

СЕРГІЙ САЛЬНИК

## МЕТОДИКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ВЗАЄМОДІЄЮ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ В МОБІЛЬНИХ РАДІОМЕРЕЖАХ

Запропоновано методику інтелектуального управління взаємодією елементів системи управління в мобільних радіомережах для забезпечення якісного рівня взаємодії між елементами мобільної радіомережі та кращого рівня прийняття управлінських рішень системою управління у мобільних радіомережах. Для забезпечення ефективного управління взаємодією елементів системи управління в мобільних радіомережах в умовах характеристичних особливостей функціонування мобільних радіомереж, зокрема: частоті зміни обстановки можливе лише за наявності системи управління, здатної приймати управлінські рішення в умовах невизначеності. Для вирішення цього завдання запропоновано застосовувати інтелектуальну систему вирішення завдань на основі механізму нейронних мережі. Це дозволить отримати найкращу якість ідентифікації, навчання, що в цілому забезпечить кращий рівень прийняття управлінських рішень з організації та оцінювання стану взаємодії елементів системи управління в мобільних радіомережах. На відміну від подібних методів та методик які застосовуються в комп'ютерних або провідних мережах, які забезпечують взаємодію між елементами системи або мережі шляхом апаратного управління потужністю передачі, в представленій методиці пропонується вирішувати завдання забезпечення взаємодії між елементами системи управління саме мобільних радіомереж шляхом застосування нейронних систем з функціями: побудови відповідної бази даних та бази знань, формуванням бази рішень на події, отриманням та ідентифікації отриманих даних, аналізом та обробкою отриманих вхідних даних, прийняттям рішення із забезпечення взаємодії елементів, вибором та прийняттям рішення із забезпечення взаємодії, перевіркою умов забезпечення структурної взаємодії з'єднання елементів, реалізацією управлінських рішень. Застосування цієї методики дозволить обрати оптимальне управлінське рішення щодо управління взаємодією елементів системи управління в мобільних радіомережах. В умовах характеристичних особливостей функціонування мобільних радіомереж, зокрема, високої динаміки зміни топології, нечіткості, неповноти та непередбачуваності отриманих даних, що дозволить не лише підвищити взаємодію елементів системи управління у мобільних радіомережах, але й підвищити ймовірність успішного прийому пакетів та скоротити енергетичні та часові витрати на їх передачу.

**Ключові слова:** мобільна радіомережа, система управління, елементи мережі, управління взаємодією, інтелектуальна система, нейронна мережа.

**Постановка проблеми.** Порядок управління радіомережами та вузлами в сучасних умовах розвитку інформаційно-комунікаційних систем вимагає своєчасного та повного отримання інформації щодо ситуації, яка склалася на вузлі або мобільній радіомережі (МР) в той чи інший момент часу. Збір, зберігання, обробка інформації та прийняття відповідного управлінського рішення щодо отриманої інформації можливе лише шляхом використання сучасних мереж радіозв'язку. Прикладом таких мереж є мобільні радіомережі. До особливостей функціонування цих мереж відноситься: динамічна топологія, самоорганізованість, мобільність, наявність нечіткої мережевої активності (нечіткість, неповнота та непередбачуваність отриманих даних) [1], [2]. Внаслідок чого одним з основних завдань під час функціонування подібних мереж є забезпечення надійної передачі даних із належним рівнем якості.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розглядаючи питання функціонування мобільних радіомереж доцільно відзначити, що ефективність їх використання безпосередньо залежить від впровадження системи управління (СУ) мобільною мережею, з відповідними

підсистемами (топології, безпеки, потоками даних, маршрутизації, оцінки стану функціонування елементів радіомережі, топології, радіо ресурсу), здатних своєчасно забезпечувати відповідний рівень функціонування як мережі в цілому, так і окремих елементів мережі зокрема.

У свою чергу побудова та функціонування ефективної системи управління потребує застосування сучасних підходів, таких як використання елементів інтелектуалізації процесу прийняття управлінських рішень для управління перевантаженням, топологією, зв'язністю, побудови маршрутів, управління чергами, потоками даних, безпеки [2].

Властивості інтелектуальних систем характеризуються виконанням функцій, які традиційно більш притаманні людині. У цьому сенсі інтелектуальна система являє собою технічну чи програмну систему, здатну розв'язувати завдання, які належать до конкретної предметної області, знання про яку зберігаються у пам'яті такої системи. Структура інтелектуальної системи включає три основні блоки: базу знань, вирішувач та інтелектуальний інтерфейс, що дозволяє спілкуватися з електронно-обчислювальною технікою без спеціальних програм, а також для введення даних [3].

До механізмів вирішення завдань інтелектуальних систем належать нейронні мережі, еволюційні обчислення, машинне навчання, глибоке навчання. У цьому випадку використання нейронних мереж (нейромережевого підходу) має низку переваг. У тому числі: можливість донавчання нейроімітаторів, зокрема, автоматичного, незалежно від кількості вхідних змінних. Є також переваги при роботі із зашумленими вибірконими даними, зважаючи на властивості нейромереж у порівнянні зі звичайними статистичними моделями. Це дозволяє отримати найкращу якість ідентифікації, навчання, що в цілому забезпечить кращий рівень прийняття управлінських рішень. Слід також відзначити можливості організації паралельних алгоритмів, швидкодю, стійкість, надійність нейромережевих технологій.

У цілому вивчення, розробка та вдосконалення подібних методів сприяє покращенню функціональних можливостей засобів, компонентів, мереж зв'язку та, зокрема, покращенню тактико-технічних характеристик засобів зв'язку, що використовуються в елементах мобільних радіомереж, засобах та комплексах, які забезпечують функціонування побудованої та експлуатованої мобільної радіомережі. До таких засобів зв'язку, які застосовуються для організації мереж зв'язку, належать радіозасоби для організації управління; організації взаємодії вузлів при розгортанні у місцях виконання завдань, на станціях, стаціонарних пунктах або під час руху.

Враховуючи особливості даних засобів можливо дійти висновку, що їх застосування може дозволити підвищити ефективність, оперативність та динамічність управління підрозділами та елементами мобільної радіомережі. Однак, для отримання цього ефекту є потреба в розробці методики управління взаємодією елементів системи управління в мобільних радіомережах з використання інтелектуальних систем.

Основною умовою для ефективного функціонування системи управління мобільної радіомережі є наявність взаємодії (інформаційної, програмної та апаратної) між вище зазначеними підсистемами самої системи управління МР. Зважаючи на повну мобільність всіх елементів МР забезпечення взаємодії між вузловими системами управління або в самій системі управління можливе шляхом вибору саме таких управлінських рішень, які б з одного боку забезпечили передачу даних або інформації в мобільній радіомережі з необхідною якістю обслуговування, а з іншого боку – мінімізували ресурсні витрати на їх передачу, зберігання, опрацювання. З урахуванням умов невизначеності та непередбачуваності обстановки для вирішення цього завдання пропонується комплексне використання апарата нейронних мереж.

**Метою статті є розробка методики інтелектуального управління взаємодією елементів системи управління в мобільних радіомережах для забезпечення якісного рівня взаємодії між елементами мобільної радіомережі та кращого рівня прийняття управлінських рішень системою управління МР.**

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Як зазначалося вище, в залежності від характеристик особливостей МР (топология, маршрутизація, потоків даних), які визначаються організаційною структурою елементів мобільної радіомережі, безпосередньо отримання, зберігання, обробка та передача отриманої інформації СУ може здійснюватися лише з використанням попередньо визначених маршрутів передачі даних [4]. Однак, у будь-якому випадку успішна передача інформації або даних може відбутися лише за наявності взаємодії між елементами або підсистемами СУ чи самої МР. Відсутність взаємодії, або втрата взаємодії чи інформаційних даних в процесі передачі інформації, призведе до неможливості організації управління зв'язком між елементами мережі або мережі в цілому.

Під *взаємодією* будемо розуміти взаємне знаходження елемента системи управління умовного відправника даних та елемента системи управління умовного отримувача даних, в такому стані, який дозволяє забезпечити задану якість передачі або обслуговування трафіка та відповідно прийняття управлінських рішень системою управління МР. Однак, враховуючи динамічну природу функціонування МР та високу швидкість зміни параметрів каналів зв'язку вважатимемо, що рішення щодо якості обслуговування трафіка будуть прийматися вузловою або мережевою СУ на основі отримання поточних значень відношення сигнал/шум на вході приймача.

Зазначені вище особливості МР потребують нових підходів до вирішення завдання забезпечення взаємодії між елементами СУ. Одним із таких підходів є розподіл процесу організації та забезпечення процесу прийняття управлінського рішення з керування взаємодією елементів системи управління в мобільних радіомережах для забезпечення належного рівня взаємодії між елементами мобільної радіомережі та кращого рівня прийняття управлінських рішень системою управління МР [5].

Розглядаючи мобільні радіомережі можливо зазначити, що узагальнення і доопрацювання окремих способів формування множин станів радіомереж в умовах довільних вимог, наявності взаємозв'язку між заданим набором елементів мережі можливо представити у вигляді вершин, яким відповідають відповідні елементи. Як основний результат можна виділити формалізований опис методів формування найбільш часто використовуваних структур при аналізі функціональності або взаємодії елементів радіомереж і узагальнення даних способів на випадок довільної кількості елементів, що може ґрунтуватися на поданні мережі як моделі випадкового графа Ердеша – Реньї.

Логічний підхід передбачає декомпозицію системи на ряд невеликих функціональних елементів, і в рамках радіомережі вони зазвичай є окремими мережевими пристроями (комутатори, маршрутизатори, термінали), а також лінії зв'язку між ними. Функціональні взаємозв'язки задають і логічні співвідношення між відмовами окремих елементів та відмовою мережі загалом. Варто зазначити, що зазвичай вважають відмови пристроїв порівняно менш ймовірними, ніж відмови ліній радіозв'язку, що передбачає використання припущення про абсолютну стійкість даних пристроїв.

У контексті взаємодії елементів системи управління радіомережі під властивістю мережі можуть розуміти взаємодію мережі в тій чи іншій формі, а отже, ймовірність взаємодії мережі оцінюється як сума ймовірностей всіх графів взаємодії. Відзначимо також, що ймовірність взаємодії мережі може трактуватися в рамках термінів коефіцієнта готовності, коефіцієнта оперативної готовності та інших показників, що характеризують працездатність мобільної радіомережі.

Ґрунтуючись на уявленні поняття стохастичної взаємодії елементів радіомережі як відповідності деякого випадкового графа якості взаємодії заданому набору вершин, зазвичай виділяють три заходи взаємодії: двополюсна, багатопольсна і всеполюсна.

Двополюсна взаємодія являє собою властивість мережі, що характеризується наявністю хоча б одного шляху між заданою парою елементів (вершин).

Всеполюсна взаємодія являє собою властивість мережі, що характеризується наявністю хоча б одного шляху між будь-якою парою елементів (вершин). Всеполюсна взаємодія відповідає стану випадкового графа, коли його елементи (вершини) мають взаємодію один з одним.

Багатополюсна взаємодія являє собою властивість мережі, що характеризується наявністю хоча б одного шляху між заданими елементами (вершинами). Передбачається, що існує зв'язок між будь-якою парою елементів (вершин) із заданої множини. В результаті подію взаємодії можна трактувати як існування хоча б одного дерева, що включає всі задані вершини випадкового графа [6], [7].

**Вихідні дані:** У складі кожного мобільного вузла функціонує інтелектуальна система управління, що складається з множини взаємопов'язаних підсистем, які виконують функції управління вузловими та мережевими ресурсами та елементами [8]. Виходячи із зазначеного вище розглядається можливість як двополюсної, так і багатополюсної взаємодії, виходячи із взаємодії між шарами нейронної мережі. У [9] запропоновано для побудови підсистем вузлової СУ використовувати технології обробки знань, що забезпечують можливість СУ приймати управлінські рішення в умовах невизначеності та неповноти інформації про МР.

**Необхідно:** розробити методику інтелектуального управління взаємодією елементів системи управління в мобільних радіомережах для забезпечення належного рівня взаємодії між елементами мобільної радіомережі та кращого рівня прийняття управлінських рішень системою управління МР.

**Нова методика управління взаємодією елементів СУ вузлів в МР.** Враховуючи наведений вище аналіз можливих шляхів підвищення ефективності процесу управління взаємодією елементів системи управління МР, пропонується нова методика управління взаємодією елементів системи управління МР, **суть якої** полягає у прийнятті управлінського рішення з забезпечення взаємодії між елементами СУ виходячи із цільових функцій, мети прийняття управлінського рішення та інтеграції функцій рівнів моделі взаємодії відкритих систем у СУ при застосуванні нейронних систем та проведенні оцінки рівня взаємодії елементів. У свою чергу для оцінки рівня взаємодії елементів СУ вузлів МР із урахуванням характеристичних особливостей функціонування МР, необхідно: оцінити наявність і тривалість структурної взаємодії елементів СУ, а також можливість передачі встановленого обсягу інформації за заданий час. Для цього запропоновано методику, яка передбачає вісім основних етапів функціонування, сутність яких розкрита нище:

*На першому етапі* відбувається вибір нейронної мережі для проведення оцінювання рівня взаємодії. Застосування нейронної системи забезпечить вузлову СУ такими можливостями як самонавчання, адаптація, прогнозування подій, накопичення та систематизація знань про ситуацію, яка склалася в МР.

З метою забезпечення максимальної швидкодії нейронної системи забезпечення взаємодії пропонується використовувати параметричні, нормальні, унімодальні, трикутні функції належності [10].

Відповідно до значень лінгвістичних термів, які відображають рішення нейронної системи забезпечення взаємодії між елементами МР, доцільно використовувати групу правил вибору альтернативних маршрутів передачі до адресата. При цьому, правила повинні передбачати випадки побудови маршрутів передачі: коли відправник та адресат з'єднані безпосередньо та коли маршрут передачі складається з певної кількості інтервалів.

У табл. 1 наведено класифікацію нейронних архітектур в залежності від мети їх застосування [11].

Таблиця 1 – Класифікація нейронних архітектур

Архітектура НМ	Мета застосування						
	Відновлення даних	Фільтрування даних	Стиснення даних	Вилучення ключових ознак	Аналіз даних	Аналіз результату	Оптимізаційні завдання
Перцептрон				+	+		

Кінець таблиці 1

Багатошаровий перцептрон	+	+	+	+	+		+
Мережі на основі РБФ	+	+		+	+		+
Імовірнісні НМ				+	+	+	
Регресійні мережі	+	+			+		
Самоорганізовані карти ознак			+	+	+		
Квантування векторів навчання	+	+		+	+		+
Мережа Хопфілда	+	+		+	+		+
Комірчасті мережі	+	+	+	+	+		
Адаптивні нейронні фільтри	+	+					
Адаптивна резонансна теорія	+				+		
Неокогнітрон		+		+	+		
Динамічні НМ	+	+	+	+	+		
Експертні системи						+	

На *другому етапі* відбувається побудова відповідної бази даних та бази знань на основі відповідних бібліотек. До процесу побудови можливо винести наступні види формування баз знань, зокрема:

- бази знань за допомогою експертів;
- бази знань за допомогою таблиці рішень;
- бази знань за допомогою продукційних правил;
- бази знань за допомогою семантичних мереж;
- бази знань за допомогою фреймів;
- експертні системи з невизначеними знаннями та байєсовські мережі довіри;
- експертні системи отримання знань на основі генетичних алгоритмів;
- розробка алгоритму навчання нейронних мереж тощо.

На *третьому етапі* відбувається формування бази рішень на події, у яких міститься інформація про стан вузлів та МР в цілому, а також правила використання цієї інформації щодо здійснення управління вузловими та мережевими ресурсами. Враховуючи неточність службової інформації та неповноту знань про ситуацію в МР, які викликані складністю МР та динамічною природою функціонування її елементів [9], [12].

На *четвертому етапі* відбувається отримання та ідентифікація отриманих даних, на основі попередньо навченої бази даних з відповідною базою знань. Ідентифікація дозволить: підвищити ефективність функціонування МР за рахунок використання систем виводу. В процесі навчання пропонується проводити розподіл процесу побудови БЗ з урахуванням динамічної та непередбачуваної природи функціонування МР на основі реляційної структури нечіткої продукційної бази знань СУ [13], [14].

На *п'ятому етапі* відбувається аналіз та обробка отриманих вхідних даних інформації про стан мережі на відповідному напрямку. Для цього елемент СУ обчислює значення коефіцієнта помилки. При зростанні значення помилки елемент СУ посиляє службове повідомлення відповідному адресату. Таким чином, аналіз являє собою перевірку стану МР та порівняння цього стану з еталоном стану функціонування.

На шостому етапі відбувається вибір та прийняття рішення із забезпечення взаємодії елементів на основі інформації про вектор входів та визначення відповідного виходу. Для вирішення даної задачі формується система нечітких правил типу “ЯКЩО – ТО”.

На цьому етапі відбувається:

- пошук маршрутів взаємодії від відправника даних до отримувача даних;
- прогнозування середньої тривалості взаємодії елементів системи управління МР за умов нечіткості, неповноти, непередбачуваності даних;
- перевірка можливості забезпечення заданої пропускну здатності та затримки при передачі, а також за умов динамічної топології функціонування елементів мережі.

На сьомому етапі відбувається перевірка умов забезпечення структурної взаємодії з'єднання для елементів. Під чим розуміється наявність мінімум одного маршруту від джерела до одержувача в окремий момент часу. Якщо умова виконується, то абоненти є структурно пов'язаними в момент часу, якщо умова не виконується то елементи не пов'язані.

Однак, існує імовірність того, що не буде враховано вплив наявних маршрутів передачі даних між елементами на можливість забезпечення взаємодії між елементами. Так як зазначені параметри відносяться до різних рівнів моделі OSI, то, відповідно до запропонованої в [15], [16] моделі мережевої архітектури, взаємодію рівнів щодо забезпечення взаємодії елементів СУ в МР можна представити у вигляді схеми де, інформація про множину параметрів поступає на рівень, який відіграє роль бази даних службової інформації. Подальша обробка даної інформації здійснюється елементами вузлової СУ з метою прийняття управлінських рішень щодо вибору оптимального управлінського рішення, яке відповідає поточній ситуації щодо взаємодії елементів МР.

На восьмому етапі відбувається реалізація управлінських рішень. На основі отриманої інформації від адресата відправником приймається рішення щодо пошуку альтернативного маршруту передачі даних. Елемент встановлює з'єднання з альтернативним елементом-сусідом, який буде оптимальним серед інших елементів на напрямку передачі, з яким забезпечується взаємодія з високою якістю обслуговування передачі при мінімальному показникові потужності передачі.

**Висновки.** Запропоновано методику інтелектуального управління взаємодією елементів системи управління в мобільних радіомережах для забезпечення якісного рівня взаємодії між елементами мобільної радіомережі та кращого рівня прийняття управлінських рішень системою управління МР. Для забезпечення ефективного управління взаємодією елементів системи управління в мобільних радіомережах в умовах характеристичних особливостей функціонування мобільних радіомереж, зокрема, часта зміна обстановки можлива лише за наявності системи управління, здатної приймати управляючі рішення в умовах невизначеності. Для вирішення цього завдання запропоновано застосовувати інтелектуальну систему вирішення завдань на основі механізму нейронних мереж. Це дозволить отримати найкращу якість ідентифікації, навчання, що в цілому забезпечить кращий рівень прийняття управлінських рішень з організації та оцінювання стану взаємодії елементів системи управління і мобільних радіомережах.

На відміну від подібних методів та методик, які застосовуються в комп'ютерних або проводових мережах, які забезпечують взаємодію між елементами системи або мережі шляхом апаратного управління потужністю передачі, в представленій методиці пропонується вирішувати завдання забезпечення взаємодії між елементами системи управління мобільної радіомережі шляхом застосування нейронних систем з функціями: побудови відповідної бази даних та бази знань, формуванням бази рішень на події, отриманням та ідентифікації отриманих даних, аналізом та обробкою отриманих вхідних даних, прийняттям рішення із забезпечення взаємодії елементів, вибором та прийняттям рішення із забезпечення взаємодії, перевіркою умов забезпечення структурної взаємодії з'єднання для елементів, реалізацією управлінських рішень. Застосування цієї методики дозволить обрати оптимальне управлінське рішення щодо управління взаємодією елементів системи управління в

мобільних радіомережах. В умовах характеристичних особливостей функціонування МР, зокрема, високої динаміки зміни топології також нечіткості, неповноти та непередбачуваності отриманих даних. Це дозволить не лише підвищити взаємодію елементів системи управління МР, але й покращити ймовірність успішного прийому пакетів та скоротити енергетичні та часові витрати на їх передачу. Що задовольняє потавленій меті, яка полягає в розробці методики інтелектуального управління взаємодією елементів системи управління в мобільних радіомережах для забезпечення належного рівня взаємодії між елементами мобільної радіомережі та кращого рівня прийняття управлінських рішень системою управління МР.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] А.И. Миночкин, та В.А. Романюк, “Управление топологией мобильной радиосети”, *Зв’язок*, № 2, с. 28-33, 2003.
- [2] А.И. Миночкин, та В.А. Романюк, “Управление энергоресурсом мобильных радиосетей”, *Зв’язок*, № 8, с. 50-53, 2004.
- [3] А.Н. Аверкин, М.Г. Гаазе-Рапопорт, Д.А. Поспелов, *Толковый словарь по искусственному интеллекту*, Москва: Радио и связь, 1992.
- [4] А.И. Миночкин, та В.А. Романюк, “Маршрутизация в мобильных радиосетях – проблема и пути решения”, *Зв’язок*, № 7, с. 49-55, 2006. 2006.
- [5] И.А. Голяницкий, *Математические модели и методы в радиосвязи*, Ю.А. Громаков, Ред. Москва: Эко-Трендз, 2005.
- [6] А.А. Батенков, К.А. Батенков, и А.Б. Фокин, “Методы формирования множеств состояний телекоммуникационных сетей для различных мер связности”, *Труды СПИИРАН*, вып. 19, том 3, с. 644-673, 2020, doi: <https://doi.org/10.15622/sp.2020.19.3.7>.
- [7] В.А. Романюк, О.Я. Сова, А.В. Жук, и Д.А. Миночкин, “Проблема построения системы управления в сетях MANET”, на *XX Между. Крымской конф. СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (КрыМиКо)*, Севастополь, 2010. с. 43-44.
- [8] О.Я. Сова, В.А. Романюк, Д.А. Миночкин, та А.В. Романюк, “Методы обработки знаний про ситуацию в мобильных радиомережах класу MANET для побудови вузлових інтелектуальних систем управління”, *Збір. наук. пр. ВІТІ ДУТ*, № 1, с. 97-110, 2014.
- [9] Д. Рутковская, М. Пилиньский, и Л. Рутковский, *Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы*, Москва: Горячая линия-Телеком, 2004.
- [10] А.Н. Петренко, и А.Е. Кучеренко, “О выборе архитектуры нейронной сети при решении некоторых задач математической дефектоскопии”, *АСАУ*, №12 (32), с. 61-70, 2008. [Электронный ресурс]. Доступно: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/7290/1/09\\_61.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/7290/1/09_61.pdf). Дата обращения: Июль 15, 2022.
- [11] Л. Рутковский, *Искусственные нейронные сети. Теория и практика*, Москва: Горячая линия-Телеком, 2010.
- [12] С.В. Сальник, “Метод інтелектуальної ідентифікації параметрів трафіка в мобільних радіомережах військового призначення”, *Збір. наук. пр. ВІТІ*, вип. 3, с. 94-102, 2018.
- [13] A. Divitskyi, S. Salnyk, V. Hol, and A. Storchak, “Method of identification of data routes in wireless self-organized networks”, *Information Technology and Security*, vol. 9, iss. 1, pp. 111-123. January - June 2021, doi: <https://doi.org/10.20535/2411-1031.2021.9.1.249839>.
- [14] B. Suman, S.C. Sharma, M. Pant, and S. Kumar, “Investigating communication architecture for tactical radio networks design”, *International Journal of Research in Engineering & Applied Sciences*, vol. 2, iss. 2, pp. 106-118, 2012.
- [15] В.А. Романюк, “Напрямки підвищення ефективності функціонування тактичних мобільних радіомереж”, на *VII науково-практичному семінарі Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення*, Київ, ВІТІ ДУТ, 2013, с. 40-56.

Стаття надійшла до редакції 02.08.2022.

## REFERENCE

- [1] A. Minochkin, and V. Romanyuk, “Topology management of a mobile radio network”, *Zvyazok*, no. 2, pp. 28-33, 2003.
- [2] A. Minochkin, and V. Romanyuk, “Energy management of mobile radio networks”, *Zvyazok*, no. 8, pp. 50-53, 2004.
- [3] A. Averkin, M. Gaaze-Rapoport, and D. Pospelov, *Explanatory dictionary of artificial intelligence*. Moscow: Radio and communication, 1992.
- [4] A. Minochkin, and V. Romanyuk, “Routing in mobile radio networks – a problem and solutions”, *Zvyazok*, no. 7, pp. 49-55, 2006.
- [5] I. Golyanitsky, *Mathematical models and methods in radio communication*, Yu. Gromakov, Ed. Moscow: Eco-Trends, 2005.
- [6] A. Batenkov, K. Batenkov, and A. Fokin, “Methods of formation of sets of states of telecommunication networks for various measures of connectivity”, in *Proc. of SPIIRAS*, iss. 19, vol 3, pp. 644-673, 2020, doi: <https://doi.org/10.15622/sp.2020.19.3.7>.
- [7] V. Romanyuk, O. Sova, A. Zhuk, and D. Minochkin, “The problem of building a control system in MANET networks”, in *Proc. XXth International Crimean Conference Microwave Engineering and Telecommunication Technologies (CriMiCo)*, Sevastopol, 2010, pp. 43-44.
- [8] O. Sova, V. Romanyuk, D. Minochkin, and A. Romanyuk, “Methods of processing knowledge about the situation in mobile radio networks of the MANET class for building nodal intelligent control systems”, *Collection of research papers of MITI of SUT*, no. 1, pp. 97-110, 2014.
- [9] D. Rutkovska, M. Pilinsky, L. Rutkovsky, *Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems*. Moscow: Hotline-Telecom, 2004.
- [10] A. Petrenko, and A. Kucherenko, “On the choice of neural network architecture for solving some problems of mathematical flaw detection”, *Adaptive automatic control systems*, no. 12 (32), pp. 61-70, 2008. [Online]. Available: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/7290/1/09\\_61.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/7290/1/09_61.pdf). Accessed on: July 15, 2022.
- [11] L. Rutkovsky, *Artificial neural networks. Theory and practice*. Moscow: Hotline-Telecom, 2010.
- [12] S. Salnyk, “A method of intelligent identification of traffic parameters in military mobile radio networks”, *Collection of research papers of MITI*, iss. 3, pp. 94-102, 2018.
- [13] A. Divitskyi, S. Salnyk, V. Hol, and A. Storchak, “Method of identification of data routes in wireless self-organized networks”, *Information Technology and Security*, vol. 9, iss. 1, pp. 111-123. January - June 2021, doi: <https://doi.org/10.20535/2411-1031.2021.9.1.249839>.
- [14] B. Suman, S.C. Sharma, M. Pant, and S. Kumar, “Investigating communication architecture for tactical radio networks design”, *International Journal of Research in Engineering & Applied Sciences*, vol. 2, iss. 2, pp. 106-118, 2012.
- [15] V. Romanyuk, “Directions for improving the efficiency of the functioning of tactful mobile radio networks”, in *Proc. VIIIth scientific-practical seminar Priority areas of development of telecommunication systems and networks for special purpose*, Kyiv, MITI of SUT, 2013, pp. 40-56.

SERHII SALNYK

## INTELLECTUAL MANAGEMENT METHODOLOGY OF INTERACTION OF CONTROL SYSTEM ELEMENTS IN MOBILE RADIO NETWORKS

The article proposes a method of intelligent management of the interaction of the elements of the control system in mobile radio networks to ensure a high-quality level of interaction between the elements of the mobile radio network and a better level of management decision-making by the MR control system. To ensure effective management of the interaction of the elements of the



control system in mobile radio networks in the conditions of the characteristic features of the functioning of mobile radio networks, in particular: frequent changes in the situation are possible only in the presence of a control system capable of making management decisions in conditions of uncertainty. To solve this problem, it is proposed to use an intelligent problem solving system based on the mechanism of neural networks. This will make it possible to obtain the best quality of identification, training, which in general will ensure a better level of management decision-making in the organization and assessment of the state of interaction of the elements of the control system in mobile radio networks. In contrast to similar methods and techniques used in computer or wired networks, which provide interaction between system or network elements through hardware control of transmission power, in the presented method it is proposed to solve the task of ensuring interaction between elements of the control system of mobile radio networks through the use of neural systems with functions: building a suitable database and knowledge base, forming a decision base for events, obtaining and identifying the received data, analyzing and processing the received input data, making a decision to ensure the interaction of elements, choosing and making a decision to ensure interaction, checking the conditions for ensuring structural interaction connection of elements, implementation of management decisions. The application of this technique will allow choosing the optimal management solution for managing the interaction of control system elements in mobile radio networks. In the conditions of the characteristic features of the operation of the MR, in particular, the high dynamics of changes in topology, vagueness, incompleteness and unpredictability of the received data, which will allow not only to increase the interaction of the elements of the MR control system, but also to increase the probability of successful reception of packets and reduce energy and time costs for their transmission.

**Keywords:** mobile radio network, control system, network elements, interaction control, intelligent system, neural network.

**Сальник Сергій Васильович**, кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник науково-організаційного відділу науково-дослідного центру, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ, Україна, ORCID 0000-0003-4463-5705, s.sergey@i.ua.

**Salnyk Serhii**, candidate of technical sciences, leading researcher of the scientific and organizational department of the research center, Institute of special communication and information protection of National technical university of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute", Kyiv, Ukraine.