

І.В. БОЙКО

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, Україна, e-mail: *boyko.i.v.theory@gmail.com*.

О.А. ПАСТУХ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, Україна, e-mail: *ol_pas@tntu.edu.ua*.

**ЧИСЛОВІ МЕТОДИ ЙМОВІРНІСНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ
ПРОСТОРОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК НИЗЬКОВИМІРНИХ СИСТЕМ
З ВИКОРИСТАННЯМ МАШИННОГО НАВЧАННЯ¹**

Анотація. Розроблено загальну методологію ідентифікації просторових характеристик низьковимірних систем з довільними геометричними конфігураціями з використанням методів машинного навчання до наборів даних, отриманих унаслідок експериментальних вимірювань. Розвинено числовий підхід, який реалізує математичні моделі для спектральних проблем і дає змогу уніфіковано подавати входні дані навчальних наборів даних у вигляді нормованих табличних залежностей. Навчену на 560 наборах даних нейронну мережу застосовано для ідентифікації прецизійних параметрів наносистем та їхнього конфайнменту. Отримано результати, що порівняно із результатами на основі використання прямих числових методів характеризується меншим у 30–40 разів обчислювальним часом та стабільно високою точністю. Розроблений підхід має перспективи застосування як засіб, що автоматизує роботу із великими обсягами експериментальних та розрахункових даних, у нанотехнологіях та електроніці.

Ключові слова: машинне навчання, нейронна мережа, низьковимірні системи, наноструктури.

DOI 10.34229/KSA2522-9664.26.3.16

ВСТУП

Сучасні напівпровідникові прилади, які призначені для ефективного детектування [1, 2] та продукування лазерного електромагнітного випромінювання [3, 4] із різноманітними частотами та інтенсивністю, мають вирішальне значення для розроблення засобів, використовуваних у оптоелектроніці і, як наслідок, у обчислювальній техніці, що ґрунтується на квантово-механічних станах квазічастинок та їхніх рекомбінаційних переходах.

Резонансно-тунельні наноструктури [5], що містять чимало нановимірних напівпровідникових шарів із наперед заданими розмірами, є основними складовими елементами мікро- та наноелектронних приладів. Для фактичного розроблення та виготовлення таких наносистем, а також для експериментальних досліджень потрібні значні інвестиції в автоматизацію цих технологічних процесів. Крім того, супровід згаданих досліджень фактично не є можливим без використання спеціалізованого програмного забезпечення, зокрема, на всіх етапах виготовлення наноструктур та моделювання їхніх властивостей.

Дані, що отримують в ході експериментальних вимірювань, для таких наноелектронних приладів є структурованими наборами даних, які переважно являють собою значення тунельного струму або електронної провідності у широких діапазонах вимірювальних умов. Безпосередня інтерпретація таких даних потребує застосування спеціалізованого програмного забезпечення. Очевидним також є той факт, що відхилення геометричного конфайнменту структур від модельних значень на практиці проявляються в неоднозначності визначення характеристичних значень струму, провідності, а також у прояві у цих вимірюваних величинах значень осциляцій, що, своєю чергою, визначаються спектральними характеристиками електронів у таких наноструктурних системах [6]. Оскільки реальні наноструктури мають багато-

¹ Дослідження виконано в межах держбюджетної науково-дослідної роботи (державний реєстраційний № 0126U001246).

© І.В. Бойко, О.А. Пастух, 2026