

Голові разової спеціалізованої вченої ради Дніпро-
ровського національного університету імені Оле-
ся Гончара

доктору фізико-математичних наук, професору,
в.о. проректора з науково-педагогічної роботи
ДНУ ім. О. Гончара

Гук Наталі Анатоліївни

В І Д Г У К

офіційного опонента Бідюка Петра Івановича,

доктора технічних наук, професора кафедри математичних методів системного
аналізу Національного технічного університету України «КПІ імені Ігоря Сікорсь-
кого»

на дисертаційну роботу

Кошеля Євгена Васильовича

**«Моделі та методи синтезу мовлення на основі нейронних систем звичайних
диференціальних рівнянь»**

подану на здобуття ступеня доктора філософії у галузі знань 11 Математика
та статистика за спеціальністю 113 Прикладна математика

Актуальність теми. Здобувач обрав темою дисертаційної роботи методи
аналізу та синтезу мовлення. Тема є актуальною, оскільки підходи та методи робо-
ти із голосовими сигналами, що були розроблені протягом останніх десятиліть, за-
раз застосовуються для розв'язання широкого кола задач, таких як озвучення текс-
ту, ідентифікація мовця, заміна мовця, голосовий набір тексту, тощо. Акцент в ро-
боті робиться на використанні нейронних мереж як основи для розробок нової мо-

делі, а сам процес мовлення пропонується моделювати як результат інтерпретації траєкторії деякої системи звичайних диференціальних рівнянь. Такий підхід є новітнім і вартим розробки.

Перший розділ. У першому структурному розділі дисертації Кошель Євген наводить загальні теоретичні відомості про предметну область дослідження та обрані методи моделювання та аналізу. Послідовно розглянуто різні підходи до моделювання, обробки звуковий сигналів, а також обґрунтовано вибір теми та методів дослідження.

Другий розділ дисертації містить опис нової моделі, яка дозволяє моделювати нестационарні одновимірні часові ряди як інтерпретацію траєкторії деякої системи звичайних диференціальних рівнянь. Пропонується обрати високовимірну систему загального вигляду, яка може мати широкий спектр поведінки, та будувати для неї правило керування залежно від поточного сегмента модельованого часового ряду. Таким чином, алгоритм запропонованої моделі полягає у наступному:

1. Розбити модельований часовий ряд на сегменти.
2. Для кожного сегмента за допомогою деякої нейромережевої моделі визначити закон керування для системи звичайних диференціальних рівнянь загального вигляду.
3. Для першого сегмента в ряді застосувати ще одну нейромережеву модель, результатом якої будуть початкові умови для розв'язання задачі Коші у високовимірному просторі.
4. Отримати траєкторію системи ЗДР, використовуючи початкові умови з кроку 3 і параметри з кроку 2.
5. Використати третю нейромережеву модель для інтерпретації високовимірної траєкторії як прогнозованих даних одновимірного часового ряду.

У розділі також наводиться теоретичне обґрунтування форми системи ЗДР, проводиться аналіз впливу активаційних функції на якість прогнозування, а також

демонструються і обговорюються експериментальні результати застосування запропонованої моделі на простих прикладах прогнозу періодичних сигналів.

Третій розділ присвячено безпосередньо розгляду голосового сигналу та реалізації алгоритмів для його аналізу та синтезу. Зокрема, описується набір методів для виділення визначних характеристик голосу людини, обґрунтовується їх вибір, а також наводиться реалізація здобувачем власних версій цих алгоритмів та порівняння їх з версіями інших авторів. Далі, на основі розроблених методів, наводиться структура нейронної мережі, яка перетворює визначні характеристики мовлення на керування для системи ЗДР. Детально описується метод розбиття вхідного сигналу та його потокової обробки. Нарешті, в кінці розділу наводиться приклад використання моделі для синтезу голосу.

Основні результати дисертації:

1. Новий вид архітектури для нейромережі, яка здатна моделювати нестационарні часові ряди. Це досягається шляхом розв'язання задачі керування для системи диференціальних рівнянь та подальшою інтерпретацією її високовимірних траєкторій для отримання прогнозу.
2. Розробка на основі нової архітектури програмного продукту не тільки для синтезу мовлення, але і для аналізу мовлення. Зокрема, реалізовано алгоритм для оцінки фундаментальної частоти та спектральної оболонки сигналу. Обидві реалізації дозволяють використовувати ці алгоритми для роботи зі звуковим сигналом в реальному часі.
3. Для нової моделі сформульовано та доведено леми й теореми, що обґрунтовують доцільність використання та структуру компонентів моделі та функції активації.
4. Практичний аналіз класичних та нейромережових підходів до вкладення даних одновимірною часового ряду для реконструкції атракторів динамічних систем.

Результати дисертації опубліковано у шести статтях, чотири з яких у виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази даних Scopus, а дві — у наукових фахових виданнях України категорії Б, а також опубліковано 7 тез наукових конференцій. Особистий внесок здобувача в усіх публікаціях є істотним.

Робота виконана якісно та є завершеною. Теоретичним результатом роботи є нова модель для синтезу мовлення, а практичним — програмний продукт, що її реалізує. Оформлення роботи відповідає правилам оформлення дисертацій, а матеріал викладено послідовно та логічно. Усі необхідні для розуміння тексту терміни та поняття розкриті у повному обсязі.

Зауваження:

1. У якості загальної форми системи звичайних диференціальних рівнянь розглядається комбінація лінійної та нелінійної моделей, заданих одношаровими нейромережами. Але хотілося б бачити дослідження проблеми синтезу, в якій використовуються, наприклад, системи поліноміальних диференціальних рівнянь.
2. Новий метод синтезу мовлення передбачає побудову законів керування для системи звичайних диференціальних рівнянь, проте в останньому розділі не приділено увагу їх динамічним характеристикам. Хотілося б більше дізнатися про можливі інваріанти, які виникають у системі за різних параметрів.

Принципових помилок або суттєвих недоліків у дисертації немає.

Висновок. Враховуючи все сказане вище, вважаю дисертацію Кошеля Євгена Васильовича за темою «Моделі та методи синтезу мовлення на основі нейронних систем звичайних диференціальних рівнянь» такою, що відповідає спеціальності 113 Прикладна математика та вимогам, наведеним в «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня

5