

Jak skwantowałem analizę danych

Sebastian Zając¹ and Jacob L. Cybulski²

¹*SGH Warsaw School of Economics, Warszawa*

²*Enquanted / Deakin University, Melbourne, Australia*

Abstrakt

Współczesne komputery kwantowe potrafią już realizować zadania analityczne na prawdziwych danych — od wyceny opcji finansowych [1] i oceny ryzyka kredytowego [2] po klasyfikację i regresję szeregów czasowych [3]. Wyniki tych eksperymentów prowadzą jednak do niewygodnego pytania: skąd mamy wiedzieć, czy kwantowy model faktycznie robi coś, czego nie potrafi klasyczny?

Na seminarium pokażę, że odpowiedź zależy nie od sprzętu kwantowego, lecz od sposobu, w jaki dane zostają zanurzone w przestrzeni Hilberta — czyli od wyboru kwantowej mapy cech. Okazuje się, że najpopularniejsza metoda zanurzenia, polegająca na zakodowaniu rozkładu prawdopodobieństwa jako amplitud stanu kwantowego ($\psi_i = \sqrt{p_i}$), prowadzi do modelu równoważnego klasycznemu jądry iloczynu skalarnego — niezależnie od złożoności późniejszego obwodu kwantowego [4].

Zaproponuję dwie miary — kwantową ujemność Wignera Q i kwantową informację wzajemną I — które pozwalają z góry ocenić, czy dany sposób zanurzenia danych daje modelowi dostęp do struktur niedostępnych klasycznie. Pokażę, kiedy i jakie zanurzenia mogą faktycznie wspomagać wydobywanie informacji z danych, ilustrując to eksperymentami numerycznymi na zadaniach klasyfikacyjnych.

Seminarium nie wymaga znajomości mechaniki kwantowej — konstrukcje zostaną przedstawione w języku algebry liniowej i statystyki.

Literatura

- [1] S. Zając, R. Pracht, *Option Pricing on Noisy Intermediate-Scale Quantum Computers: A Quantum Neural Network Approach*, arXiv:2604.19832, 2026.
- [2] S. Zając, K. Kuba, *Quantum Neural Networks: Application for Credit Risk Assessment*, in: *Quantum Technologies in Finance*, 2026.
- [3] J. L. Cybulski, S. Zając, *Design Considerations for Denoising Quantum Time Series Auto-encoder*, in: *Computational Science – ICCS 2024, LNCS*, pp. 252–267, Springer, 2024.

- [4] S. Zając, J. L. Cybulski, B. Dziewit, T. Kulpa, *The Inverse Born Rule Fallacy: On the Informational Limits of Phase-Locked Amplitude Encoding*, arXiv:2602.21350, 2026.

How I Quantised Data Analysis

Sebastian Zając¹ and Jacob L. Cybulski²

¹*SGH Warsaw School of Economics, Warsaw, Poland*

²*Enquanted / Deakin University, Melbourne, Australia*

Abstract

Modern quantum computers can already perform analytical tasks on real data — from financial option pricing [1] and credit risk assessment [2] to classification and regression of time series [3]. The results of these experiments, however, lead to an uncomfortable question: how do we know whether a quantum model is actually doing something that a classical one cannot?

In this seminar I will show that the answer depends not on the quantum hardware but on the way in which data are embedded into Hilbert space — that is, on the choice of the quantum feature map. It turns out that the most popular embedding method, which encodes a probability distribution as quantum state amplitudes ($\psi_i = \sqrt{p_i}$), yields a model equivalent to a classical inner-product kernel — regardless of the complexity of the subsequent quantum circuit [4].

I will introduce two measures — the Wigner non-classicality index Q and quantum mutual information I — that allow one to assess *a priori* whether a given data embedding gives the model access to structures that are classically inaccessible. I will show when and which embeddings can genuinely aid information extraction from data, illustrating this with numerical experiments on classification tasks.

The seminar requires no knowledge of quantum mechanics — all constructions will be presented in the language of linear algebra and statistics.

References

- [1] S. Zając, R. Pracht, *Option Pricing on Noisy Intermediate-Scale Quantum Computers: A Quantum Neural Network Approach*, arXiv:2604.19832, 2026.
- [2] S. Zając, K. Kuba, *Quantum Neural Networks: Application for Credit Risk Assessment*, in: *Quantum Technologies in Finance*, 2026.
- [3] J. L. Cybulski, S. Zając, *Design Considerations for Denoising Quantum Time Series Autoencoder*, in: *Computational Science – ICCS 2024*, LNCS, pp. 252–267, Springer, 2024.
- [4] S. Zając, J. L. Cybulski, B. Dziewit, T. Kulpa, *The Inverse Born Rule Fallacy: On the Informational Limits of Phase-Locked Amplitude Encoding*, arXiv:2602.21350, 2026.