

УДК 620.179.16, 004.89

## ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ОБЕРНЕНИХ ЗАДАЧ УЛЬТРАЗВУКОВОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Галаган Р. М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: [rgalagan@ukr.net](mailto:rgalagan@ukr.net)

### Вступ

Зазвичай рішення про стан об'єкта (зокрема, наявність або відсутність дефектів) в ультразвуковому неруйнівному контролі приймається за результатами аналізу характеристик (таких як: амплітуда, фаза, частота тощо) імпульсу, отриманого після його взаємодії із неоднорідністю в об'єкті контролю (причому ці імпульси є спотвореними та неповними). Завдання подібного типу називаються «оберненими задачами».

Обернені задачі мають неприємні з математичної точки зору особливості [1]:

1. Такі задачі, як правило, є нелінійними.
2. Їх розв'язок зазвичай є не єдиним.
3. За своєю природою вони є некоректними.

Це накладає певні вимоги, як на організацію процесу проведення ультразвукового контролю, так і на методи обробки отриманої інформації.

Оскільки вхідною інформацією в обернених задачах є експериментальні дані, які визначаються з деякою похибкою, яку не завжди можна оцінити, то розв'язок оберненої задачі із «зіпсованими» або некоректними вхідними даними може сильно відрізнятися від точного рішення. У цій ситуації вкрай важливим є вибір правильних методів математичної обробки вхідної інформації.

Описані вище нюанси призводять до того, що обернені задачі в неруйнівному контролі часто залишаються невирішеними з математичної точки зору. Проте, можливо, намагання вирішити ці задачі за допомогою виведення деякої математичної залежності і не потрібні, оскільки результат можна отримати з використанням інших підходів.

### Технології нейронних мереж у розв'язку обернених задач

Якщо говорити про ультразвуковий неруйнівний контроль, то важливою оберненою задачею є визначення форми дефекту за характеристиками віддзеркаленого від нього ультразвукового імпульсу. Така задача поки що є не вирішеною, саме тому зазвичай в ультразвуковому неруйнівному контролі як уніфіковану одиницю вимірювання використовують еквівалентну площу дефекту (еквівалентний діаметр) і нічого не говорять про реальну форму. Еквівалентну площу дефекту вимірюють площею дна плоскодонного отвору, розташованого на тій же глибині, що і реальний дефект, який дає ту ж саму амплітуду сигналу, що і реальний дефект [2].

Обернені задачі, що пов'язані із визначенням форми дефекту (геометричні

обернені задачі) призводять до послідовного розв'язування систем інтегральних рівнянь 1-ого роду, або до вирішення деякого нелінійного диференціального рівняння.

Як зазначалось у вступі, вирішити математично таку задачу вкрай складно. Якщо говорити про отримання результату, то необхідно визначити форму дефекту на основі експериментальних вимірювань характеристик ультразвукових імпульсів, зв'язавши це математичними виразами. Однак сучасні технології дозволяють вирішити це завдання, застосовуючи дещо інший підхід – нейронні мережі (рис. 1), які є математичними моделями біологічної структури мозку та його функцій сприйняття, обробки, зберігання та продукування інформації. Нейронні мережі – це потужний метод моделювання, що дозволяє відтворювати надзвичайно складні залежності [3]. Особливістю нейронних мереж є те, що вони нелінійні за своєю природою, а це важливо для вирішення обернених задач в ультразвуковому неруйнівному контролі.

У традиційному підході (рис. 1, а) нам необхідно до результату вимірювання (нові дані) застосувати математичну формулу (ознаки форми дефекту), після чого отримати результат (висновки про форму дефекту). Підхід із використанням нейронних мереж потребує іншої послідовності дій (рис. 1, б): спочатку ми повинні мати результати вимірювання із відомими висновками про форму дефекту, які подаються на вхід нейронної мережі для її навчання. При цьому нейронна мережа автоматично синтезує високорівневі інформативні ознаки, які дозволяють класифікувати дефекти за формою. Тепер, якщо на вхід навченої моделі нейронної мережі подати нові результати вимірювання (нові дані), то вона повинна віднести їх до певного класу (форми дефекту).

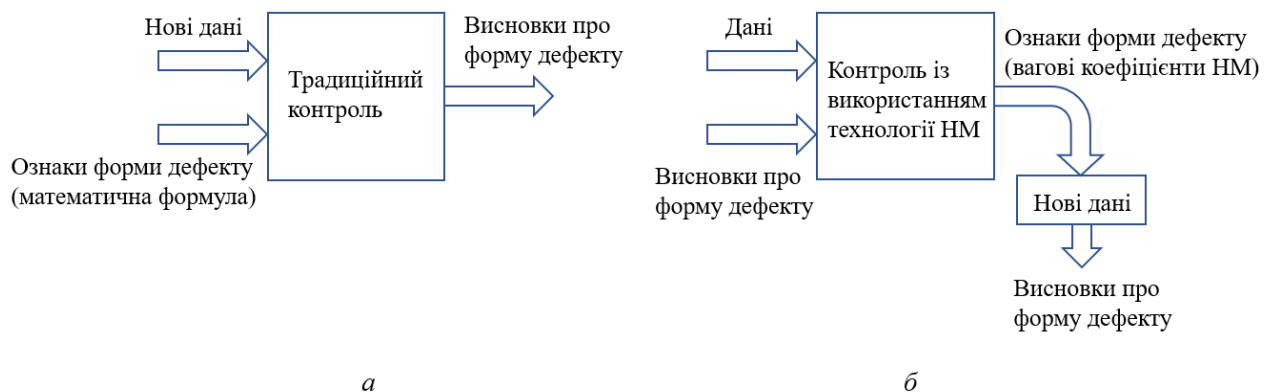


Рис. 1. Підходи до вирішення завдання визначення форми дефекту: а – традиційний підхід із використанням математичних залежностей, б – із використанням технологій нейронних мереж

Використання нейронних мереж дозволяє ефективно вирішувати обернені задачі ультразвукового неруйнівного контролю. Нейронна мережа не створить математичної формули, яка зв'яже характеристики сигналу та форми дефекту, проте вона дасть результат із деякою вірогідністю: набір таких-то

характеристик сигналу характерний для такої-то форми дефекту. А саме це і цікавить дефектоскопіста.

### **Висновки**

Розглянуто підхід до вирішення обернених задач ультразвукового неруйнівного контролю із використанням нейронних мереж, які досить якісно моделюють ієрархічні абстракції в реальних даних, що робить їх ефективними автоматичними розв’язувачами, у тому числі й обернених задач.

Для застосування в ультразвуковому неруйнівному контролі більш глибокого аналізу потребує питання вибору архітектури нейронної мережі, методів навчання та підготовка даних для навчання [4].

*Ключові слова:* нейронна мережа, ультразвуковий неруйнівний контроль, форма дефекту.

### **Література**

- [1]. В. О. Повгородній, «Неруйнівний контроль – сучасна галузь застосування зворотних задач», *Українська інженерно-педагогічна академія*, № 4, с.61-66, 2013.
- [2]. Р. М. Галаган, *Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник*. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019.
- [3]. А. В. Переєденко, Ю. В. Куц, В. С. Еременко, «Применение нейронных сетей при неразрушающем контроле композиционных материалов», *XXV Национальна конференция с международно участие “Дефектоскопия’10” «Дни на безразрушительния контрол 2010»*, Софія, 2010, с. 469-475.
- [4]. А. Momot, R. Galagan, «Influence of architecture and training dataset parameters on the neural networks efficiency in thermal nondestructive testing», *Sciences of Europe*, vol. 1 (no 44), pp. 20–25, 2019.

УДК 620.179.14

## **РОЗВИТОК ТЕХНОЛОГІЙ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ.Ч2.**

*Петрик В. Ф., Протасов А. Г.*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

*E-mail: [psnk@kpi.ua](mailto:psnk@kpi.ua)*

В даний час яскравим прикладом Інтернету Речей (IP) є моніторинг стану конструкцій (МСК) (Structural Health Monitoring), який став загальноприйнятим галузевим стандартом для розміщення датчиків для моніторингу працездатності деяких великих споруд з тим, щоб можна було завчасно вжити заходів, що попереджають форс-мажорні ситуації. Однак МСК рідко використовується в невеликих спорудах через високу вартість реалізації і багатьох інших факторів. Тому стає актуальним і невідкладним завдання знаходження компромісу, який би дозволив зробити таку систему популярною в невеликих об’єктах, і, отже, брати участь у повсякденному житті людей. Розвиток IP, бездротової сенсорної мережі і технології мобільного зв’язку забезпечує хорошу технічну платформу і засоби для вирішення вищевказаних проблем МСК.