

Hiperzespolone sieci neuronowe: aktualny stan wiedzy i perspektywy rozwoju

Agnieszka Niemczynowicz

Politechnika Krakowska

e-mail: a.niemczynowicz@pk.edu.pl

Hiperzespolone sieci neuronowe (HvNN, ang. *Hypercomplex-valued Neural Networks*) stanowią intensywnie rozwijający się obszar badań, który rozszerza klasyczne (rzeczywiste) sztuczne sieci neuronowe na wyższe systemy liczbowe, takie jak liczby zespolone, kwaterniony czy oktoniony. Tego rodzaju architektury oferują szereg unikalnych zalet, w tym możliwość efektywnego przetwarzania danych wielowymiarowych, zachowania informacji o fazie i amplitudzie sygnału, a także redukcji złożoności modeli poprzez współdzielenie parametrów.

Niniejszy wykład stanowi kompleksowe omówienie aktualnego stanu wiedzy w zakresie hiperzespolonych sieci neuronowych, obejmując ich podstawy matematyczne, rozwiązania architektoniczne oraz kluczowe obszary zastosowań. Przedstawione zostaną również główne wyzwania badawcze związane z dalszym rozwojem tej tematyki. Szczególny nacisk położono na rosnący potencjał HvNN jako zaawansowanego narzędzia we współczesnych kierunkach uczenia maszynowego oraz na konieczność kontynuowania prac teoretycznych i wdrożeniowych w tym zakresie.

MSC (2020): 68T07, 15A66, 68T05, 68T99

Literatura

- [1] A. Cayley, *On certain results relating to quaternions*, Philos. Mag., 1845, 26, 141–145.
- [2] A. Cayley, *The Collected Mathematical Papers of Arthur Cayley, Sc.D., F.R.S., Vol. 1*, Cambridge University Press, Cambridge, 1889, pp. 123–126.
- [3] G. Cybenko, *Approximation by superpositions of a sigmoidal function*, MCSS, 1989, 2(4), 303–314.
- [4] L.E. Dickson, *On quaternions and their generalization and the history of the eight square theorem*, Ann. Math., 1919, 20(3), 155–171.
- [5] K. Hornik, M. Stinchcombe, H. White, *Multilayer feedforward networks are universal approximators*, Neural Networks, 1989, 2(5), 359–366.

- [6] A. Niemczynowicz, R. A. Kycia, *KHNN: Hypercomplex-valued neural networks computations via Keras using TensorFlow and PyTorch*, SoftwareX, 2025, 30, 102163, DOI: [10.1016/j.softx.2025.102163](https://doi.org/10.1016/j.softx.2025.102163).