

Идрисова Д.И., Каверзнева Т.Т., Тархов Д.А. Нейросетевое моделирование глубин промерзания криолитозоны для определения безопасных условий эксплуатации строительной техники. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XIV Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2014. – С. 111-115.

УДК 658.382:331.8(075.8)+004.032.26

## **НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛУБИН ПРОМЕРЗАНИЯ КРИОЛИТОЗОНЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

Д.И. Идрисова, Т.Т. Каверзнева, Д.А. Тархов

## **NEURAL NETWORK MODELING OF THE PERMAFROST FREEZING DEPTH TO DETERMINE THE SAFE OPERATION CONDITIONS CONSTRUCTION EQUIPMENT**

D.I. Idrisova, T.T. Kaverzneva, D.A. Tarkhov

**Аннотация.** В статье рассмотрены задачи нейросетевого моделирования процессов мониторинга глубин промерзания грунта для обеспечения безопасности труда на строительных машинах в условиях вечной мерзлоты.

**Abstract.** The article considers the problem of neural network modeling for processes of soil freezing depth monitoring, to ensure safe working on the construction equipment in the permafrost.

На организацию и технологии проведения строительных работ существенное влияние оказывают климатические особенности Крайнего Севера, что, в свою очередь, определяет условия безопасной эксплуатации строительной техники [1].

При оттаивании так называемых льдонасыщенных пород обычно развиваются опасные мерзлотные (криогенные) геологические процессы, такие, как термокарст, термоэрозия, солифлюкция, а также просадки земной поверхности, что влечет за собой угрозу разрушения зданий и инженерных сооружений, возведенных в условиях сохранения мерзлого основания [2].

В первом приближении температура на поверхности и в глубине верхнего слоя грунта за год меняется по периодическому закону, следуя за изменением температуры воздуха. С глубиной грунта амплитуда колебаний температуры уменьшается. Однако к периодической составляющей, вызванной изменением времён года, добавляется случайная компонента, связанная с погодными явлениями, влияние которой может быть существенным [3].

### **Задача определения температуры грунта на заданной глубине**

Постановка задачи: рассматривается задача определения закона изменения температуры грунта на заданной глубине, если известна температура на поверхности. В первом приближении пренебрегаем изменениями распределения температуры по горизонтали и теплообменом с воздухом. Данные уточнения могут быть внесены без принципиальных изменений в применяемом методе. Переходим в уравнении и краевых условиях к безразмерным величинам, рассматривая в качестве искомой функции и её аргументов отношения соответствующих величин к характерным для задачи константам.

## Постановка задачи

$$u_t = u_{xx}, (x,t) \in (0;1) \times (0;T), \quad u(x,0) = \varphi(x), x \in (0;1)$$

$$u_x(0;t) = 0, t \in [0;T], \quad u(0;t) = f(t), t \in [0;T].$$

Функция  $u(1, t)$  в этой постановке неизвестна и подлежит нахождению.

В качестве модельного решения используется функция

$$R(x,t) = \exp(-k^2 x^2 / (t - t_0)) / \sqrt{t - t_0}, \quad (1)$$

В качестве параметров выбирались  $k = 0.5$ ,  $t_0 = -1$ .

Будем искать решение задачи в виде нейросетевого приближения [4]

$$u(x,t) = \sum_{i=1}^{n_e} c_i e^{-a_i(x-x_i)^2 - b_i(x-x_i)(t-t_i) - d_i(t-t_i)^2}. \quad (2)$$

Подбор весов осуществлялся через минимизацию функционала ошибки, который в данной задаче имел вид:

$$J_1(\mathbf{w}) + \delta_b J_b(\mathbf{w}) + \delta_d J_d(\mathbf{w}),$$

где  $\mathbf{w} = (w_1, \dots, w_{n_e})$  – вектор весов сети;

$$J_1(\mathbf{w}) = \sum_{j=1}^N \{u_i(\xi_j, \tau_j) - u_{xx}(\xi_j, \tau_j)\}^2 - \text{слагаемое, отвечающее дифференциальному}$$

уравнению;

$$J_b(\mathbf{w}) = \sum_{j=1}^{N_b} \{u_x^2(0, \tau_j) + (u(x_j, 0) - \varphi(x_j))^2\} - \text{слагаемое, отвечающее граничным и}$$

начальным условиям;

$$J_d(\mathbf{w}) = \sum_{j=1}^{N_d} \{u(0, \tau_j) - f(\tau_j)\}^2 - \text{слагаемое, отвечающее требуемым граничным}$$

условиям;  $\delta_b, \delta_d > 0$  – «штрафные» множители.

Приведём некоторые результаты вычислений для случая  $N = 200$ ,  $N_b = 20$ ,  $N_d = 50$ , ошибка в задании начальных данных от  $-0,001$  до  $0,001$ , число попыток добавить нейрон 50, число нейронов 31.

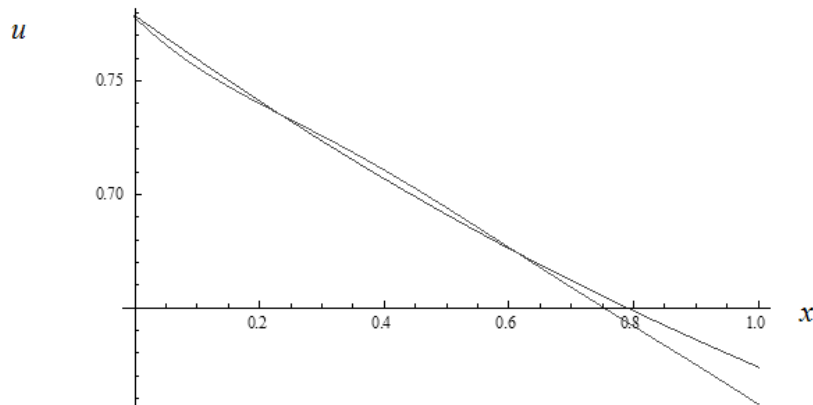


Рис. 1. Восстановление граничного условия

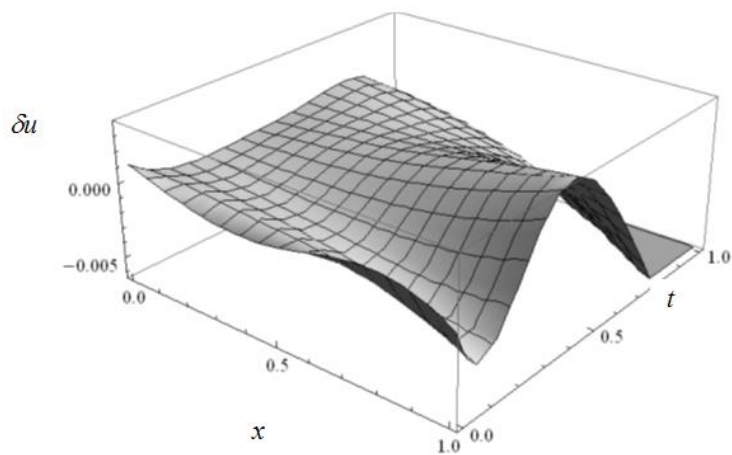


Рис. 2. Ошибка восстановления решения  $\delta u = u(x,t) - R(x,t)$

Полученные результаты показывают, что нейронные сети являются гибким инструментом, позволяющим учитывать особенности задачи и всю имеющуюся информацию, при этом точность результатов соответствует точности исходной информации, дополнительная информация может быть эффективно использована для уточнения искомого решения.

Изложенный в [1, 3, 5] подход рекомендуется применить к совершенствованию системы мониторинга климатических явлений и обеспечения безопасных условий проведения строительных работ на территории Западной Сибири.

#### Библиографический список

1. Васильев А.Н., Тархов Д.А., Тарабанов В.Н., Идрисова Д.И. Применение нейросетевого моделирования для решения задач обеспечения безопасности труда на строительных машинах при работе в условиях вечной мерзлоты // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. – 2012. – №2. – С. 271–277.
2. Павлов А. В., Гравис Г. Ф. Вечная мерзлота и современный климат // Природа. География. – 2000. – №4. – С. 10–18.
3. Ефремов С.В., Каверзнева Т.Т., Тархов Д.А. Нейросетевое моделирование в охране труда. – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2014. – 136с.
4. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Нейросетевое моделирование. Принципы. Алгоритмы. Приложения. – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2009. – 528 с.
5. Горбаченко В.И. Нейрокомпьютерный алгоритм решения коэффициентной обратной задачи // Известия ПГПУ им. В. Г. Белинского. – 2011. – № 26. – С. 367–374.

**Идрисова Джамиля Идрисовна**  
Санкт-Петербургский  
государственный политехнический  
университет,  
г. Санкт-Петербург, Россия  
E-mail: [jamilaidrisova@mail.ru](mailto:jamilaidrisova@mail.ru)

**Idrisiva Jamila Idrisovna**  
St. Petersburg State Polytechnic  
University,  
Saint Petersburg, Russia

**Каверзнева Татьяна Тимофеевна**  
Санкт-Петербургский  
государственный политехнический  
университет,

**Kaverzneva Tatiana Timofeevna**  
St. Petersburg State Polytechnic  
University,  
Saint Petersburg, Russia

г. Санкт-Петербург, Россия

E-mail: [kaverztt@mail.ru](mailto:kaverztt@mail.ru)

**Тархов Дмитрий Альбертович**

Санкт-Петербургский

государственный политехнический  
университет,

г. Санкт-Петербург, Россия

E-mail: [dtarkhov@gmail.com](mailto:dtarkhov@gmail.com)

**Tarhov Dmitry Albertovich**

St. Petersburg State Polytechnic

University,

Saint Petersburg, Russia