

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УЛЬТРАЗВУКОВОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Долматов Д.О.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИШНКБ, инженер, e-mail: dolmatovdo@tpu.ru

Введение

Актуальным вопросом развития ультразвукового неразрушающего контроля является разработка и внедрение экспертных систем. Подобные системы направлены на обеспечение автоматического анализа результатов дефектоскопии, что должно повысить производительность контроля и минимизировать влияние на него человеческого фактора. Решение указанной задачи может быть обеспечено за счет применения нейронных сетей. Таким образом, целью данной работы является анализ существующих исследований и разработок в области применения нейронных сетей для решения задач ультразвукового неразрушающего контроля.

Современное состояние в области применения методов машинного обучения для решения задач ультразвукового контроля

Представляется возможным выделить следующие области применения методов машинного обучения в ультразвуковом неразрушающем контроле:

- обработка данных ультразвукового контроля;
- выявление дефектов;
- определение параметров выявленных дефектов;
- определение свойств объекта по результатам его исследований акустическими методами.



Рис.1. Области применения методов машинного обучения в ультразвуковом неразрушающем контроле

В контексте разработки экспертных систем интерес представляет два направления, а именно выявление дефектов и определение параметров выявленных дефектов.

В рамках решения задачи выявления дефектов нейронные сети были использованы для решения следующих задач:

- выявление дефектов в эхо-сигналах (А-сканах), полученных при контроле композиционных материалов [1];
- определение наличия несплошностей при ультразвуковом контроле железнодорожных колес, с использованием результатов контроля в форме В-сканов [2];
- выявление дефектов при автоматизированном ультразвуковом контроле с применением антенных решеток [3];
- определение несплошностей по результатам ультразвуковой томографии бетона [4].

Все разнообразие задач по определению параметров дефектов с использованием нейронных сетей можно разделить на две группы: классификация дефектов и определение их размеров.

В работе [5] рассмотрено выявление признаков дефектов из эхо-сигналов, полученных при проведении контроля и дальнейшей классификации несплошностей с применением нейронной сети. Подобный подход показал высокую эффективность для выявления и квалификации таких дефектов как пористость, непровар и вольфрамовые включения. В публикации [6] нейронные сети применяются для классификации в металлических пластинах таких дефектов, как боковые цилиндрические и плоскодонные отверстия. Для этого используются результаты ультразвукового контроля в форме В-сканов. В

статье [7] вейвлет преобразование используется для выявления характеристик несплошностей из результатов контроля композиционных материалов. Впоследствии выявленные характеристики используются для классификации несплошностей с использованием нейронных сетей.

Задачи в области определения параметров дефектов также включает задачи определения размеров дефектов. В работе [8] рассмотрено применение нейронных сетей для определения параметров трещин (размер, ориентация) в металлических образцах. При этом обучающая выборка состоит как из реальных экспериментальных данных, так и данных полученных с использованием компьютерного моделирования с применением метода конечных элементов. В работе [9] нейронные сети используются для определения размеров дефектов по результатам волноводного контроля, которые предварительно обрабатываются с применением алгоритма на основе метода синтезированной апертуры. В работе [10] нейронные сети применяются для определения параметров дефектов при иммерсионном контроле с применением технологии Plane Wave Imaging без использования к зарегистрированным данным контроля каких либо методов когерентной обработки сигналов.

Заключение

Таким образом, в ультразвуковом неразрушающем контроле накоплен определенный опыт в области применения нейронных сетей. В значительном количестве публикаций, посвященных данной тематике отмечается, что главным ограничивающим фактором для использования нейронных сетей является ограниченный набор данных, которые можно использовать для формирования обучающей и тестовой выборки. В различных публикациях рассматриваются различные подходы для решения указанной проблемы. Для увеличения наборов данных может применяться компьютерное моделирование, преобразование исходных данных (data augmentation), адаптация данных из смежных областей (transfer learning).

Исследование выполнено за счет гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук и докторов наук (проект № МК-1679.2022.4).

Список использованных источников

1. Guo Y. Fully convolutional neural network with GRU for 3D braided composite material flaw detection. – 2019. – Vol. 7. – P. 151180–151188.
2. Yuan M. Automatic recognition and positioning of wheel defects in ultrasonic B-Scan image using artificial neural network and image processing // *Journal of Testing and Evaluation*. – 2019. – Vol. 48(1). – P. 308–322.
3. Medak D. Automated defect detection from ultrasonic images using deep learning // *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*. – 2021. – Vol. 68 (10). – P. 3126–3134.
4. Słowski M., Schabowicz K., Krawczyk E. Detection of flaws in concrete using ultrasonic tomography and convolutional neural networks // *Materials*. – 2020. – Vol. 13 (7).
5. Sambath S., Nagaraj P., Selvakumar N. Automatic defect classification in ultrasonic NDT using artificial intelligence // *Journal of nondestructive evaluation*. – 2011. – Vol. 30 (1). – P. 20–28.
6. Virupakshappa K., Oruklu E. Virupakshappa K. Multi-class classification of defect types in ultrasonic NDT signals with convolutional neural networks // *2019 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS)*. – P. 1647–1650.
7. Meng M. Ultrasonic signal classification and imaging system for composite materials via deep convolutional neural networks // *Neurocomputing*. – 2017. – Vol. 257. – P. 128–135.
8. Pyle R.J. Deep learning for ultrasonic crack characterization in NDE // *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*. – 2020. – Vol. 68 (5). – P. 1854–1865.
9. Miorelli R. Defect sizing in guided wave imaging structural health monitoring using convolutional neural networks // *NDT & E International*. – 2021. – Vol. 122.
10. Latête T., Gauthier B., Belanger P. Towards using convolutional neural network to locate, identify and size defects in phased array ultrasonic testing // *Ultrasonics*. – 2021. – V. 115.