UNIWERSYTET
MIKOŁAJA KOPERNIKA
W TORUNIU
Wydział Chemii

Wykład ogólnouniwersytecki

MikroSpektro – praktyczna mikroskopia i spektroskopia

Grzegorz Trykowski
mchem.umk.pl

11.05.2026

Wstęp

Chciałbym przedstawić fragment mojego wykładu ogólnouniwersyteckiego na temat wpływu na metody mikrospektroskopowe nowych technologii informatycznych oraz rozwoju algorytmów sztucznej inteligencji.

Są to przewidywania, które zaproponowały dwa algorytmy AI w maju 2026 roku:

- *Gemini zaproponowało tą wizję,*
- *ChatGPT przygotował wizualizację.*

Ja (Grzegorz Trykowski) jako człowiek podpisuje się pod tymi prognozami. Natomiast co wydarzy się w kolejnych latach, życie pokażę i zweryfikuje.

W 2024 roku rozpoczęła się rewolucja technologiczna w mikrospektroskopii związana ze stosowaniem algorytmów AI

Możliwe, główne nurty rozwoju:

1. Nowa era badań

Od obrazu do danych. Cyfrowa transformacja i AI.

2. Deep Learning w oczyszczaniu danych

AI jako „cyfrowa soczewka”. Poprawa jakości sygnału.

3. Automatyczna dekonwolucja i identyfikacja faz

Inteligentna analiza widm, koniec z ręcznym dopasowywaniem.

4. Mikrospektroskopia 4D i Big Data

Wyzwania informatyczne – przetwarzanie danych w chmurze.

5. Autonomiczne laboratoria

Self-driving Microscopes. Wizja 2026+: Mikroskop jako autonomiczny agent badawczy

1. Nowa era mikrospektroskopii

Od obrazu do danych.
Cyfrowa transformacja i AI.

Kluczowe przesłanie: Współczesny mikroskop to już nie tylko układ optyczny, ale zaawansowany sensor generujący terabajty danych.

Grafika wytworzona przez ChatGPT wg promptu Gemini

Zagadnienia:

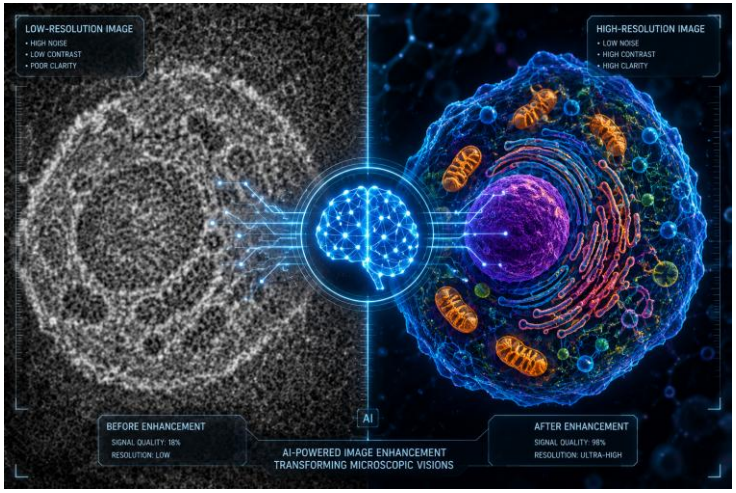
- Przejście od jakościowej obserwacji do ilościowej analizy danych (*Data-Driven Microscopy*).
- Rola wysokowydajnych obliczeń (*High Performance Computing*) w przetwarzaniu sygnałów z detektorów nowej generacji.
- Integracja technik: chemometria spotyka głębokie uczenie (*Deep Learning*).

2. Deep Learning w oczyszczaniu danych

Denoising & Reconstruction

AI jako „cyfrowa soczewka”

Poprawa jakości sygnału

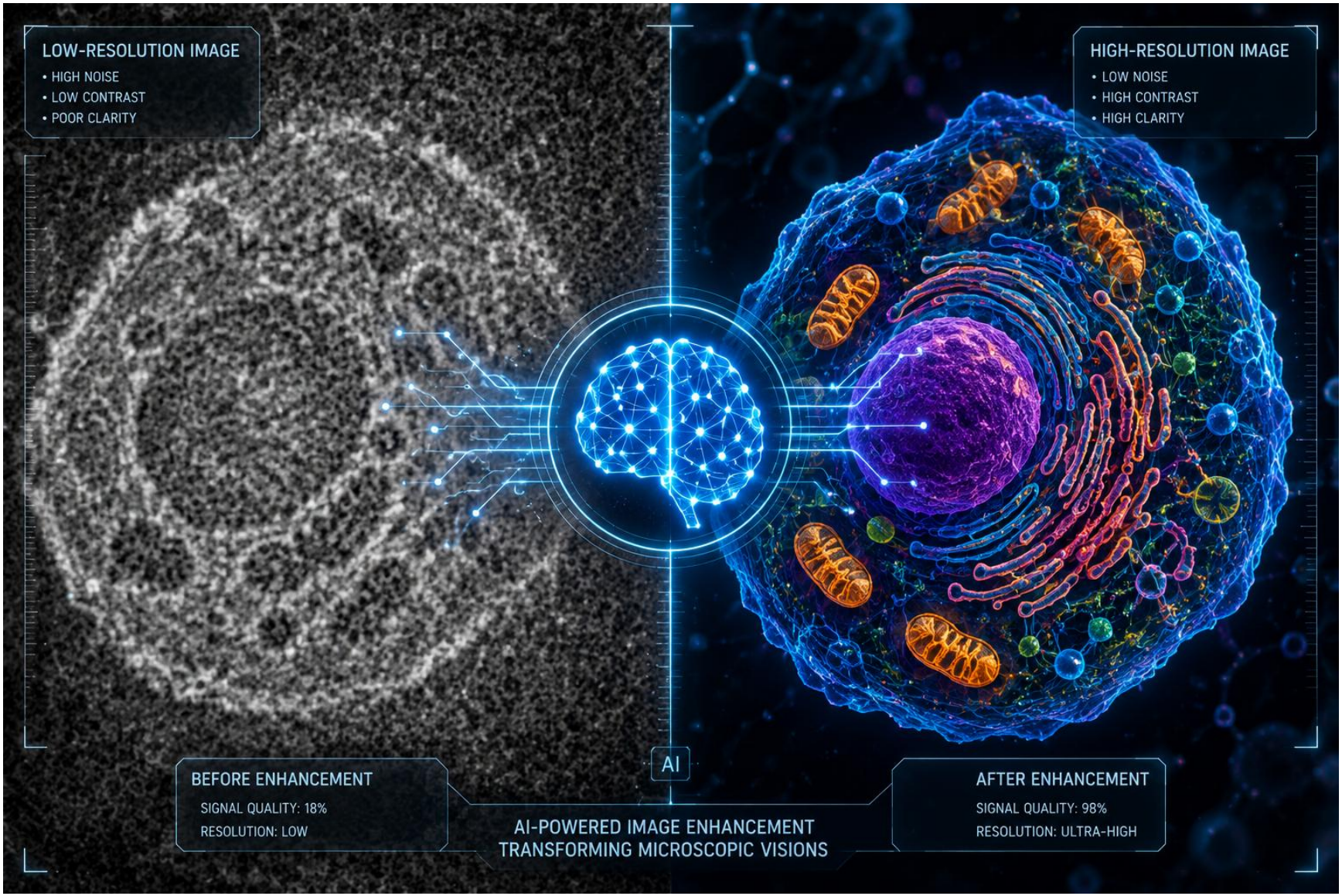


Grafika wytworzona przez ChatGPT wg promptu Gemini

Wykorzystanie sieci neuronowych do usuwania szumów bez utraty informacji chemicznej.

Zastosowania:

- *Low-dose imaging*: Obrazowanie próbek wrażliwych na wiązkę (np. biologicznych) przy minimalnej energii, gdzie AI odzyskuje czysty obraz z szumu.
- Super-rozdzielczość algorytmiczna: Zwiększanie rozdzielczości przestrzennej map EDS/EELS powyżej fizycznych limitów detektora.
- Skracanie czasu akwizycji widm Ramana/IR poprzez rekonstrukcję pełnych danych z niepełnych skanów.



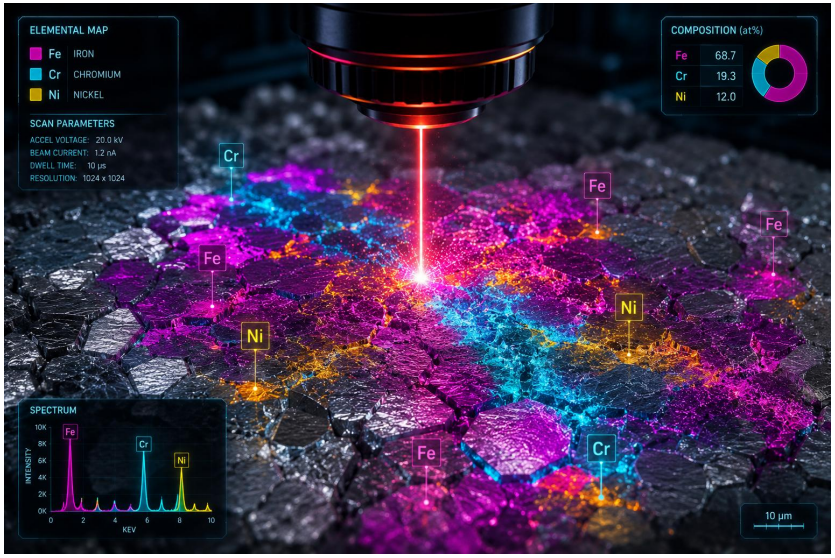
Wizja AI wzrostu rozdzielczości obrazu TEM komórki

Grafika wytworzona przez ChatGPT wg promptu Gemini

3. Automatyczna dekonwolucja i identyfikacja faz

Inteligentna analiza widm, koniec z ręcznym dopasowywaniem.

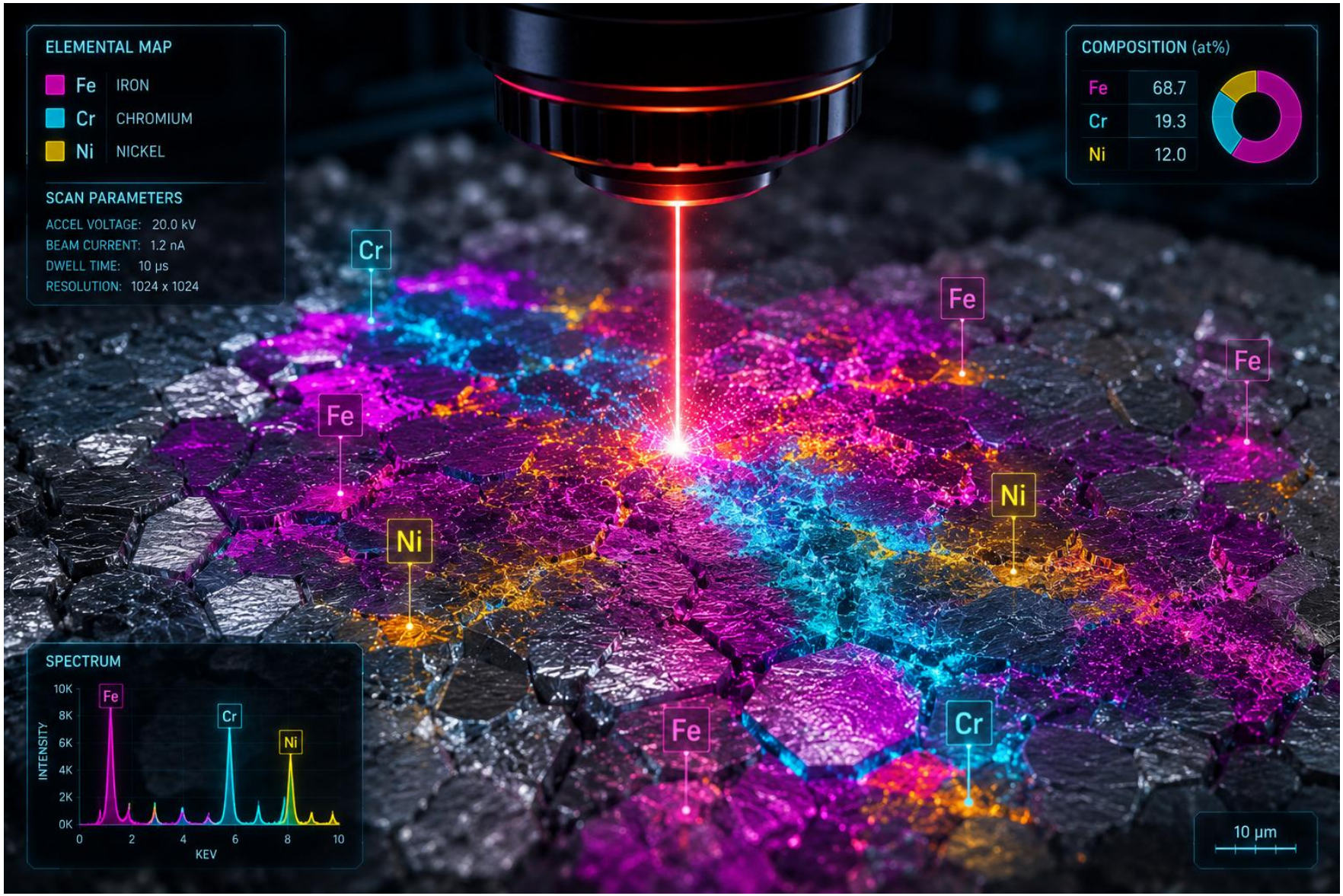
Algorytmy uczenia maszynowego w interpretacji złożonych danych spektralnych (XRD, EDS, Raman).



Grafika wytworzona przez ChatGPT wg promptu Gemini

Kluczowe technologie:

- Nienadzorowane uczenie (*Clustering*): Automatyczne grupowanie obszarów o podobnym składzie chemicznym na mapach wielkości gigapikseli.
- Sieci CNN (*Convolutional Neural Networks* splotowe sieci neuronowe) w XRD: Błyskawiczna identyfikacja faz krystalicznych i naprężeń w materiałach kompozytowych.
- Eliminacja tła i fluorescencji w czasie rzeczywistym dzięki modelom regresyjnym.



Wizja AI mikroskalowego obrazu metalu z mapowaniem EDS

Grafika wytworzona przez ChatGPT

4. Mikrospektroskopia 4D i *Big Data*

Wyzwania informatyczne – przetwarzanie danych w chmurze i *Edge Computing*.

Grafika wytworzona przez ChatGPT wg promptu Gemini

Jak radzić sobie z „potopem danych” generowanym przez nowoczesne techniki 4D-STEM czy *hyperspectral imaging*.

Rozwiązania:

- *Edge Computing*: Przetwarzanie danych bezpośrednio przy mikroskopie (filtrowanie istotnych zdarzeń „w locie”).
- Szybka kompresja stratna i bezstratna: Jak przechowywać petabajty danych z sesji badawczych.
- Standardy *Open Data* i automatyczne metadane (*FAIR data principles*).

Wizja AI analizy danych w cyberprzestrzeni

Grafika wytworzona przez ChatGPT

5. Autonomiczne laboratoria *Self-driving Microscopes*

Wizja 2026+: Mikroskop jako autonomiczny agent badawczy.

Integracja AI z systemem sterowania mikroskopem.

Grafika wytworzona przez ChatGPT wg promptu Gemini

Kluczowe funkcje:

- *Active Learning*: Algorytm sam decyduje, w którym miejscu próbki wykonać kolejny pomiar, aby zminimalizować błąd modelu (oszczędność czasu i próbki).
- *Digital Twins*: Cyfrowe bliźniaki układów optycznych optymalizujące parametry wiązki w czasie rzeczywistym.
- Zdalna mikroskopia w chmurze i współpraca w rzeczywistości rozszerzonej (AR *Augmented Reality*).

Wizja AI futurystycznego laboratorium mikroskopii świetlnej

Grafika wytworzona przez ChatGPT