

УДК 519.6

Применение искусственных нейронных сетей для вычисления дискретных потоков при численном решении задач газовой динамики *

Нефедов М. С., Жалнин Р. В.

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
им. Н. П. Огарёва

В работе рассматривается построение и обучение нейронной сети для вычисления дискретных потоков при численном решении задач газовой динамики. Приводится одномерная расширенная система уравнений Эйлера с нулевыми правыми частями [1]

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F(U)}{\partial x} = 0. \quad (1)$$

Ее численное решение осуществляется с помощью явной разностной схемы Годуновского типа с первым порядком аппроксимации по времени и пространству [1]

$$\frac{U_i^{(j+1)} - U_i^{(j)}}{\Delta t} + \frac{F_{i+1/2}^{(j)} - F_{i-1/2}^{(j)}}{\Delta x} = 0. \quad (2)$$

При подготовки данных для обучения нейронной сети, использовалась подпрограмма для решения задачи о распаде разрыва, разработанная в ИПМ им. М. В. Келдыша РАН. На вход программы подается 10 параметров: RB, PB, UB, VB, WB, RE, PE, UE, VE, WE, где R – плотность, P – давление, E – энергия, UB, VB, WB и UE, VE, WE – компоненты вектора скорости. Индексы B и E – соответственно параметры «слева» и «справа». На выходе получаются параметры: RI, EI, PI, UI, VI, WI, где E – энергия. С помощью этих данных была обучена нейронная сеть.

Результаты обучения:

Применение сети на задаче Сода. В области $x \in [0; 1]$ содержатся два одинаковых идеальных совершенных газа, распределенных в начальный момент времени:

$$(\rho, u, p, \gamma) = \begin{cases} 1.0, 0.0, 1.0, 1.4; & 0 \leq x \leq 0.5, \\ 0.125, 0.0, 0.1, 1.4; & 0.5 < x \leq 1. \end{cases} \quad (3)$$

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-41-130001

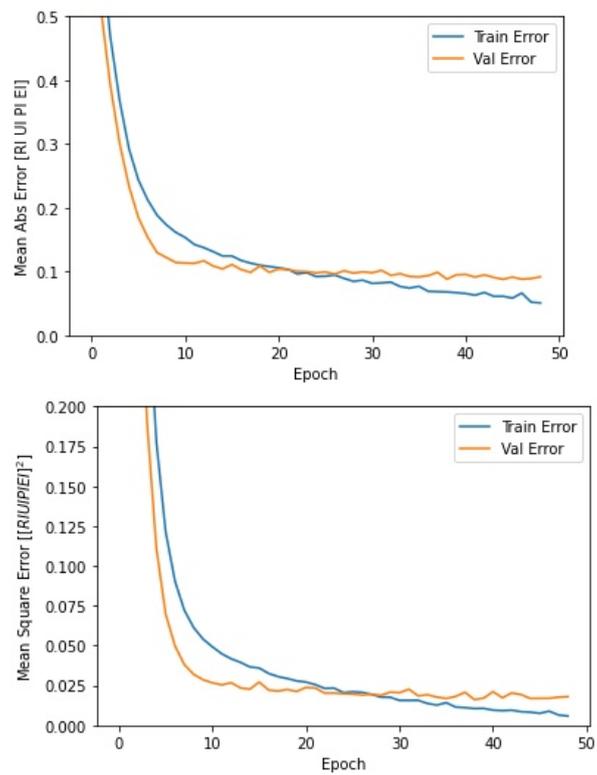


Рис. 1. Результат обучения сети

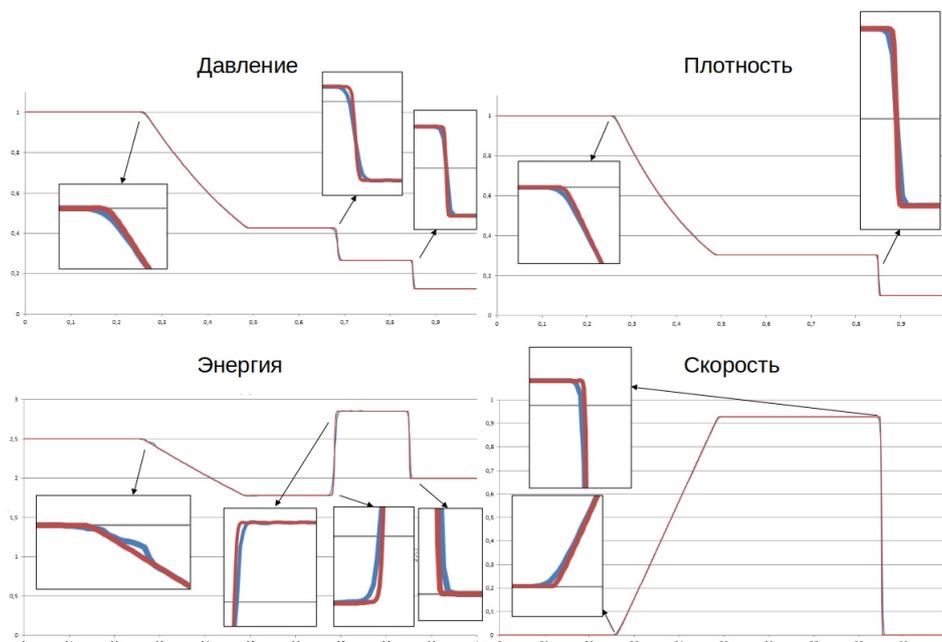


Рис. 2. Решение задачи Сода с помощью нейронной сети

Применение используемого метода на тестовой задаче – задаче Сода, показало, что решение имеет достаточно высокие порядки точности: около двух и более.

Таблица 1. Порядки сходимости решения.

Сетка	(100; 200)	(200; 400)	(400; 800)
ρ	1.812	2.243	2.963
u	1.174	2.123	3.323
p	1.823	2.351	2.991
e	1.799	1.997	2.985

Литература

1. Тишкин В. Ф. Разностные схемы трехмерной газовой динамики задачи о развитии неустойчивости Рихтмайера–Мешкова / В. Ф. Тишкин, В. В. Никишин, И. В. Попов, А. П. Фаворский // Математическое моделирование. 1995. Т. 7, № 5. С. 15-25.
2. Deep learning vs machine learning: a simple way to understand the difference [Electronic resource]. URL: <https://www.zendesk.com/blog/machine-learning-and-deep-learning/>
3. Google Colaboratory [Electronic resource]. URL: <https://colab.research.google.com/drive/1lz8P9v7KVdbawtXw0ik6eOLZguUx55F0>
4. Install TensorFlow with pip [Electronic resource]. URL: <https://www.tensorflow.org/install/pip?hl=ru>
5. Keras: the Python deep learning API [Electronic resource]. URL: <https://keras.io/>

MSC2020 76M25

Application of artificial neural networks for calculating discrete flows in the numerical solution of gas dynamics problems

M. S. Nefedov, R. V. Zhalnin

National Research Mordovia State University