

## Постройка ПИД-регулятора с использованием нейронных сетей

**Р. А. Жилов**

Институт прикладной математики и автоматизации –  
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук

360000, Россия, Нальчик, ул. Шортанова, 89 А

**Аннотация.** В работе рассматривается применение нейронных сетей для настройки ПИД-регулятора. Необходимость использования методов машинного обучения для настройки регуляторов проистекает из сложности и длительности такой настройки человеком. Под каждый объект управления специалисту приходится настраивать коэффициенты ПИД-регулятора, а в динамических системах еще и перенастраивать их. Также в работе предполагается использование гибридных систем нейроуправления и гибридных нейронных сетей для имитации работы самого ПИД-регулятора. Рекуррентные нейронные сети – это мощный класс моделей, которые хорошо подходят для моделирования нелинейных систем. Одним из основных применений таких нейронных сетей является система управления. Достаточно хорошо обученная рекуррентная нейронная сеть может имитировать работу ПИД-регулятора. Преимуществами такого рода регулятора являются более четкое обучение в условиях лишь достаточно полной обучающей выборки и необязательность дальнейшей подстройки экспертом. Также замена системы ПИД-регулятор и нейромодуль на гибридную нейронную сеть, выполняющую полную работу данной системы, упрощает ее.

**Ключевые слова:** гибридные нейронные сети, ПИД-регулятор, нейроуправление, рекуррентные нейронные сети

Поступила 27.09.2022, одобрена после рецензирования 04.10.2022, принята к публикации 11.10.2022

**Для цитирования.** Жилов Р. А. Постройка ПИД-регулятора с использованием нейронных сетей // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 5 (109). С. 38–47. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-5-109-38-47

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Осовский С.* Нейронные сети для обработки информации. Москва: Финансы и статистика, 2016.

2. *Омату С., Халид М., Юсоф Р.* Нейроуправление и его приложения. Нейрокомпьютеры и их применение. Москва: Радиотехника, 2017.

3. *Жучков А. А.* Применение нейросетей для реализации типовых задач АСУТП ядерных реакторов с привлечением критериев снижения рисков // Труды VIII Всероссийской конференции «Нейрокомпьютеры и их применение» с международным участием НКП-2002. Москва, 2012. С. 592–593.

4. *Елисеев В. Л., Филаретов Г. Ф.* Программный пакет для моделирования и обучения методам нейросетевого управления // Открытое образование. 2011. № 2(86). Ч. 2. С. 98–101.

5. *Елисеев В. Л.* Методика построения обучающей выборки при нейросетевой идентификации в условиях стохастических сигналов // Труды XXXVII международной конференции «Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе». Алушта. 2010.

6. *Елисеев В. Л.* Нейросетевой аналог ПИД регулятора при управлении нелинейным объектом // Труды XVI всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов “Новые информационные технологии в научных исследованиях”. Рязань. 2011. С. 199–201.

7. *Елисеев В. Л., Зенкевич С. Л.* Метод нейросетевого оптимального управления // Труды Девятой всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы защиты и безопасности». Т. 5. Санкт-Петербург, 2016. С. 251–256.

8. *Елисеев В. Л., Филаретов Г. Ф.* Моделирование ПИД-контроллера с помощью искусственной нейронной сети // Перспективные технологии автоматизации. Вологда. 1999. С. 108.

9. *Елисеев В. Л., Филаретов Г. Ф.* Особенности настройки нейросетевого регулятора в контуре управления // Труды XV международного научно-технического семинара «Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации». Алушта. 2016. С. 155.

10. *Елисеев В. Л., Филаретов Г. Ф.* Методика синтеза нейросетевой системы управления нестационарным объектом // Вестник МЭИ. 2010. № 3. С. 100–106.

11. *Еремин Д. М.* Разработка и исследование нейросетевого регулятора для систем автоматизированного управления: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. 1995. 23 с.

12. *Острем К. Ю.* Введение в стохастическую теорию управления. Москва: Мир, 1973.

13. *M. Al-Amin, Islam M.S.* Design of an Intelligent Temperature Controller of Furnace System using the Fuzzy Self-tuning PID Controller // *2021 International Conference on Electronics, Communications and Information Technology (ICECIT)*, 2021. Pp. 1–4. DOI: 10.1109/ICECIT54077.2021.9641467.

14. *Mahmud M., Motakabber S.-M. A., Zahirul Alam H. M., Nordin A. N.* Adaptive PID Controller Using for Speed Control of the BLDC Motor // *2020 IEEE International Conference on Semiconductor Electronics (ICSE)*, 2020. Pp. 168–171. DOI: 10.1109/ICSE49846.2020.9166883.

15. *Wang T., Chang C.* Hybrid Fuzzy PID Controller Design for a Mobile Robot // *2018 IEEE International Conference on Applied System Invention (ICASI)*, 2018. Pp. 650–653. DOI: 10.1109/ICASI.2018.8394340.

16. *Mohamad Ali Tousi S., Mostafanasab A., Teshnehlab M.* Design of Self Tuning PID Controller Based on Competitional PSO // *2020 4th Conference on Swarm Intelligence and*

*Evolutionary Computation (CSIEC)*, 2020. Pp. 022–026. DOI: 10.1109/CSIEC49655.2020.9237318.

17. *Merayo N. [et al.]* PID controller based on a self-adaptive neural network to ensure qos bandwidth requirements in passive optical networks // *Journal of Optical Communications and Networking*. Vol. 9. No. 5. Pp. 433–445. May 2017. DOI: 10.1364/JOCN.9.000433.

18. *Belov M. P., Truong D. D., P. van Tuan* Self-Tuning PID Controller Using a Neural Network for Nonlinear Exoskeleton System // *2021 II International Conference on Neural Networks and Neurotechnologies (NeuroNT)*, 2021. Pp. 6–9. DOI: 10.1109/NeuroNT53022.2021.9472852.

19. *Wang R., Zhou Z., Qu G.* Fuzzy Neural Network PID Control Based on RBF Neural Network for Variable Configuration Spacecraft // *2018 IEEE 3rd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*, 2018. Pp. 1203–1207. DOI: 10.1109/IAEAC.2018.8577860.

20. *Ahmed A. A., Saleh Alshandoli A. F.* On replacing a PID controller with Neural Network controller for Segway // *2020 International Conference on Electrical Engineering (ICEE)*, 2020. Pp. 1–4. DOI: 10.1109/ICEE49691.2020.9249811.

#### **Информация об авторе**

**Жилов Руслан Альбердович**, мл. науч. сотр. отдела нейроинформатики и машинного обучения, Институт прикладной математики и автоматизации – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, Нальчик, ул. Шортанова, 89 А;

[zhilov91@gmail.com](mailto:zhilov91@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3552-4854>