

# Pracownia problemowa - Modele Dyfuzyjne

Kamila Ćwikła

2025

# Spis treści

<b>1</b>	<b>Temat</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Wstęp</b>	<b>4</b>
2.1	Co to modele generatywne? . . . . .	4
2.2	Modele dyfuzyjne - skąd nazwa? . . . . .	4
2.3	Ogólne działanie modelu dyfuzyjnego . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Matematyka stojąca za modelami dyfuzyjnymi</b>	<b>6</b>

# 1 Temat

Zastosowanie modeli dyfuzyjnych do matematycznych obliczeń (stabilizacji/  
poprawy)

Zaaplikowanie modeli dyfuzyjnych; zamiast do obrazów to na przykład do równań różniczkowych. Na filmiku <https://www.coursera.org/learn/introduction-to-image-generation> - jest wyjaśniona metoda działania dla obrazków (courseera plus jest za darmo za pierwszy 1 miesiąc). Pomysłów na zastosowanie samego pomysłu w matematyce jest dużo można zrobić poprawę dokładności wykresów (albo klasy wykresów) pochodzących od jakiś rozwiązań (niekoniecznie równań różniczkowych)

## 2 Wstęp

### 2.1 Co to modele generatywne?

Model genratywny, to algorytm uczenia maszynowego. Generuje on nowe dane na podstawie posiadanego wcześniej już zestawu danych. Działają one inaczej niż regresja, która bada zależności czy też inaczej niż klasyfikacja, która uczy rozróżniać obiekty różnych klas. Modele generatywne uczą się jak dane są dystrybuowane, szukają wzorców czy schematów i generują (dlatego geenratywne) nowe dane na podstawie wiedzy zdobytej z dostarczonych już danych.

W praktyce takie modele tworzą nową treść poprzez przewidywanie następnego elementu na podstawie poprzednich elementów. Iteracyjnie powtarzamy takie działanie, za każdym razem nowa dana służy jako dana wejściowa do nowej prognozy. Mamy różne modele generatywne, np.

- **Generative Adversarial Networks (GANs)**: składają się z sieci neuronowych, które konkurują ze sobą. Jedna z nich, tak zwany geenrator, tworzy realistyczne dane na podstawie losowego szumu. Druga sieć, zwana dyskryminatorem, stara się odróżnić prawdziwy od fałszywego, gdzie fałszywy jest dziełem generatora. Dzięki dyskryminatorowi generator uczy się tworzyć coraz lepsze obrazy.
- **Variational Autoencoders (VAEs)**: ten model wykorzystuje techniki statystyczne do tworzenia nowych danych. Składa się z dwóch części. Pierwsza to enkoder, który uczy reprezentacji danych i druga część to dekodek, który generuje nowe dane na podstawie tej reprezentacji. Są dobre, jeśli chcemy mieć kontrolę nad modelem, albo do wykorzystania przy tworzeniu nowych obrazów, ale podobnych do wejściowych.
- **Model autoregresyjny (Autoregression Model)**: przewiduje wynik kolejnego elementu ciągu na podstawie poprzednich elemntów. Wykorzystuje technikę szeregów czasowych, w której aktualna wartość funkcji jest funkcją poprzednich wartości.

Źródła: Coursera *Intorduction to image generation*

<https://ctowiec.pl/co-to-sa-modele-generatywne/>

### 2.2 Modele dyfuzyjne - skąd nazwa?

Modele dyfuzyjne wywodzą się z fizyki, a konkretnie z działu termodynamiki, który zajmuje się układami znajdującymi się poza stanem równowagi termodynamicznej. Termodynamika jako dziedzina nauki bada związki między ciepłem, pracą, temperaturą a innymi wielkościami fizycznymi, takimi jak energia czy entropia. W klasycznej termodynamice, która dotyczy układów w stanie równowagi, parametry układu są stałe w czasie i nie zachodzą w nim żadne

zmiany. Inaczej jest w przypadku układów niebędących w stanie równowagi - tam zachodzą procesy prowadzące do zmian w czasie, a układ ewoluuje.

Sama dyfuzja, na której opierają się modele dyfuzyjne, to proces samorzutnego mieszania się substancji w wyniku ruchu cząsteczek. W różnych układach można analizować właściwości tego procesu, takie jak szybkość rozprzestrzeniania się substancji czy stopień ich zmieszania.

Przykładem dyfuzji może być sytuacja, w której kropla farby wpada do szklanki wody - zaczyna się ona mieszać z wodą, aż do osiągnięcia stanu pełnego wymieszania, czyli równowagi. W świecie rzeczywistym cofnięcie skutków takiego procesu jest niemal niemożliwe. Jednak w świecie komputerowym, modele dyfuzyjne inspirowane tym zjawiskiem próbują dokonać odwrotności dyfuzji - *odmieszać* substancje, czyli odtworzyć ich wcześniejszy stan lub stan bardzo do niego zbliżony.

Można to rozumieć w ten sposób: cząsteczka farby, znajdująca się początkowo w konkretnym punkcie, zawiera określoną informację. W miarę postępu dyfuzji ta informacja zaczyna się rozmywać i zanikać. Generatywny model dyfuzyjny AI działa na podobnej zasadzie, ale zamiast kropli farby mamy obraz, wykres czy zdjęcie. Model ten, poprzez odwrócony proces dyfuzji, stara się odzyskać oryginalny, wyraźny obraz ze zniekształconego lub zaszumionego stanu.

Źródło: <https://daniel-jiang.medium.com/what-are-diffusion-models-and-how-do-they-work-2e1ae1d8400>

## 2.3 Ogólne działanie modelu dyfuzyjnego

Modele dyfuzyjne to generatywne modele AI, czyli wytwarzają nowe dane na podstawie danych wejściowych. Dla uproszczenia przyjmijmy, że dostały one dane wejściowe będące zbiorem obrazów. Model dyfuzyjny *niszczy* obrazy, które otrzymał dodając do nich szum np. Gauss'owski. Następnie taki model uczy się odzyskiwać taki obraz w procesie *odszumiania*.

Wspomniany szum zastosowany do danych wejściowych (obrazów) bazuje na łańcuchu Markova - modelu stochastycznym, który opisuje ciąg prawdopodobnych zdarzeń, których prawdopodobieństwa zależą od stanów osiągniętych w poprzednim zdarzeniu. Warto tutaj dodać, że bieżąca iteracja zależy tylko od poprzedniego kroku.

W modelu dyfuzyjnym z obrazem postępujemy zgodnie z procesem Markova, aż zostanie on kompletnie zaszumiony, następnie model uczy się go odzyskiwać. Po wytrenowaniu takiego modelu, gdy dostanie on kompletny szum jako dane wejściowe będzie mógł zwrócić wysokiej jakości obraz.

Źródło: <https://daniel-jiang.medium.com/what-are-diffusion-models-and-how-do-they-work-2e1ae1d8400>

### **3   Matematyka stojąca za modelami dyfuzyjnymi**