

# ML4ALICE:

## Sieci Neuronowe Typu GAN i Możliwości ich Wykorzystania w Fizyce Wysokich Energii

---

KAMIL DEJA

Opiekun: dr Tomasz Trzeciński

Nadzór: dr Łukasz Graczykowski



**Politechnika  
Warszawska**

# Plan prezentacji

---

1. Sieci neuronowe typu GAN
  1. Wprowadzanie
  2. Jak to działa?
2. Zastosowania sieci neuronowych
  1. Podstawowe zastosowania
  2. Ciekawe zastosowania
3. Aktualne zastosowania w HEP
  1. Generowanie obrazów jetów
  2. Symulacja odpowiedzi kalorymetrów
4. Proponowane rozwiązania
  1. Szybka symulacja możliwych odpowiedzi detektora
  2. Szybka symulacja propagacji cząstek w materii
  3. Możliwe zastosowanie jako narzędzie do wykrywania anomalii
5. Podsumowanie

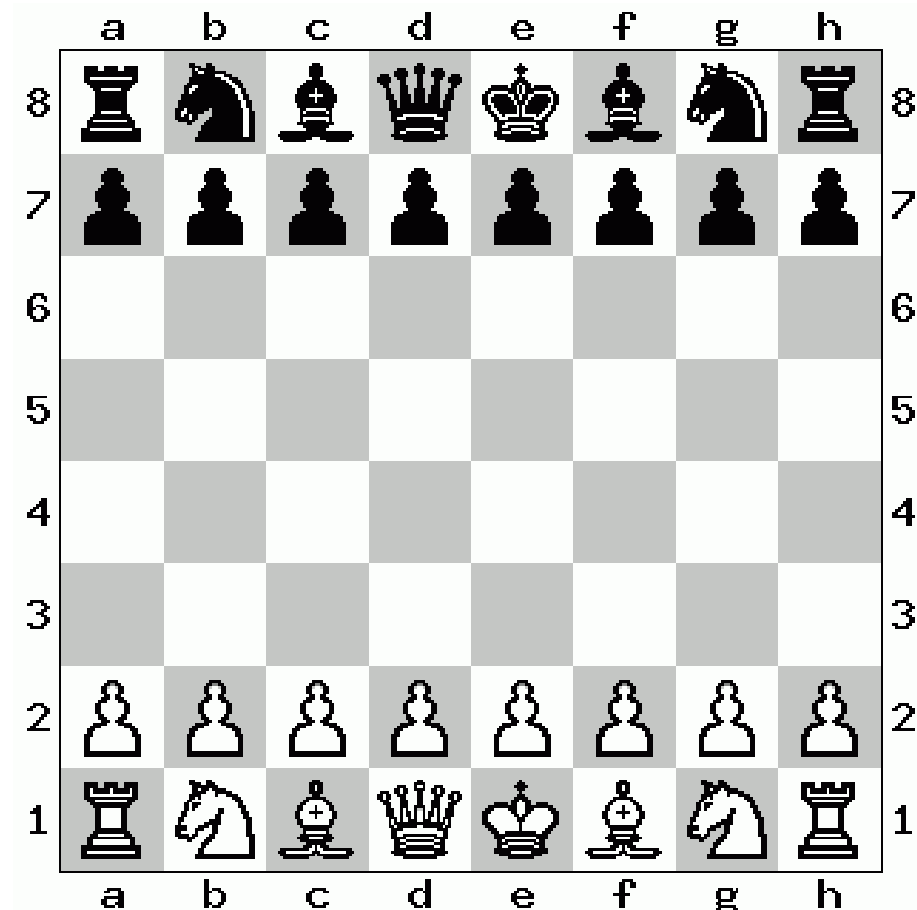
# GAN - Generative Adversarial Networks

Yann LeCun, dyrektor Facebook AI  
Research:

*“(GANs), and the variations that are now  
being proposed is the most interesting  
idea in the last 10 years in ML, in my  
opinion.”*

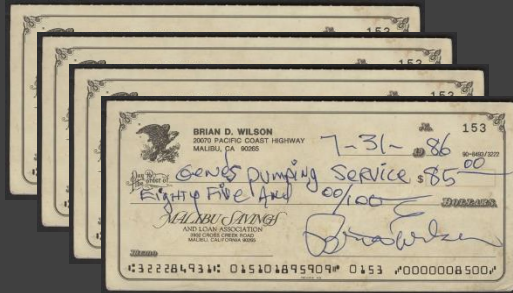
# Jak się uczyć?

- Na własnych błędach
- Będąc nadzorowanym przez mentora
- Który pokazuje dobre i złe posunięcia



<http://szachydzieciom.pl/>

# Jak działają sieci neuronowe typu GAN?



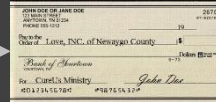
<https://33milesinnewayocounty.files.wordpress.com>



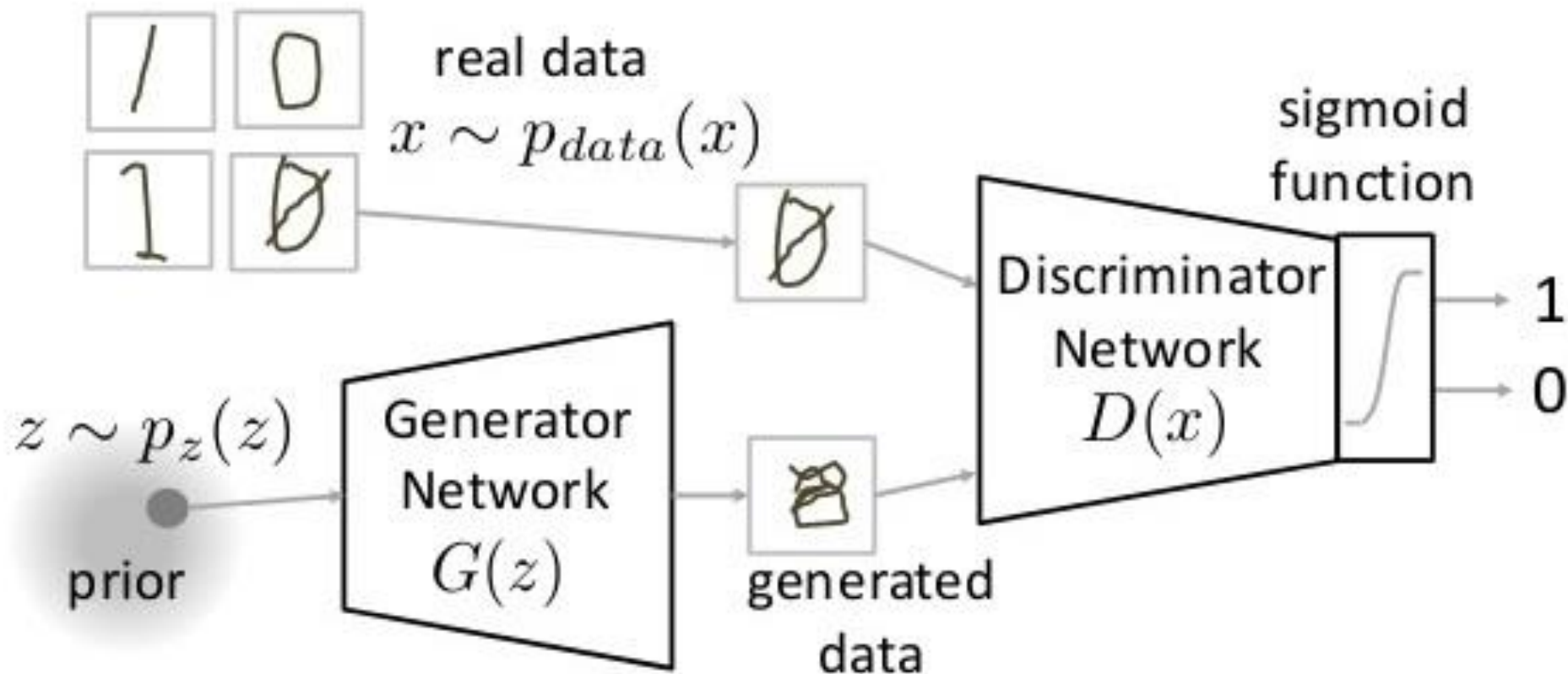
<https://thechive.files.wordpress.com>



<https://giphy.com/gifs/leonardo-dicaprio-catch-me-if-you-can-5leocharacters-t1h4nnWEWKfn2>



# Jak działają sieci neuronowe typu GAN?



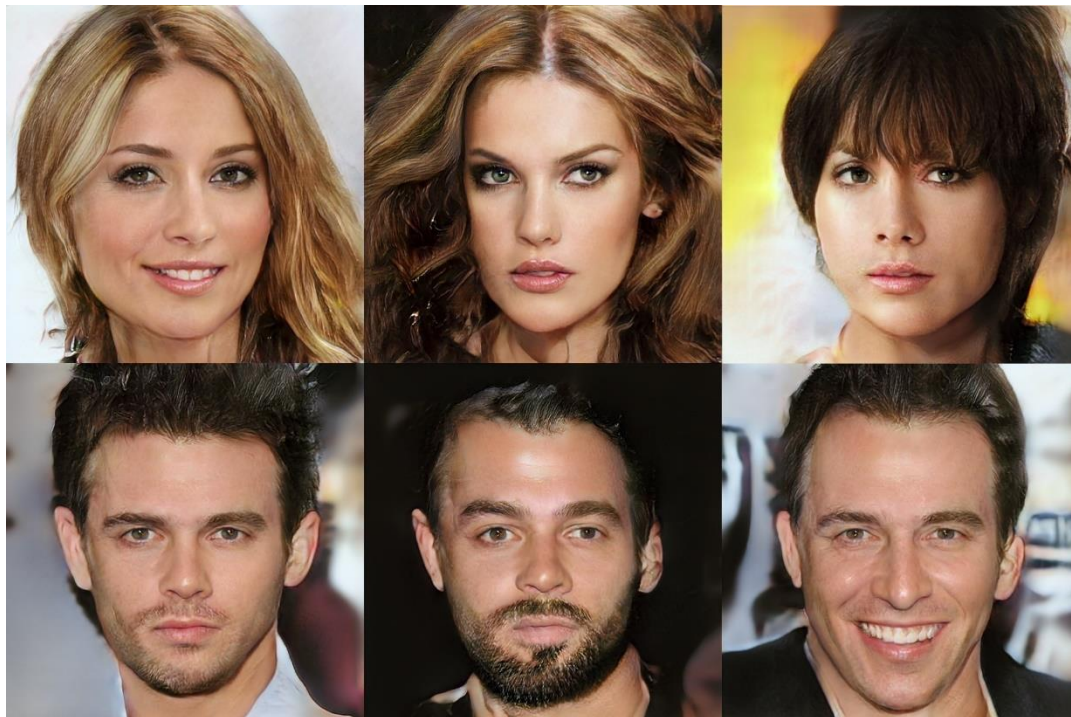
$$\min_G \max_D V(D, G) = \mathbb{E}_{x \sim p_{data}(x)} [\log D(x)] + \mathbb{E}_{z \sim p_z(z)} [\log(1 - D(G(z)))].$$

# Zastosowanie sieci neuronowych typu GAN

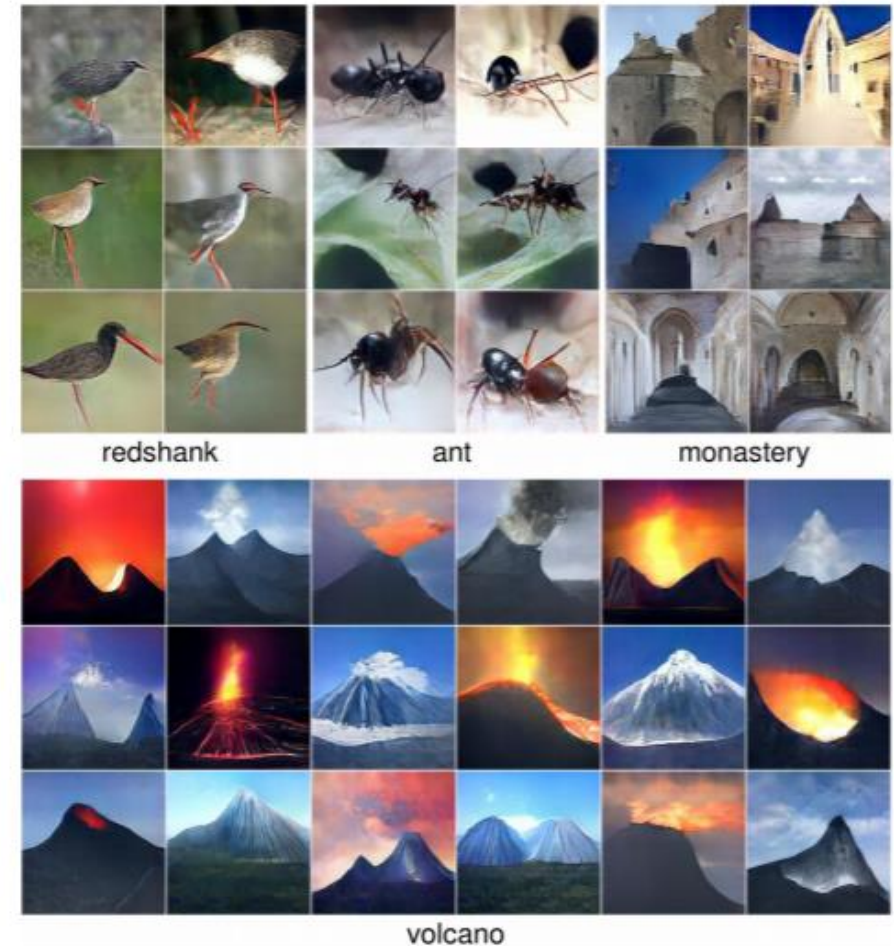
---

# Podstawowe zastosowania

- Generowanie sztucznych obrazów



<https://arxiv.org/abs/1710.10196>



<https://arxiv.org/pdf/1612.00005v1.pdf>



# Ciekawe zastosowania

## Przetwarzanie obrazu

- Odkrywanie twarzy (12-2016)

## Tłumaczenie

- Tekst ->Obraz (6-2017)
- Tłumaczenie pomiędzy obrazami



<https://arxiv.org/pdf/1612.08534.pdf>

The petals of the flower are purple with a yellow center and have thin filaments coming from the petals.



This flower is white and yellow in color, with petals that are oval shaped



<https://arxiv.org/pdf/1605.05396.pdf>

Day to Night



input

output

Edges to Photo



input

output

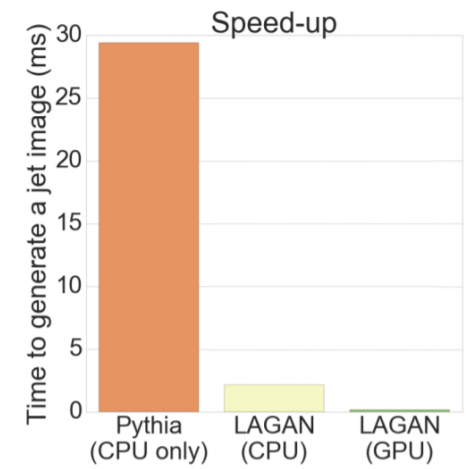
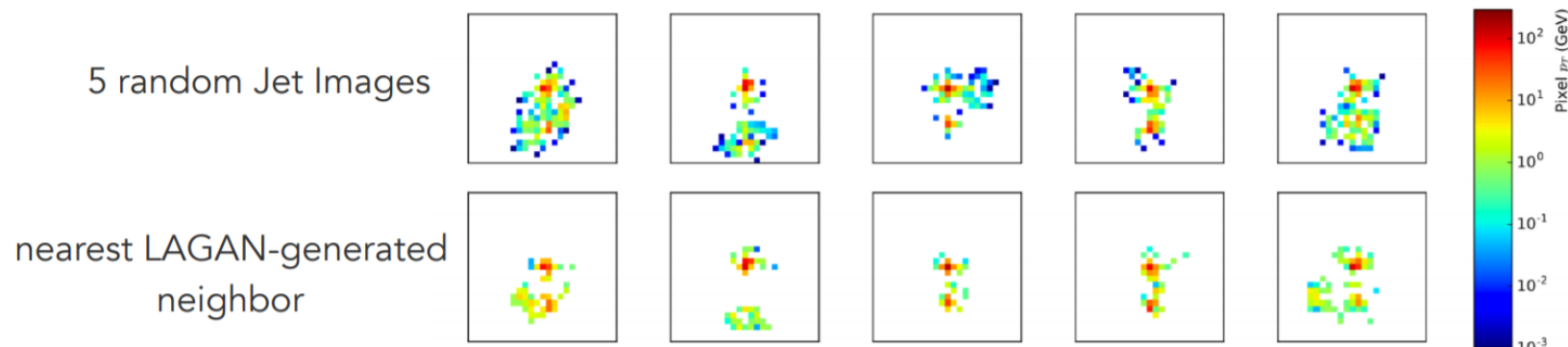
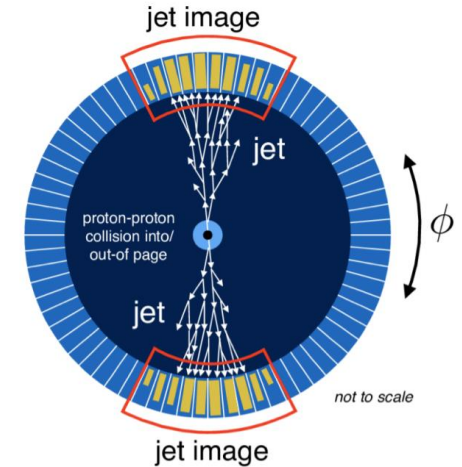
<https://arxiv.org/pdf/1611.07004v1.pdf>

Zastosowanie sieci  
neuronowych typu GAN w  
fizyce wysokich energii

---

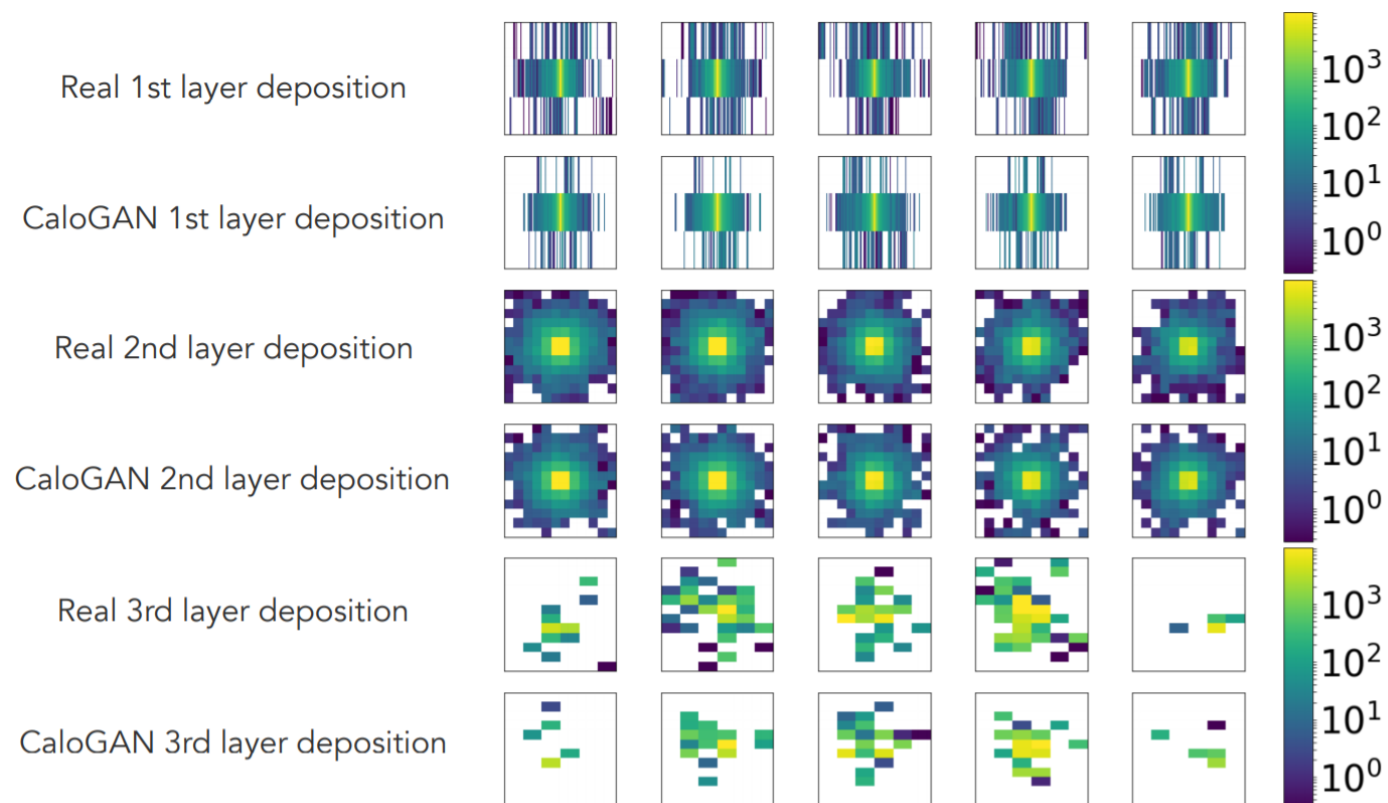
# Generowanie obrazów jetów - ATLAS

- Na podstawie wygenerowanych obrazów
- Model odtwarzający prawdziwe przykłady z jak największą dokładnością
- Dokładność definiowana jako zgodność z fizycznymi miarami takimi jak masa



# CaloGAN Szybka symulacja odpowiedzi kalorymetrów – ATLAS

- Symulowanie zderzeń cząstek elementarnych z materią kalorymetrów
- Zachowując poprawne - fizycznie możliwe rozkłady energii
- Rozwiązanie  $10^5$  szybsze niż standardowe podejście



Proponowane  
zastosowania  
dla ALICE

---

Szybka symulacja klastrów  
detektora (TPC)

---

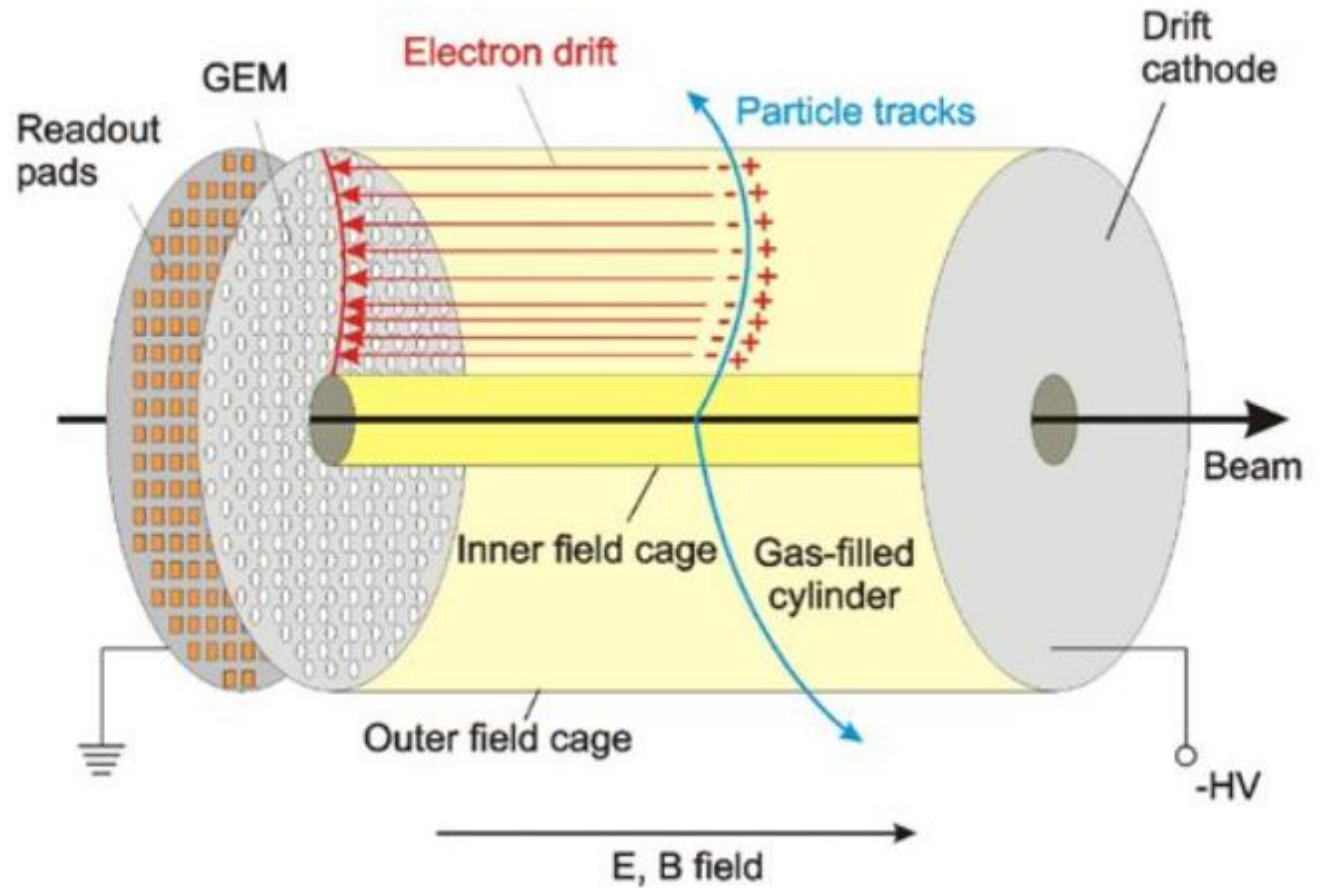
Szybka symulacja propagacji  
cząstek w materii

---

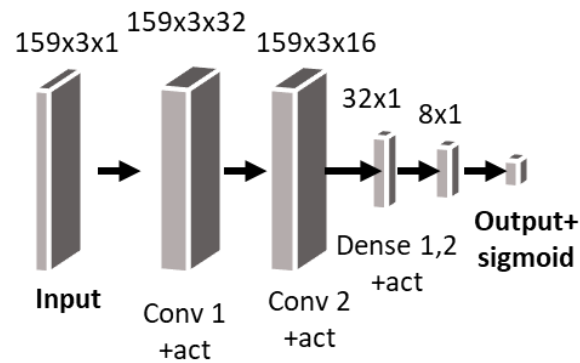
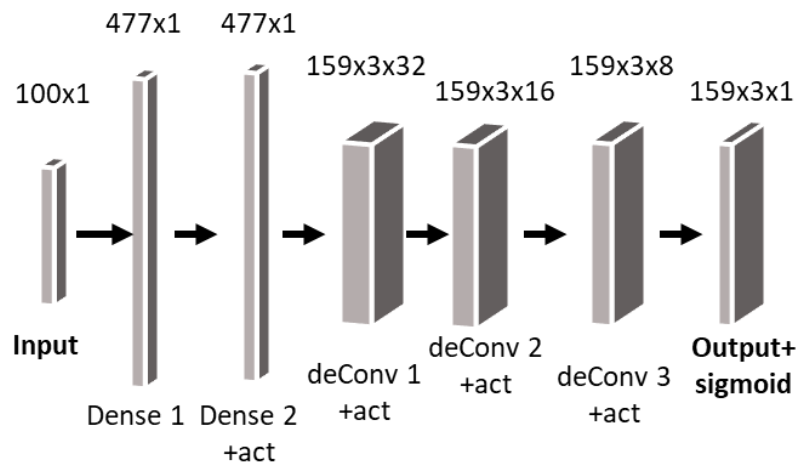
Możliwe zastosowanie jako  
narzędzie do wykrywania  
anomalii

# Klastry TPC

- Punkty w przestrzeni trójwymiarowej, związane z ładunkiem pozostawionym przez cząstkę w danym miejscu
- Odzwierciedlają tor lotu cząstki przez gaz znajdujący się wewnątrz detektora
- Ograniczone rozmiarami detektora



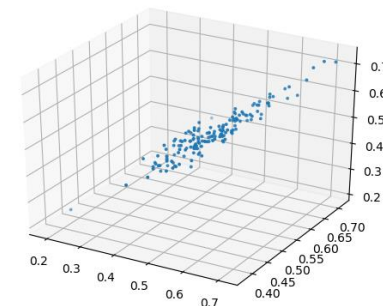
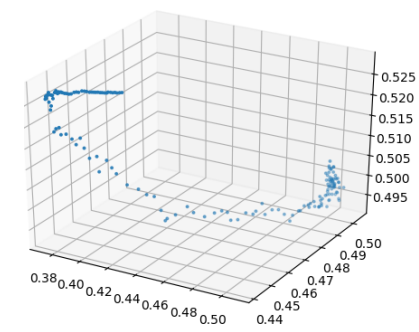
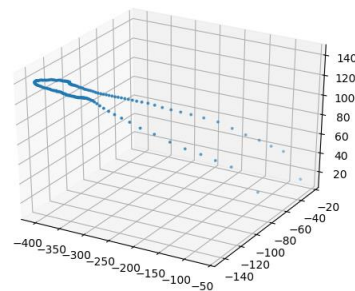
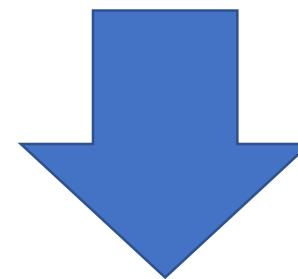
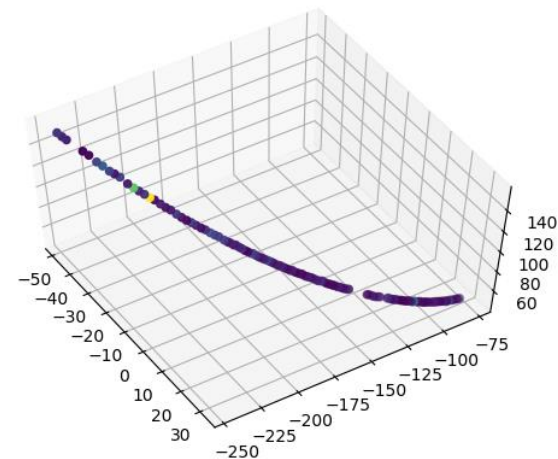
# Szybka symulacja możliwych odpowiedzi detektora – klastry TPC



- Podejście analogiczne do symulacji jetów
- Symulacja klastrów zbliżonych do tych znajdujących się w danych wejściowych
- Zachowując parametry fizyczne
  - rozkład energii
  - **rzeczywisty tor lotu cząstki**
  - ...

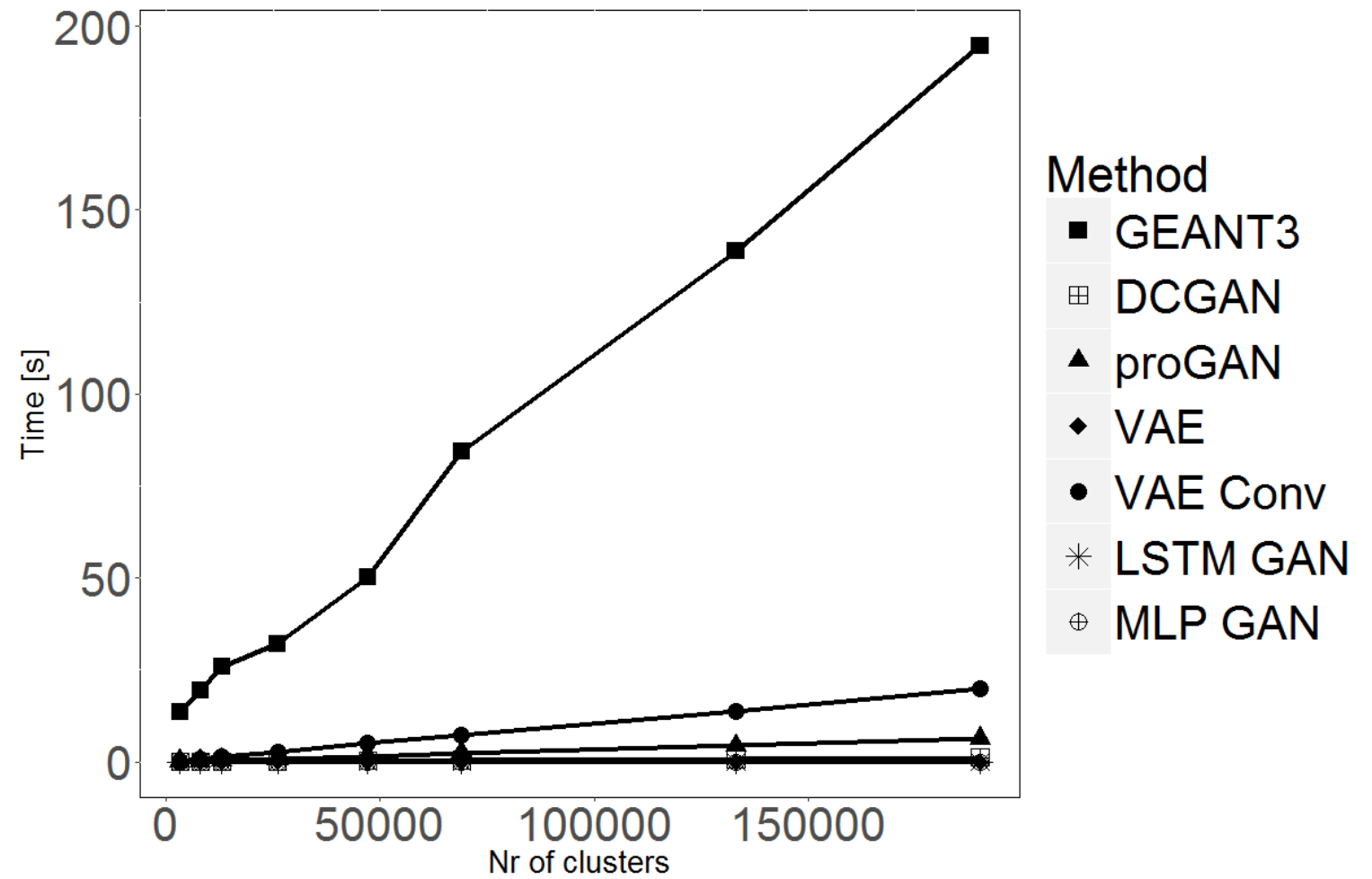
# Szybka symulacja możliwych odpowiedzi detektora – wyniki

Methoda	MSE(mm)	speedup
GEANT3 (current simulation)	0.085	1
Random (estimated)	166.155	N/A
GAN-MLP	55.385	$10^4$
GAN-LSTM	54.395	$10^4$
VAE	37.415	$10^4$
DCGAN	26.18	$10^2$
cVAE	13.33	10
proGAN	0.88	30



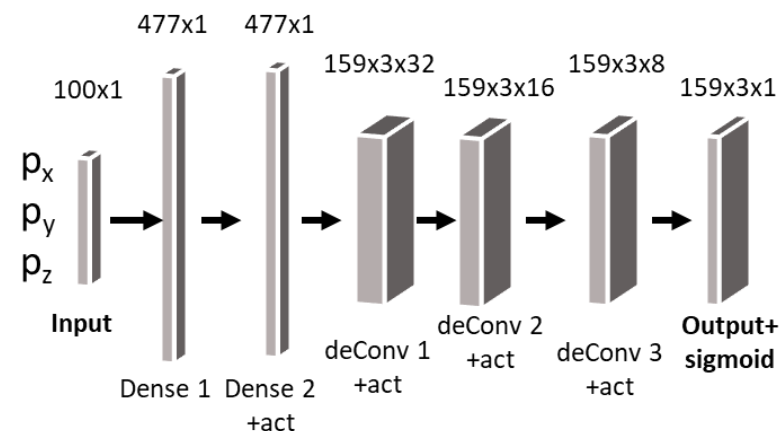


Szybkość  
działania

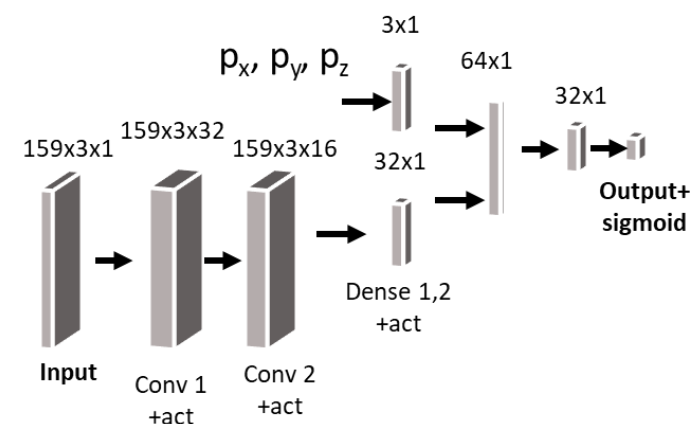


# Szybka symulacja propagacji cząstek w materii

- Symulacja propagacji cząstek na podstawie symulowanych pędów cząsteczek
- Zastosowanie Conditional GAN
- Generowanie sztucznego szumu
- Klasyfikacja z uwzględnieniem parametrów wejściowych



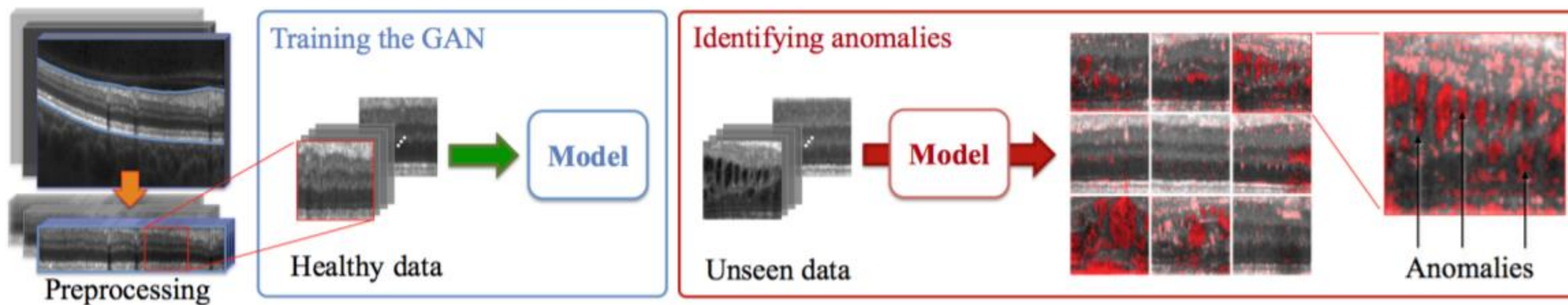
Generator



Dyskryminator

# Wykrywanie anomalii z użyciem sieci neuronowych typu GAN

- Z użyciem Dyskryminatora
- Porównując prawdziwe odpowiedzi z szeregiem sztucznie wygenerowanych - znajdując „podejrzane” obszary
- Metoda wykorzystana przy diagnostyce medycznej:



# Podsumowanie GANów

## Plusy

- Możliwość rozwiązania wielu generacyjnych problemów
- Dobre właściwości odwzorowywania danych uczących
- Szybkość działania

## Minusy

- Skomplikowany, długi i trudny proces uczenia
- Niestabilność

# Bibliografia

- <https://github.com/zhangqianhui/AdversarialNetsPapers>
- Ian Goodfellow, „Generative Adversarial Networks (GANs)“, OpenAI Research Scientist NIPS 2016 Barcelona, 2016
- Thomas Schlegl, Philipp Seeböck, Sebastian M. Waldstein, Ursula Schmidt-Erfurth, Georg Langs „Unsupervised Anomaly Detection with Generative Adversarial Networks to Guide Marker Discovery“, CoRR, 2017
- Mirza, Mehdi and Osindero, Simon. Conditional generative adversarial nets. CoRR, abs/1411.1784, 2014. URL <http://arxiv.org/abs/1411.1784>.
- <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2017/06/introductory-generative-adversarial-networks-gans/>