

Васильев А.Н., Тархов Д.А., Каверзнева Т.Т., Лукинский Е.В. Лазовская Т.В., Петров А.А., Филькин В.М., Шемякина Т.А. Нейросетевые методы исследования условий разрушения деревянных брусков. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XVI Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2016. – С. 78-84.

УДК 004.032.26+519.62

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УСЛОВИЙ РАЗРУШЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ БРУСКОВ*

А.Н. Васильев, Д.А. Тархов, Т.Т. Каверзнева, Е.В. Лукинский,
Т.В. Лазовская, А.А. Петров, В.М. Филькин, Т.А. Шемякина

NEURAL NETWORK METHODS FOR THE STUDY OF DESTRUCTION CONDITIONS FOR WOODEN BARS

A.N. Vasilyev, D.A. Tarkhov, T.T. Kaverzneva, E.V. Lukinskiy,
T.V. Lazovskaya, A.A. Petrov, V.M. Filkin, T.A. Shemyakina

Аннотация. Рассматриваются подходы к построению многослойных приближённых решений дифференциальных уравнений. Эти подходы основаны на классических приближённых методах. В отличие от классических подходов в результате вычислений получаются не поточечные приближения, а приближённые решения в виде функций. Предложенные методы применяются к построению индивидуальных нейросетевых моделей процесса деформации и разрушения для конкретных образцов (деревянная балка).

Ключевые слова: деревянная балка, деформация, разрушение, образец, нейросетевая модель, дифференциальное уравнение, многослойное приближённое решение.

Abstract. Some approaches to building multi-layered approximate solutions of differential equations are discussed. These approaches are based on classical approximate methods. In contrast to classical approaches, we obtain as the result of the calculation not pointwise approximation, but approximate solutions as functions. The proposed methods are applied to the construction of individual neural network models of deformation and destruction process for the specific samples (wooden beam).

Keywords: wooden beam, deformation, destruction, sample, neural network model, differential equation, multi-layer approximate solution.

Изучение деформации строительных материалов из дерева под статической и динамической нагрузкой затруднено их сложной анизотропной структурой. Сила, при которой разрушается конкретная деревянная балка, сильно зависит от породы древесины, технологии её изготовления, особенностями конкретной доски (такими как сучки) и т.д. В связи с широким распространением деревянных конструкций в строительной отрасли интерес представляет предсказание силы, вызывающей разрушение доски по её поведению под неразрушающей нагрузкой.

Представленные в данной статье методы могут быть применены для моделирования динамики деформации под нагрузкой и предсказания момента разрушения и описания других процессов в сложных технических объектах. Это особенно важно для построения индивидуальной модели конкретного объекта, учитывающей его уникальные особенности.

Нами проведены эксперименты по нагружению деревянных брусков сечениями 20x40, 15x20 и 15x30 мм со скоростями нагружения 10, 50 и 100 мм/мин до их разрушения.

Обработка экспериментов проходила в два этапа. На первом этапе по результатам экспериментов была построена нейросетевая зависимость величины нагружающей силы от прогиба вида

* Работа поддержана грантами РФФИ №14-01-00660А и 14-01-00733А.

$$F(x) = c \operatorname{th}[a(x-x_c)]. \quad (1)$$

Параметры зависимости (веса нейронной сети) подбирались минимизацией функционала ошибки, который был выбран в виде суммы квадратов невязок выхода нейронной сети и экспериментальных значений силы по всем снятым значениям прогиба до момента разрушения образца.

Можно построить существенно более сложную аппроксимацию, используя, например, большее число слагаемых, но она не сильно улучшает точность аппроксимации искомой зависимости. Далее приведены две иллюстрации для одного из опытов. На первой представлен график экспериментальных значений нагружающей силы в зависимости от прогиба балки и нейросетевая аппроксимация этой зависимости, на второй – график разности опытных значений с полученными функциями.

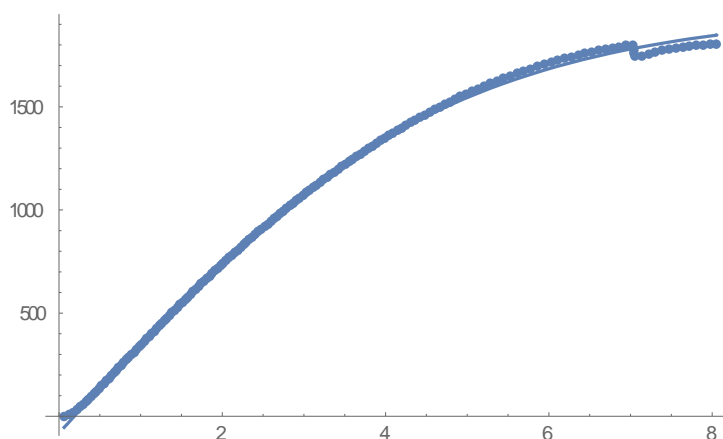


Рис. 1. Экспериментальная зависимость прогиба балки от нагружения и её нейросетевая аппроксимация. Сечение образца 15x30, скорость возрастания нагрузки 50 мм/мин.

Графики показывают весьма высокую точность аппроксимации кроме первого участка, на котором происходит образование вмятины в бруске, и конечного, на котором начинают рваться отдельные древесные волокна.

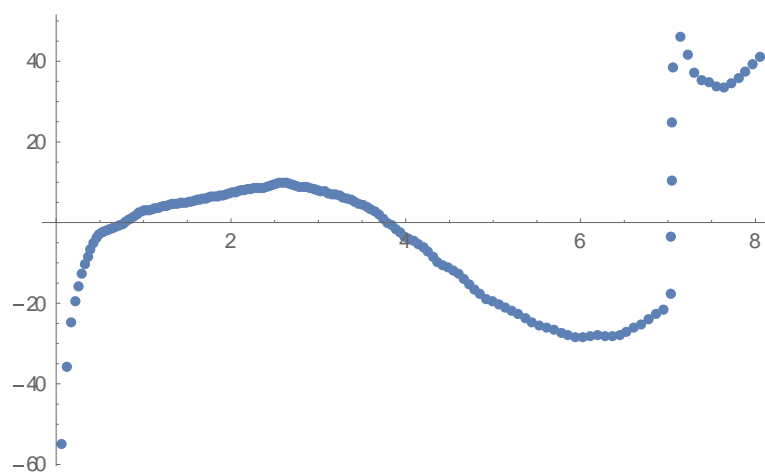


Рис. 2. Ошибка нейросетевой аппроксимации экспериментальной зависимости прогиба балки от нагружения. Сечение образца 15x30, скорость возрастания нагрузки 50 мм/мин.

На втором этапе исследований построенные модели вида (1) для всех брусков могут быть использованы двумя способами.

Во-первых, построенная зависимость (1) для конкретной балки может быть использована для прогноза её поведения под нагрузкой, в том числе динамической. Такую модель можно построить для деревянных лесов, по которым переносят тяжести, например, стройматериалы. При этом, зависимости вида (1) позволяют построить динамическую модель вида

$$\dot{y}(t) = g(t, y(t)), \quad (2)$$

где g – известная нейросетевая функция, которую можно считать персептроном с одним скрытым слоем.

Для интегрирования данного уравнения на заданном промежутке $[0, T]$ можно использовать следующий подход. Выберем любое $t \in (0, T]$ и к промежутку $[0, t]$ применим классический метод Эйлера с n шагами. При равномерном разбиении интервала получаем многослойную рекуррентную функциональную формулу вида $y_{k+1}(t) = y_k(t) + \frac{t}{n} g\left(\frac{kt}{n}, y_k(t)\right)$, при этом $y_0(t) = y_0$ определяется начальными условиями. В качестве приближенного решения уравнения (2) можно использовать $y_n(t)$. При необходимости метод Эйлера можно заменить на более точные методы, например, на метод Рунге-Кутты.

Во-вторых, после вычисления весов нейронной сети для всех опытов может быть построена нейросетевая зависимость вида $c \cdot th[a(x - x_c)]$ силы, при которых балка ломается от этих коэффициентов. Один из результатов такого исследования представлен на рис.3.

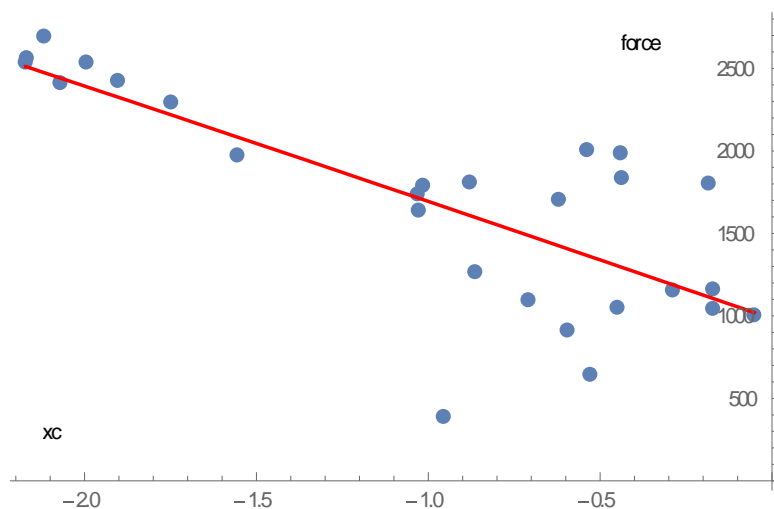


Рис. 3. Зависимость разрушающей силы от параметра « x_c » из формулы (1) для зависимости, построенной для этой балки.

Результаты исследования могут найти свое применение в строительной отрасли при обосновании выбора конструкции лесов, используемых при проведении разного рода строительных и ремонтных работ на высоте или при наличии перепада высот. Работы на высоте относятся к опасным видам работ, с производством которых связано большое количество несчастных случаев в результате падения человека, несмотря на регламентированные меры безопасности [1].

Для моделирования поведения таких конструкций при динамических нагрузках можно применить методы и результаты данной работы вместе с методами, изложенными в работах [2-12].

Библиографический список

1. Каверзнева Т.Т., Мазуренко К.С. Контроль безопасности при проведении работ на высоте // Научный форум с международным участием «Неделя науки СПбПУ»: материалы научно-практической конференции / Институт военно-технического образования и безопасности СПбПУ. СПбПУ: Изд-во политехн. ун-та, 2015. 248 с. (С. 187–190).
2. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Нейросетевое моделирование. Принципы. Алгоритмы. Приложения. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2009. 528с.
3. Васильев А.Н., Тархов Д.А., Шемякина Т.А. Нейросетевой подход к задачам математической физики. СПб.: Нестор-История, 2015. 260 с.
4. Тархов Д.А. Нейросетевые модели и алгоритмы. М.: Радиотехника, 2014. 348 с.
5. Васильев А.Н., Тархов Д.А., Шемякина Т.А. Нейросетевая модель решения задачи о катализаторе. Гибридный метод // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: сб. статей XIV Междунар. научно-техн. конф. Пенза: Приволжский Дом знаний, 2014. С. 58–62.
6. Васильев А.Н., Тархов Д.А., Шемякина Т.А. Модель неизометрического химического реактора на основе параметрических нейронных сетей // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: сб. статей XV Междунар. научно-техн. конф. Пенза: Приволжский Дом знаний, 2015. С. 96–99.
7. Васильев А.Н., Лазовская Т.В., Тархов Д.А., Шемякина Т.А. Нейросетевой подход к решению сложных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений // XVIII Междунар. научно-техн. конф. «Нейроинформатика–2016»: сб. науч. тр. Ч.3. М.: НИЯУ МИФИ, 2016. С. 52–61.
8. Tarkhov D.A., Vasilyev A.N. New neural network technique to the numerical solution of mathematical physics problems. I: Simple problems// Optical Memory and Neural Networks (Information Optics). 2005. V. 14. pp. 59–72.
9. Tarkhov D.A., Vasilyev A.N. New neural network technique to the numerical solution of mathematical physics problems. II: Complicated and nonstandard problems// Optical Memory and Neural Networks (Information Optics). 2005. V. 14. pp. 97-122.
10. Gorbachenko V.I., Lazovskaya T.V., Tarkhov D.A., Vasilyev A.N., Zhukov M.V. Neural Network Technique in Some Inverse Problems of Mathematical Physics // Springer International Publishing Switzerland 2016 L. Cheng et al. (Eds.): ISSN 2016, LNCS 9719. pp. 320–316, 2016.
11. Shemyakina T.A., Tarkhov D.A., Vasilyev A.N. // Springer International Publishing Switzerland 2016 L. Cheng et al. (Eds.): ISSN 2016, LNCS 9719. pp. 547–554, 2016.
12. Vasilyev A.N., Tarkhov D.A. Mathematical Models of Complex Systems on the Basis of Artificial Neural Networks // Nonlinear Phenomena in Complex Systems. vol. 17, no.3, pp. 327-335 (2014).

Васильев Александр Николаевич
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: a.n.vasilyev@gmail.com

Vasilyev A.N.
Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University,
Saint Petersburg, Russia

Тархов Дмитрий Альбертович
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: dtarkhov@gmail.com

Каверзнева Татьяна Тимофеевна
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: kaverztt@mail.ru

**Лукинский
Евгений Владимирович**
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: lukinskiy_96@mail.ru

Лазовская Татьяна Валерьевна
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: tatianala@list.ru

Петров Алексей Александрович
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: logmstrn@yandex.ru

Филькин Владимир Михайлович
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: vladimir.filckin@yandex.ru

Шемякина Татьяна Алексеевна
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: sh_tat@mail.ru

Tarkhov D.A.
Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University,
Saint Petersburg, Russia

Kaverzneva T.T.
Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University,
Saint Petersburg, Russia

Lukinskiy E.V.
Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University,
Saint Petersburg, Russia

Lazovskaya T.V.
Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University,
Saint Petersburg, Russia

Petrov A.A.
Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University,
Saint Petersburg, Russia

Filkin V.M.
Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University,
Saint Petersburg, Russia

Shemyakina T.A.
Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University,
Saint Petersburg, Russia