів. В розділі удосконалено ітеративний алгоритм зворотного поширення помилки. Так, сигнал помилки вихідного нейрону n на ітерації j визначається у відповідності до співвідношення

$$e_j(n) = d_j(n) - y_j(n), \quad (3)$$

де $d_j(n)$ - бажане вихідне значення; $y_j(n)$ - отримане вихідне значення. Загальна енергія середньоквадратичної помилки нейронів вихідного шару

$$E(n) = \frac{1}{2} \sum_{j \in C} e_j^2(n). \quad (4)$$

Тоді алгоритм зворотного розповсюдження помилки складається в корегуванні значення вагового коефіцієнту w_{ji} на Δw_{ji} , яка пропорційна частинній похідній. У відповідності до ланцюгового правила градієнт можна представити наступним чином

$$\frac{\partial E(n)}{\partial w_{ji}(n)} = \frac{\partial E(n)}{\partial e_j(n)} \cdot \frac{\partial e_j(n)}{\partial y_j(n)} \cdot \frac{\partial y_j(n)}{\partial v_j(n)} \cdot \frac{\partial v_j(n)}{\partial w_{ji}(n)}, \quad (5)$$

де частинна похідна $\partial E(n) / \partial w_{ji}(n)$ - фактор чутливості, який визначає напрямок пошуку в просторі значень вагових коефіцієнтів.

Для логістичної функції збудження нейронів (1) локальний градієнт для нейрону j , який знаходиться у вихідному шарі

$$\delta_j(n) = a [d_j(n) - o_j(n)] o_j(n) [1 - o_j(n)], \quad (6)$$

де $o_j(n)$ - сигнал на виході нейрону j ; $d_j(n)$ - його потрібне значення.

Для будь-якого шару k вираз (6) набуває наступного вигляду

$$\delta_j(n) = a y_j(n) [1 - y_j(n)] \sum_k \delta_k(n) w_{kj}(n). \quad (7)$$

Корегування вагових коефіцієнтів шару l нейронної мережі виконується у відповідності до загального дельта-правила

$$w_{ji}^{(l)}(n+1) = w_{ji}^{(l)}(n) + a [w_{ji}^{(l)}(n-1)] + \eta \delta_j^{(l)}(n) y_j^{(l-1)}(n), \quad (8)$$

де η - параметр швидкості навчання; a - постійна моменту.

Класичному методу градієнтного спуску в моделі навчання нейронної мережі (3) – (8) властиві недоліки, пов'язані з критерієм зупинки цього процесу: мінімум

евклідової норми вектору градієнта не гарантує досягнення глобального мінімуму на поверхні помилки. У зв'язку з цим алгоритм навчання модифіковано наступним чином:

- 1) відокремлені локальна та глобальна процедури (ЛП та ГП відповідно);
- 2) у ГП апріорно встановлюється максимальна кількість ітерацій навчання -

$max_{ГП}^{iter}$, виконується розрахунок середньоквадратичної помилки за всіма навчальними прикладами N у відповідності до виразу

$$E_{ГП}^{(iter)} = \sum_{k=1}^N (E_k^{(iter)}(n))^2, \quad (9)$$

де $E_{ГП}^{(iter)}(n)$ - загальна енергія середньоквадратичної помилки нейронів вихідного шару (4) для прикладу k на ітерації ($iter$). В кожній ітерації ваговим коефіцієнтам та змінній s_j у виразі (2) присвоюються випадкові значення. Критерій зупинки ГП:

$E_{ГП} < E_{ГП}^{min}$ або $iter = max_{ГП}^{iter}$, де $E_{ГП}^{min}$ - потрібне значення енергії помилки.

Максимальна кількість ітерацій $max_{ГП}^{iter}$ визначається часом виконання функції в залежності від обчислювальної спроможності обчислювальних засобів. У процесі виконання ГП запам'ятовуються значення вагових коефіцієнтів та s_j з мінімальним $E_{ГП}$;

3) в ЛП, окрім розрахунків за формулами (3) - (8) виконується контроль локальних градієнтів $\delta_j(n)$. Якщо $\delta_j(n) \rightarrow 0$, тобто процес зупинився в локальному мінімумі, ваговим коефіцієнтам та змінній s_j у виразі (2) присвоюються випадкові значення. Критерій зупинки ЛП: $E_{ЛП} < E_{ЛП}^{min}$ або $iter = max_{ЛП}^{iter}$, де $E_{ЛП}^{min}$ - потрібне значення енергії помилки в локальній процедурі.

Таким чином, використання модифікованого алгоритму дозволяє отримати стійкі результати при вирішенні задач за рахунок ускладнення обчислень та збільшення часу навчання. З іншого боку алгоритм у наведеному вигляді не призначений для моделювання динамічних об'єктів, до яких, відповідно сформульованих вимог, належить базовий елемент. У зв'язку з цим введемо наступні обмеження: вважаємо, що на малому проміжку часу Δt середовище функціонування стаціонарне, вхідному інваріантному сигналу відповідає тільки один вихідний, стан середовища функціонування в момент часу Δt залежить тільки від попереднього. З урахуванням цих обмежень можливе застосування рекурентної нейродинамічної моделі з розглянутим модифікованим алгоритмом навчання. Попередні стани середовища враховуються в архітектурі такої НМ шляхом організації зворотних зв'язків із використанням ліній затримки (рис. 2).

Модель має по одному входу та виходу, їх значення в дійсний момент часу $u(\Delta t)$ та $y(\Delta t)$ відповідно. Лінії затримки z^{-1} зберігають значення середовища в попередні моменти часу: $\Delta t - 1, \Delta t - 2, \dots, \Delta t - q$, причому кількість елементів запам'ятовування однакова як для входів, так і для виходів.

Слід зазначити, що подібні мережі підпадають під клас моделей нелінійної

авторегресії із зовнішніми зв'язками (NARX), динаміка яких формалізується наступним чином

$$y(\Delta t) = F_{МБЕ}(y(\Delta t), \dots, y(\Delta t - q), u(\Delta t), \dots, u(\Delta t - q)), \quad (10)$$

тобто існує певне нелінійне перетворення $F_{МБЕ}$, завдяки якому значення виходу в дійсний момент часу $y(\Delta t)$ однозначно визначається в термінах попередніх значень виходу $y(\Delta t - 1), \dots, y(\Delta t - q)$ та входу $u(\Delta t - 1), \dots, u(\Delta t - q)$.

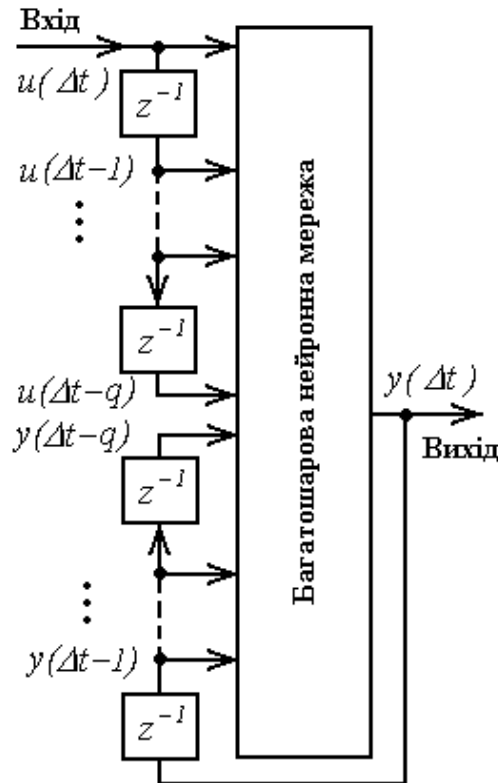


Рис. 2 Архітектура рекурентної нейродинамічної моделі

Розрахунок локального градієнту для такого типу мережі подібний до (3) – (8) за винятком реалізації розгортання алгоритму навчання в часі

$$\delta_j(n) = \begin{cases} \varphi'(v_j(n))e_j(n), & n = \Delta t \\ \varphi'(v_j(n))[e_j(n) + \sum_{k \in A} w_{jk} \delta_k(n+1)], & \Delta t - 1 < n \leq \Delta t, \end{cases} \quad (11)$$

де $\varphi'(\cdot)$ - похідна функції активації нейронів (1), $v_j(n)$ - індуковане локальне поле нейрона j . Зміна значень вагових коефіцієнтів виконується відповідно виразу (8). Графік, на якому співставлені бажані елементи вхідного вектору \bar{d} і отримані як результат функціонування моделі в часі при вхідній послідовності \bar{u} , наведені на рис. 3. Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок, що модель базового елемента задовольняє сформульованим вимогам щодо її функціональності, а саме: модель належить до класу динамічних; моделлю відтворюється “квазілогічне” функціонування, де за логічні рівні приймаються відповідні значення виходу 0 та $\approx 0,5$, причому такі рівні встановлюються при формуванні навчальної послідовності і за необхідністю можуть бути змінені; - в моделі передбачається

ступінчасте реагування на вхідний сигнал для фільтрації гаусових завад з невеликою амплітудою; МБЕ не реагує на короткотривалі імпульси; функції активації нейронів моделі логістичні, мають похідну при будь-яких значеннях аргументів.

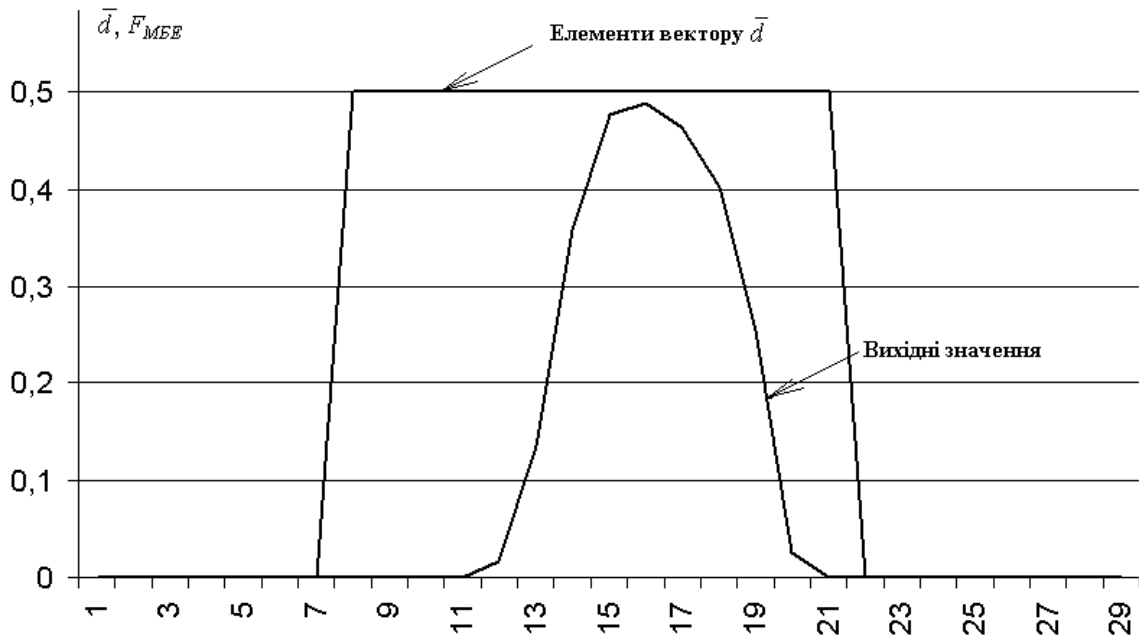


Рис. 3 Співставлення елементів вхідного вектору і отриманих в результаті функціонування динамічної моделі

В розділі виконано аналіз стійкості моделі базового елемента за критерієм Найквіста за виглядом амплитудно-фазової частотної характеристики (АФЧХ) системи в цілому, як результат реакції на вхідні сигнали. Визначено, що стійкість суттєво залежить від структури та конкретної реалізації (навчання) моделі. Загалом вигляд АФЧХ свідчить про те, що модель є фільтром нижніх частот і при двошаровій структурі стає стабільною (рис. 4).

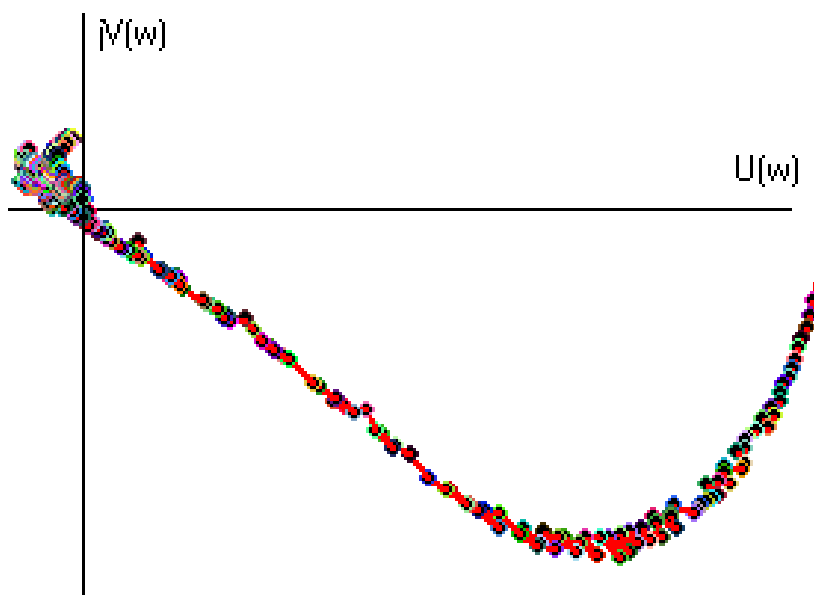


Рис. 4 АФЧХ моделі базового елемента з двошаровою мережею

З урахуванням того, що під надійністю пристрою розуміється здатність виконувати задані функції протягом експлуатації з урахуванням впливу зовнішніх факторів, в розділі розроблено метод деградаційного аналізу показників безвідмовності.

Третій розділ присвячений розробці функціональних моделі пристроїв систем сигналізації, централізації та блокування. При цьому виконано синтез моделей перевірки логічних умов функціонування в колах набірної групи згідно нормативної документації та специфічних особливостей їх формалізації. З урахуванням того, що одним з найбільш поширених вузлів систем залізничної автоматики є пристрій керування світлофором, в розділі розроблено нейромережеву динамічну модель пристрою керування світлофором (НДМ ПКС), структуру якої зображено на рис. 5.

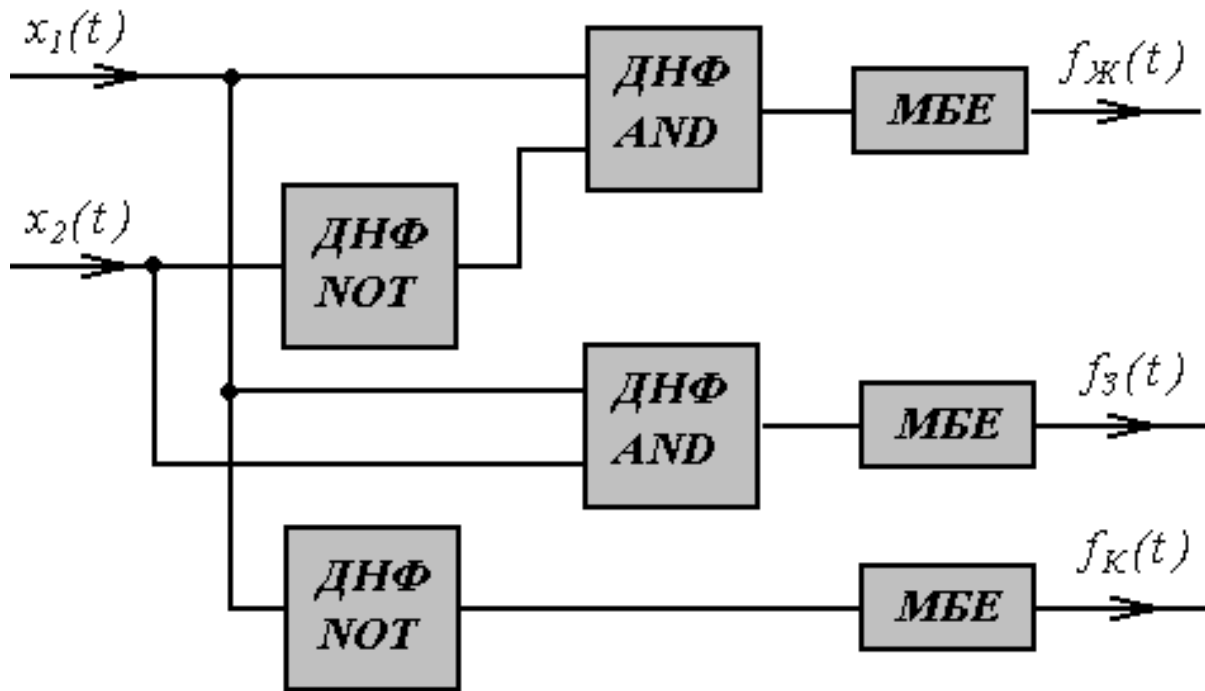


Рис. 5 Структура нейромережевої динамічної моделі пристрою керування світлофором

Структура складається з наступних динамічних нейромережевих функціональних моделей: кон'юнкції (ДНФ AND), інверсії (ДНФ NOT), базового елемента (МБЕ).

В розділі показано, що модель адекватна відтворюваному процесу керування світлофором. Крім цього, виконано оцінку надійності пристрою за методом імітації деградації вагових коефіцієнтів. Тоді відповідні енергії середньоквадратичної помилки на кожній ітерації процесу деградації вагових коефіцієнтів НДМ ПКС розраховані наступним чином

$$E_3 = \frac{1}{2} \sum_{j=0}^T [f_3(t_j) - f_3^D(t_j)]^2, \quad (12)$$

$$E_{\mathcal{J}} = \frac{1}{2} \sum_{j=0}^T [f_{\mathcal{J}}(t_j) - f_{\mathcal{J}}^D(t_j)]^2, \quad (13)$$

$$E_K = \frac{1}{2} \sum_{j=0}^T [f_K(t_j) - f_K^D(t_j)]^2, \quad (14)$$

де E_3 , $E_{\mathcal{J}}$, E_K - енергії помилки за відповідним виходом моделі; $f_3(t_j)$, $f_{\mathcal{J}}(t_j)$, $f_K(t_j)$ - еталонні значення виходів у дискретні моменти часу t_j ; $f_3^D(t_j)$, $f_{\mathcal{J}}^D(t_j)$, $f_K^D(t_j)$ - отримані значення виходів у дискретні моменти часу t_j (розрахунок проводився при $T=63$). В результаті розрахунків отримані поверхні щільності розподілу $f_3^{\Phi}(iter)$, $f_{\mathcal{J}}^{\Phi}(iter)$, $f_K^{\Phi}(iter)$ як функції від кількості ітерацій процесу деградації. Апроксимація цих дискретних функцій Пуасонівським законом розподілу першого порядку дозволила перейти до безперервних функцій щільності розподілу часу безвідмовної роботи

$$f_{\Phi}(t) = \lambda_{\Phi} e^{-\lambda_{\Phi} t}, \quad (15)$$

де λ - інтенсивність функціональних відмов, яка набуває наступних значень: $\lambda_3 = 0,5122$, $\lambda_{\mathcal{J}} = 0,75$, $\lambda_K = 0,7778$. При апроксимації функцій (15) перевірялась відповідність критерію χ^2 , при цьому отримано $\chi_3^2 = 1,66407$, $\chi_{\mathcal{J}}^2 = 1,58675$, $\chi_K^2 = 1,49901$.

Виконавши розрахунки за формулами (14) та (15), отримано результати, які свідчать про зменшення інтенсивності функціональних відмов пристрою керування зеленим, жовтим та червоним вогнем світлофору приблизно на 49%, 25%, 22% відповідно, в середньому – 32%.

В розділі розроблено модель пристрою керування стрілкою та виконано аналіз його функціональної надійності. На основі сформульованих функціональних вимог та з урахуванням аналізу принципів дії існуючих пристроїв, розроблено структуру статичного прототипу, у вигляді логічної моделі пускового вузлу.

На основі прототипу, який представляє собою тригер, побудований на елементах **&1** та **&2**, та вузлів формування короткотривалих імпульсів **3**, **4**, з урахуванням інших складових пристрою, розроблено нейромережеву динамічну модель пристрою керування стрілкою. В роботі проаналізована її адекватність та розраховано кількісний показник надійності - інтенсивність функціональних відмов, який дорівнює $\lambda_{\Phi} = 0,2284$.

В розділі виконано синтез та досліджена надійність нейромережевих моделей перевірки логічних умов функціонування системи керування стрілками та світлофорами. При цьому встановлено, що безвідмовність кожного вузла суттєво залежить від структури нейронної мережі, покладеної в основу його функціонування. У зв'язку з цим в роботі виконано імітаційне моделювання деградації вагових коефіцієнтів в залежності від кількості ітерацій процесу та складності структури мережі. З урахуванням цього отримано множину значень

інтенсивностей функціональних відмов λ_{Φ} в залежності від кількості нейронів другого шару $\{3, 4, \dots, 10\}$ та середньоквадратичної енергії помилки за виходом, яке перевищує поріг $E_{пор.}$ (з розбиттям на 20 значень). Отримана множина значень у вигляді поверхні зображена на рис. 6

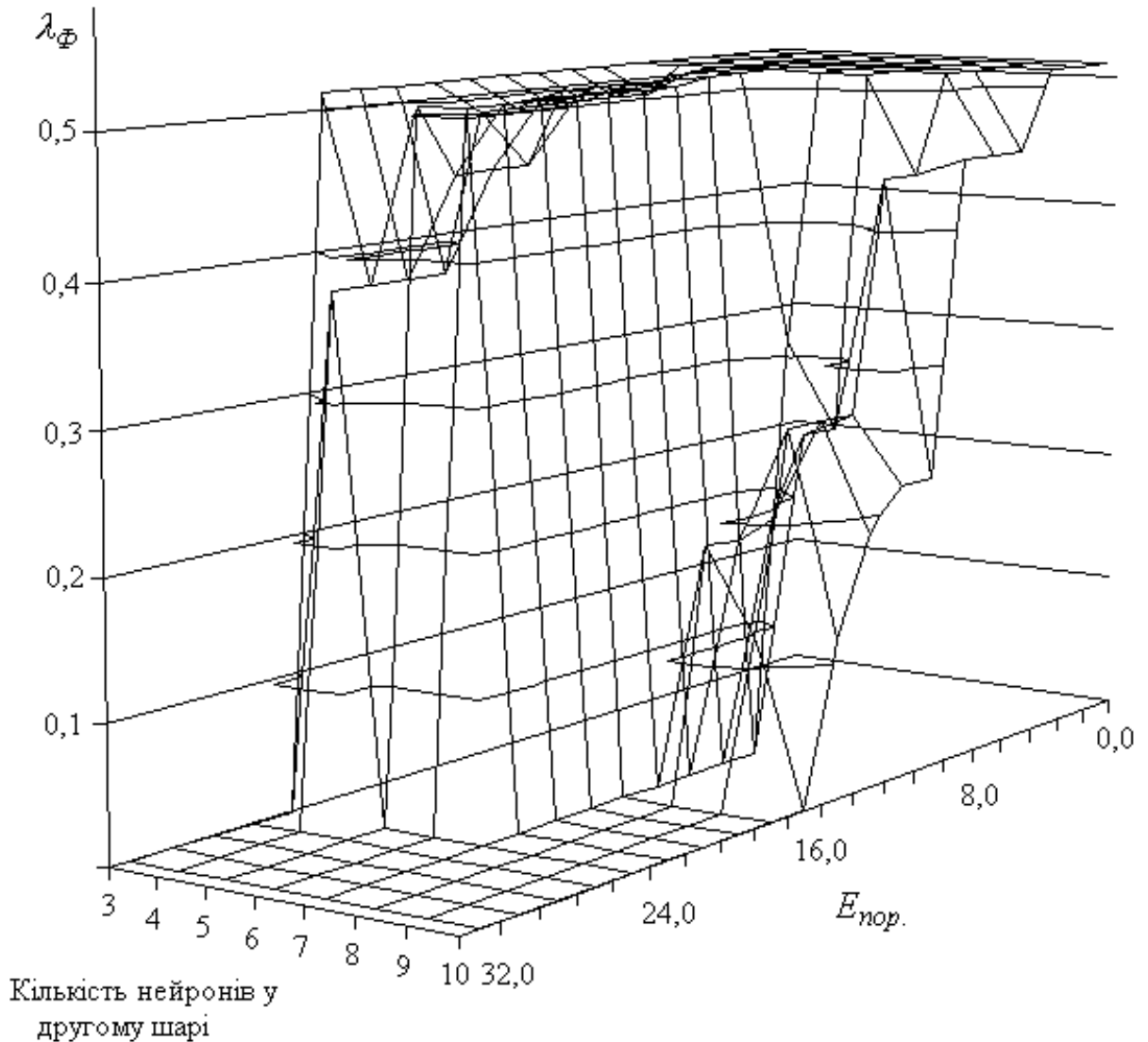


Рис. 6 Поверхня множин значень λ_{Φ} в залежності від кількості нейронів другого шару та порогу $E_{пор.}$

Узагальнюючи відзначено, що функціональна надійність динамічної нейромережевої моделі логічного елементу за параметром λ_{Φ} підвищується зі збільшенням кількості нейронів мережі. З іншого боку, як видно з рис. 6, таке явище ступінчасте і спостерігається тільки після двократного збільшення. Найбільш доцільним з точки зору практичної реалізації слід застосувати мережу з кількістю нейронів другого шару 6-7 замість 3, що відповідає збільшенню надійності за показником інтенсивності відмов від 48,8% до 63,3%, в залежності від потрібної помилки за виходом.

Четвертий розділ присвячений розробці системи мікропроцесорної централізації, аналізу показників надійності та техніко-економічному обґрунтуванню. При цьому розроблено загальну структуру системи керування стрілками та світлофорами, приведено методику оцінки кількості об'єктів керування та контролю в залежності від складності станції та її колійного розвитку.

Для оцінки функціональної надійності пристроїв виконано класифікацію станцій за складністю технічної реалізації системи централізації в залежності від кількості стрілок. Розрахунок надійності за показником інтенсивності відмов виконано на основі результатів, отриманих у третьому розділі, вважаючи, що закон розподілення відмов експонентний. При цьому застосовано метод розрахунку за структурною схемою.

Введено наступні позначення сумарної інтенсивності відмов: $\Lambda_{\Phi C}$ - пристроїв керування світлофорами; $\Lambda_{\Phi Cmp}$ - стрілками; $\Lambda_{\Phi HG}$ - елементів набірної групи; $\Lambda_{\Phi UB}$ - елементів перевірки умов безпеки; Λ_I - інших складових системи. Тоді загальна інтенсивність відмов системи централізованого керування є сумою складових

$$\Lambda = \Lambda_{\Phi C} + \Lambda_{\Phi Cmp} + \Lambda_{\Phi HG} + \Lambda_{\Phi UB} + \Lambda_I. \quad (16)$$

Взявши до уваги результати експертної оцінки, приведеної до однієї стрілки, вираз перетворюється в наступний

$$\Lambda = n_c (K\Phi_C \lambda_{\Phi C} + K\Phi_{Cmp} \lambda_{\Phi Cmp} + K\Phi_{HG} \lambda_{\Phi HG} + K\Phi_{UB} \lambda_{\Phi UB}) + \Lambda_I, \quad (17)$$

де n_c - кількість стрілок на станції; λ з відповідним індексом – інтенсивність відмов одного функціонального об'єкта.

Для оцінки зменшення інтенсивності відмов, в залежності від кількості стрілок на станції $\gamma(n_c)$, та з урахуванням того, що інші складові системи не оцінюються, у формулі (17) абсолютні чинники замінені відносними, тоді

$$\gamma(n_c) = k_C K\Phi_C + k_{Cmp} K\Phi_{Cmp} + k_{HG} K\Phi_{HG} + k_{UB} K\Phi_{UB}, \quad (18)$$

де, $k_C = 0,32$ - середнє значення зменшення інтенсивності функціональних відмов пристрою керування світлофором; $k_C = 0,2284$ - значення зменшення інтенсивності функціональних відмов пристрою керування стрілкою; $k_{HG} = k_{UB} = 0,56$ - значення зменшення інтенсивності функціональних відмов набірної групи та функцій логічних умов безпеки.

Виконавши розрахунки за формулою (18), отримані значення зменшення інтенсивності відмов за рахунок застосування нейромережєвих функціональних об'єктів, які наведені на рис. 7 у вигляді гістограми.

З наведеного випливає, що застосування нейромережєвих моделей при синтезі функціональних вузлів системи централізації призводить до зменшення загальної інтенсивності відмов (до 6,558 разів). При цьому для більш великих станцій значення $\gamma(n_c)$ збільшується (рис. 7). Таке явище, в першу чергу, обумовлене потребою перевірки значної кількості логічних умов пристроями набірної та виконавчої групи в системі централізованого керування стрілками й світлофорами.

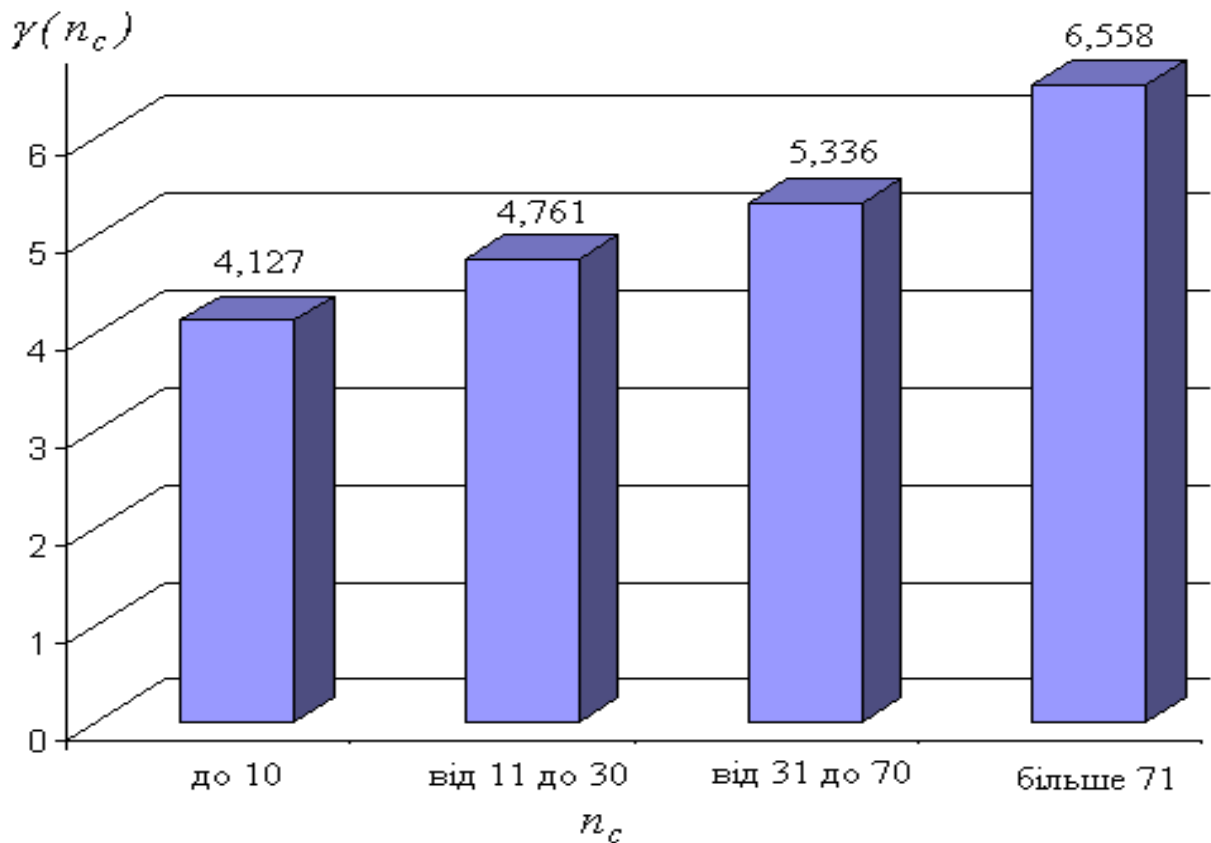


Рис. 7 Гістограма розподілу значень зменшення інтенсивності відмов системи централізації в залежності від кількості стрілок

В техніко-економічному обґрунтуванні розроблено моделі, в яких використовуються оцінки витрат і ефективності інвестицій. Зроблено висновок про те, що інтенсивність повернення капіталу після окупності проекту буде представляти інтенсивність збільшення прибутку, що в остаточному підсумку є визначальним показником ефективності реалізації проекту обладнання дільниці системою диспетчерського керування, враховуючи обладнання станцій мікропроцесорними пристроями керування стрілками й світлофорами.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі приведено теоретичне узагальнення і нове рішення науково-прикладного завдання удосконалення систем залізничної автоматики на основі синтезу нейромережових моделей функціональних вузлів. На основі проведених досліджень зроблені наступні висновки:

1. На основі аналізу методів побудови та показників надійності систем залізничної автоматики визначені шляхи удосконалення їх функціональних вузлів. При цьому відзначено наступне: основним стимулом поступової відмови від структури з просторово й функціонально розподіленими елементами систем на користь більш централізованих є необхідність забезпечення безпеки на основі застосування сучасних технічних засобів, принципів побудови, методів і моделей.

2. На основі класифікації методів та засобів нейромережового моделювання функцій показана можливість їх використання в системах залізничної автоматики. При цьому встановлено, що найбільш розвинутим і теоретично обґрунтованим є корекція вагових коефіцієнтів (навчання) методом градієнтного спуску за

поверхніми помилок при їх зворотному поширенні. Показана доцільність його застосування для моделювання функцій пристроїв залізничної автоматики, але метод потребує удосконалення з метою усунення відомої проблеми – зупинки процедури в локальному мінімумі функції помилки.

3. Розроблено метод синтезу моделей пристроїв керування стрілками та світлофорами на основі нейронних мереж для підвищення функціональної надійності. Виконано синтез об'єктів набірної групи системи централізованого керування стрілками й світлофорами, що дозволяє реалізувати логічні умови функціонування програмного забезпечення кіл набірної групи згідно нормативної документації з урахуванням специфічних особливостей формалізації. Розроблено динамічну нейромережеву модель пристрою керування світлофором, яка відповідає критеріям функціональної спроможності та показникам надійності з урахуванням реалізації на мікропроцесорній елементній базі. При цьому, отримано результати, які свідчать про зменшення інтенсивності відмов пристрою керування зеленим, жовтим та червоним вогнем світлофору приблизно на 49%, 25%, 22% відповідно. Виконано синтез нейромережевої моделі пристрою керування стрілкою та зроблено аналіз її надійності, який, у порівнянні з існуючими, показує 28% загальне підвищення надійності при реалізації комп'ютерними засобами. Виконано синтез динамічної моделі логічного елемента та досліджено її надійність в залежності від кількості нейронів схованого шару.

4. Розроблено динамічну рекурентну нейромережеву модель базового елемента системи залізничної автоматики (МБЕ), що підвищило ефективність її функціонування та завадостійкість. При цьому зауважено, що МБЕ задовольняє сформульованим вимогам щодо її функціональності, а саме: модель належить до класу динамічних; моделлю відтворюється “квазілогічне” функціонування, де за логічні рівні приймаються відповідні значення виходу 0 та $\approx 0,5$, причому такі рівні встановлюються при формуванні навчальної послідовності і за необхідністю можуть бути змінені; в моделі передбачається ступінчасте реагування на вхідний сигнал для фільтрації гаусових завад з невеликою амплітудою; МБЕ не реагує на короткотривалі імпульси; функції активації нейронів моделі логістичні, мають похідну при будь-яких значеннях аргументів.

5. Удосконалено процедуру навчання нейронної мережі за методом зворотного поширення помилки для зменшення середньоквадратичної енергії помилки за виходом та підвищити стійкість моделей. На основі вирішення класичної задачі XOR показано, що при використанні модифікованого алгоритму, процес навчання зупинився за виконанням критерію $E_{ГП} < E_{ГП}^{min}$ ($E_{ГП} = 6 \cdot 10^{-6}$) і склався з 51 ітерації глобальної процедури. Розраховані вагові коефіцієнти та параметри нахилу логістичної функції набули наступних значень: $s_1^{(1)} = 0,02903836$, $w_{11}^{(1)} = 2,304384$, $w_{12}^{(1)} = 2,38116\zeta$, $s_2^{(1)} = 0,02728813$, $w_{21}^{(1)} = 1,15111\zeta$, $w_{22}^{(1)} = 1,25740\zeta$, $s_1^{(2)} = -0,151692\zeta$, $w_{11}^{(2)} = 920,108\zeta$, $w_{12}^{(2)} = -688,565\zeta$.

6. Виконано оцінку надійності системи та витрат на її проектування й експлуатацію з урахуванням впровадження удосконалених функціональних моделей. Зроблено висновок, що застосування нейромережевих моделей при синтезі

функціональних вузлів системи централізації призводить до зменшення загальної інтенсивності відмов (до 6,558 разів). При цьому для більш великих станцій значення $\gamma(n_c)$ збільшується, що обумовлено потребою перевірки значної кількості логічних умов пристроями набірної та виконавчої групи в системі централізованого керування стрілками й світлофорами. В техніко-економічному обґрунтуванні розроблено моделі, в яких використовуються оцінки витрат і ефективності інвестицій. Зроблено висновок про те, що інтенсивність повернення капіталу після окупності проекту буде представляти інтенсивність збільшення прибутку, що в остаточному підсумку є визначальним показником ефективності реалізації проекту обладнання дільниці системою диспетчерського керування, враховуючи обладнання станцій мікропроцесорними пристроями керування стрілками й світлофорами.

7. Проведені дослідження дозволили розробити: авторську комп'ютерну програму «Модель динамічної нейронної мережі з модифікованим алгоритмом навчання за методом зворотного поширення помилки (Model of Dynamic Neural Network)», завдяки якій розроблено базу функціональних об'єктів, що дозволило уніфікувати синтез програмного забезпечення систем залізничної автоматики; методи побудови та функціональні моделі мікропроцесорної системи керування рухом, функціональні алгоритми практичної реалізації нейромережевої моделі централізованого керування стрілками та світлофорами, програмне забезпечення пристроїв автоматики й телемеханіки (акт впровадження у ДП «Харківський метрополітен»). Економічний ефект від впровадження склав 221 120 (двісті двадцять одна тисяча сто двадцять) грн.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Кузьменко Д.М. Принципы построения релейно-процессорной централизации станции Техническая Киев-Пассажирский / Д.М.Кузьменко, В.И.Мойсеенко, А.Ф.Майборода // Залізничний транспорт України. – 2002. – №3. – С. 36-38.
2. Кузьменко Д.М. Модернізація пристроїв залізничної автоматики / Д.М.Кузьменко // Залізничний транспорт України. – 2009. – №4. – С. 51-53.
3. Кузьменко Д.М. Метод аналізу стійкості динамічної рекурентної нейронної мережі. / Д.М. Кузьменко // Зб. наук. праць ДонІЗТ, Донецьк, 2011. – Вип. 25. – С. 21-26.
4. Кузьменко Д.М., Блиндюк В.С., Чепцов М.М. Нейромережеве моделювання функцій систем залізничної автоматики. / Д.М. Кузьменко, В.С. Блиндюк, М.М. Чепцов // Зб. наук. праць УкрДАЗТ, Харків, 2011. – Вип. 122. – С. 33-43.
5. Кузьменко Д.М., Блиндюк В.С., Чепцов М.М. Деградаційний аналіз надійності нейродинамічної функціональної моделі. / Д.М. Кузьменко, В.С. Блиндюк, М.М. Чепцов // Зб. наук. праць УкрДАЗТ, Харків, 2011. – Вип. 124. – С. 68-77.
6. Кузьменко Д.М., Блиндюк В.С., Чепцов М.М. Аналіз залежності показників надійності нейродинамічної функціональної моделі від кількості ліній затримок. / Д.М. Кузьменко, В.С. Блиндюк, М.М. Чепцов // Зб. наук. праць ДонІЗТ, Донецьк, 2011. – Вип. 26. – С. 71-77.

7. Кузьменко Д.М., Панченко С.В., Чепцов М.М. Функціональний синтез програмних об'єктів набірної групи системи централізованого керування стрілками й світлофорами. / Д.М. Кузьменко, С.В. Панченко, М.М. Чепцов // Зб. наук. праць. ДонІЗТ, Донецьк, 2011. – № 23. – С. 29-35.

8. Кузьменко Д.М. Нейромережеве моделювання та аналіз надійності пристрою керування світлофором. / Д.М. Кузьменко, С.В. Панченко, А.Б. Бойник, М.М. Чепцов // Зб. наук. праць. ДонІЗТ, Донецьк, 2011. – № 27. – С. 64-71.

9. Авт. свідоцтво №39465, реєстр. 03.08.2011, МОН України, Державний департамент інтелектуальної власності. Комп'ютерна програма "Модель динамічної нейронної мережі з модифікованим алгоритмом навчання за методом зворотного поширення помилки" ("Model of Dynamic Neural Network") / М.М. Чепцов, В.С. Блиндюк, Д.М. Кузьменко, О.О. Германенко; заявка від 23.05.2011 № 39639.

Праці апробаційного характеру:

10. Кузьменко Д.М. Перспективи модернізації систем управління поїздів. / Кузьменко Д.М., Бойник А.Б. // Перспективні системи управління на залізничному, промисловому і міському транспорті: матеріали доповідей міжнародної науково - практичної конференції 2005р. / Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. – 2005. – № 5 (55). – С.117.

11. Кузьменко Д.М. Модернізація систем управління рухом поїздів на метрополітені. / Кузьменко Д.М., Мойсеєнко В.І. // Перспективні системи управління на залізничному, промисловому і міському транспорті: матеріали доповідей міжнародної науково - практичної конференції 2005р. / Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. – 2005. – № 5 (55). – С.117.

12. Кузьменко Д.М. Мікропроцесорна гіркова автоматична централізація. / Мойсеєнко В.І., Кузьменко Д.М., Левшня П.М. // Перспективні системи управління на залізничному, промисловому і міському транспорті: матеріали доповідей міжнародної науково - практичної конференції 2005р. / Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. – 2005. – № 5 (55). – С.119.

13. Кузьменко Д.М. Микропроцессорная горочная автоматическая централизация. / Кузьменко Д.М., Левшня П.М. // Внедрение наукоемких технологий на магистральном и промышленном железнодорожном транспорте: материалы доповідей міжнародної науково - практичної конференції 2006р. / Тезиси докладов, Алушта – 2006. – С.29.

14. Кузьменко Д.М. Мікропроцесорна гіркова автоматично централізація. / Кузьменко Д.М., Левшня П.М. // Перспективні системи управління на залізничному, промисловому і міському транспорті: матеріали доповідей міжнародної науково - практичної конференції 2006р. / Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. – 2006. – № 4 (60). – С.22.

15. Кузьменко Д.М. Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов. / Кузьменко Д.М. // Четвертая международная научно-практическая конференция «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте»: матеріали доповідей міжнародної науково - практичної конференції 2008р. / Аннотации докладов., Сочи, 2008. – С.23-24.

16. Кузьменко Д.М. Удосконалення засобів автоматичного контролю відсутності перешкод та рухомого складу на колійній ділянці. / Варавін А.В., Кузьменко Д.М., Сіроклін І.М. // Перспективні комп'ютерні, управляючі та телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України / Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009. – № 4 (77). – С.109-112.

17. Кузьменко Д.М. Впровадження мікропроцесорного маршрутного набору на станціях ВАТ МК « Азовсталь ». / Кузьменко Д.М., Токарчук В.В., Рудой Е.В. // Перспективні комп'ютерні, управляючі та телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України: матеріали доповідей міжнародної науково - практичної конференції 2010р. / Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. – 2010. – № 4 (83). – С.18.

18. Кузьменко Д.М. Інноваційні рішення рейкового транспорту. / Кузьменко Д.М. // Перспективні комп'ютерні, управляючі та телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України: матеріали доповідей 24-ої міжнародної науково - практичної конференції 2011р. / Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. – 2011. – № 5 (90). – С.150.

Додаткові праці:

19. Чепцов М.М, Бойнік А.Б., Кузьменко Д.М. Методи синтезу сигнально-процесорної централізації стрілок і сигналів: Монографія. “ДонІЗТ”, Донецьк.– 2010. – 181 с.

20. Кузьменко Д.М. Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування / Д.М.Кузьменко, О.М.Горбатенко, П.М.Левшня //Міністерство транспорту та зв'язку України. – 2006. – С. 461.

21. Кузьменко Д.М. Компьютерная система управления движением поездов / Д.М.Кузьменко, В.И.Мойсеенко, В.М.Бутенко// Залізничний транспорт України. – 2000. – №5 – 6. – С. 80-82.

22. Кузьменко Д.М. Программное обеспечение релейно-процессорной централизации станции Техническая Киев-Пассажи́рский / Д.М.Кузьменко, В.И.Мойсеенко, А.Г.Монастырский, М.В.Азаров, А.Н.Скалозубов// Залізничний транспорт України. – 2002. – №6. – С. 38-41.

23. Кузьменко Д.М. Схемные решения релейно-процессорной централизации станции Техническая Киев-Пассажи́рский / Д.М.Кузьменко, В.И.Мойсеенко, Н.В.Поэта // Залізничний транспорт України. – 2002. – №5. – С. 31-34.

24. Об'єкти сигналізації, централізації та блокування. Позначення умовні при відображенні інформації: ГСТУ 32.0.02.020-99. –[Чинний від 1999-10-01]. К. Укр.НДІССІ Держстандарту України, 1999. – 17 с. – (Національний стандарт України).

25. Авт. свідоцтво №22225, реєстр. 02.10.2007, МОН України, Державний департамент інтелектуальної власності. Комп'ютерна програма “Система проектирования технической документации устройств СЦБ” (СПТД-СЦБ) / Д.М. Кузьменко; заявка від 12.08.2007 № 22429.

АНОТАЦІЯ

Кузьменко Д.М. Удосконалення систем залізничної автоматики шляхом підвищення надійності їх функціональних елементів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за

спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. – Українська державна академія залізничного транспорту МОНмолодьспорту України, Харків, 2013.

Роботу присвячено удосконаленню систем залізничної автоматики шляхом підвищення надійності їх функціональних елементів. В роботі проведено аналіз методів побудови та показників надійності систем залізничної автоматики для визначення шляхів удосконалення їх функціональних вузлів. Досліджено функціональні моделі та методи забезпечення надійності систем залізничної автоматики. Виконано аналіз нейромережових методів моделювання функцій систем. У роботі введено модель базового елемента та сформульовані вимоги, що до забезпечення необхідних функцій. Розроблена динамічна нейромережева модель елементів систем сигналізації, централізації та блокування. У дисертації досліджено декілька структур моделей базового елемента, з аналізом надійності моделей.

На основі моделі базового елемента розроблено динамічні нейромережеві моделі основних вузлів систем залізничної автоматики. Розглянуто характеристики функціонування у штатному режимі та при здійсненні завад. Проведено перевірку адекватності моделей і виконана оцінка надійності вузлів застосуванням деградаційного аналізу. Оцінку ефективності застосування розроблених методів та функціональних моделей здійснено з класифікацією станцій за складністю технічної реалізації.

Ключові слова: системи залізничної автоматики, функціональні елементи, надійність, пристрої сигналізації, централізації та блокування.

АННОТАЦИЯ

Кузьменко Д.М. Усовершенствование систем железнодорожной автоматики путем повышения надежности их функциональных элементов. – На правах рукописи

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта. – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта МОНмолодежьспорта Украины, Харьков, 2013.

Работа посвящена усовершенствованию систем железнодорожной автоматики путем повышения надежности их функциональных элементов. В работе проведен анализ методов построения и показателей надежности систем железнодорожной автоматики для определения путей усовершенствования их функциональных узлов.

В процессе исследования выполнен анализ функциональных моделей и методов обеспечения надежности систем железнодорожной автоматики. Выполнен анализ нейросетевых методов моделирования функций систем с выводом о целесообразности использования, при условии усовершенствования.

В работе введено понятие модели базового элемента и сформулированы требования по обеспечению необходимых функций, выполняемых функциональным элементом. Усовершенствован метод обратного распространения ошибки. Разработана динамическая нейросетевая модель элементов систем сигнализации, централизации и блокировке. В диссертации исследованы различные структуры модели базового элемента, проведен анализ надежности моделей.

На основе модели базового элемента разработаны динамические нейросетевые

модели основных узлов систем железнодорожной автоматики. Рассмотрены характеристики функционирования, как в штатном режиме работы, так и при возникновении помех. Проведена проверка адекватности моделей и выполнена оценка надежности узлов применением деградационного анализа.

Оценку эффективности применения разработанных методов и функциональных моделей осуществлено с учетом классификации станций по сложности технической реализации.

Ключевые слова: системы железнодорожной автоматики, функциональные элементы, надежность, устройства сигнализации, централизации и блокировки.

THE SUMMARY

Kuzmenko D.M. Improvement of railway automation systems by improving the reliability of their functional elements. – Manuscript.

Dissertation for degree of Ph.D. in specialty 05.22.20 - maintenance and repair of vehicles. – Ukrainian State Academy of Railway Transport Ministry Education and Science, Youth and Sports of Ukraine, Kharkov, 2013.

The work is dedicated to the improvement of railway automation systems by improving the reliability of their functional elements. This paper analyzes the methods of construction and the reliability of railway automation systems to identify ways to improve their functional units. The functional models and methods for ensuring the reliability of railway automatics had been researched. The analysis of neural network modeling of functions of systems is done. The notion of a model of basic had been introduced and requirements of providing of required functions had been formulated. Dynamical neural network model of elements of alarm, remote control and interlocking systems had been developed. The several structures of models of basic element with reliability analysis were researched in dissertation.

On the base of basic element model the dynamical neural network model of basic joints of systems of railway automatic were developed. Characteristics of operation in normal and interference modes were considered. A review of the adequacy of models and the estimation of the reliability of nodes where the application degradation analysis of the effectiveness of the developed methods and functional models by the classification stations on the complexity of the technical implementation had been made.

Keywords: systems of rail automation, functional elements, reliability, signaling devices, centralization and blocking.

КУЗЬМЕНКО ДМИТРО МИХАЙЛОВИЧ

УДК 656.25:681.3.07

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ
ШЛЯХОМ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ
ЕЛЕМЕНТІВ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

к.т.н., доц. Кустов В.Ф.

Підписано до друку” ” .2013р.
Формат паперу 60×84 1/16. Папір для тиражувальних апаратів.
Умовн. – рук. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,0
Замовлення № . Тираж 100 прим.

Видавництво УкрДАЗТ. Свідоцтво ДК № 2874 від 12.06.2007р.
Друкарня УкрДАЗТу: 61050, Харків, майдан Фейербаха, 7