

Metody inteligencji obliczeniowej w analizie danych

Autoenkodery, zastosowania sieci neuronowych

Adam Żychowski

Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych PW

1 kwietnia 2021



**Fundusze
Europejskie**

Wiedza Edukacja Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

**Politechnika
Warszawska**

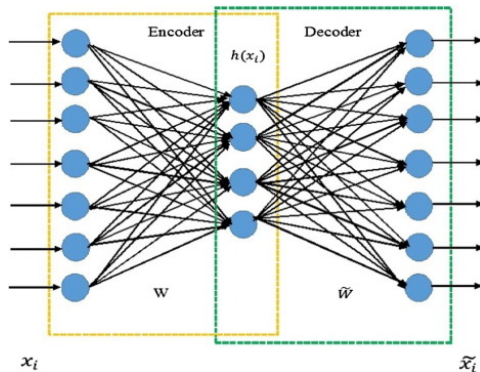
Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



Zadanie 10 pn. „Modyfikacja programów studiów na kierunkach prowadzonych przez Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych” realizowane jest w ramach projektu „NERW 2 PW. Nauka – Edukacja – Rozwój – Współpraca” współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Autoenkodery

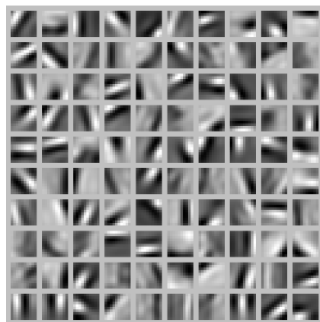
- ▶ szczególny rodzaj sieci neuronowej z jednakowym wejściem i wyjściem (na wyjściu oczekiwana jest kopia danych wejściowych)
- ▶ warstwa ukryta mniejsza niż wejściowa (w przeciwnym przypadku problem trywialny)



źródło: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0888327017303394>

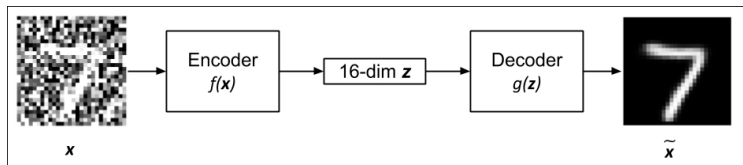
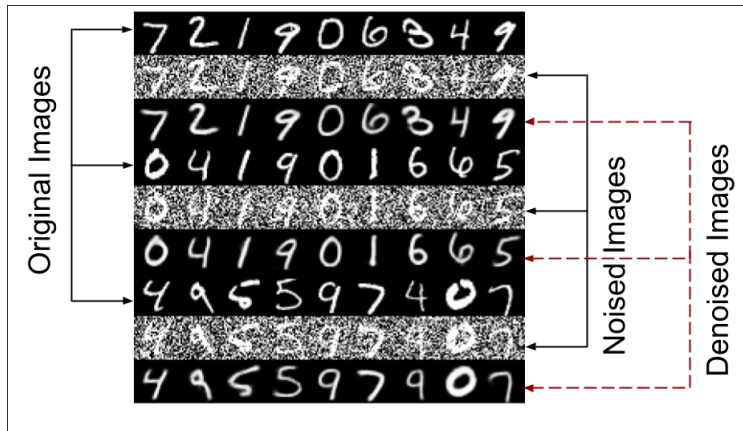
Autoenkodery - zastosowania

- ▶ najczęściej stosowane do kompresji danych lub ekstrakcji istotnych cech z informacji wejściowych
- ▶ traktowane jako rodzaj hasha (np. w wyszukiwaniu obrazów)
- ▶ odpowiedni dobór parametrów (liniowa funkcja aktywacji i błąd średniokwadratowy jako funkcja straty) powoduje zbieżność reprezentacji uzyskanej przez autoencoder w procesie nauki z metodą Principal Component Analysis (PCA)



źródło: <https://web.stanford.edu/class/cs294a/sparseAutoencoder.pdf>

Autoenkodery - odszumianie

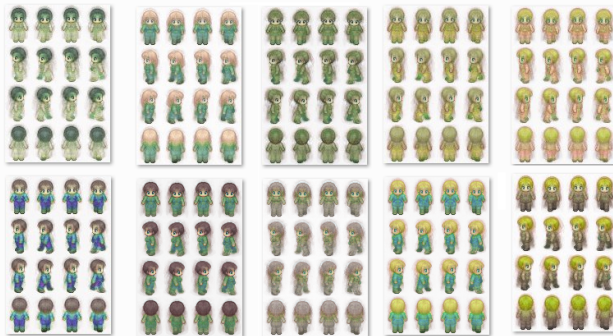


źródło: <https://github.com/PacktPublishing/Advanced-Deep-Learning-with-Keras>

Autoenkodery - generowanie



zbiór treningowy



nowe obrazki wygenerowane przez autoenkoder

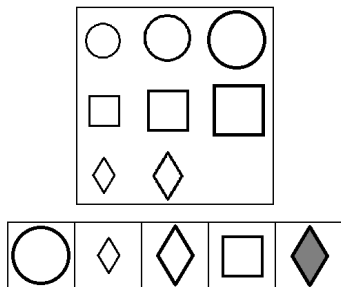
źródło: <https://mlexplained.wordpress.com/2017/05/06/pixel-art-generation-using-vae>

Zastosowania sieci neuronowych

- ▶ predykcja
- ▶ klasyfikacja
- ▶ kompresja danych
- ▶ ekstrakcja istotnych cech

ograniczamy się tylko do zastosowań perceptronów wielowarstwowych, zastosowań innych architektur jest o wiele więcej

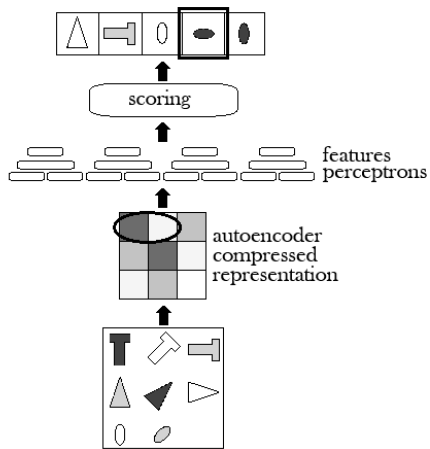
Przykład - testy na inteligencję



Matryce Ravena

- ▶ najpopularniejszy rodzaj testów na inteligencję
- ▶ niezależny od wieku, narodowości, języka, stanu wiedzy
- ▶ gruntownie przebadana i opisana przez psychologów metoda pomiaru inteligencji (używana np. w testach kwalifikacyjnych Mensy)

Testy na inteligencję - architektura



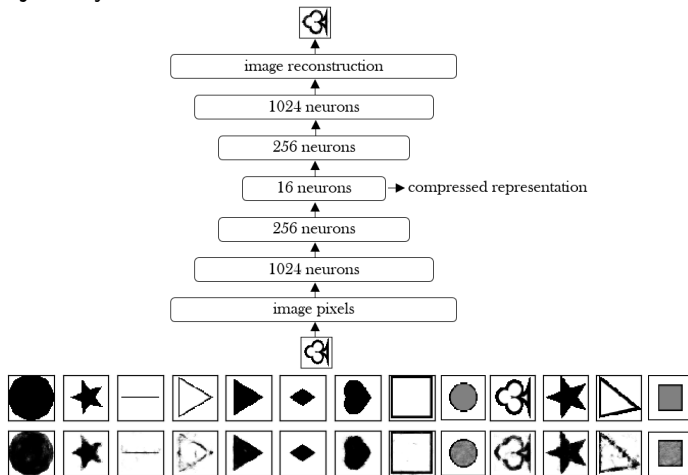
Trzy główne komponenty:

- ▶ głęboki autoenkoder służący do kompresji poszczególnych obrazków
- ▶ 4 wielowarstwowe sieci neuronowe rozpoznające różnice w cechach obrazów
- ▶ moduł oceny rozwiązań

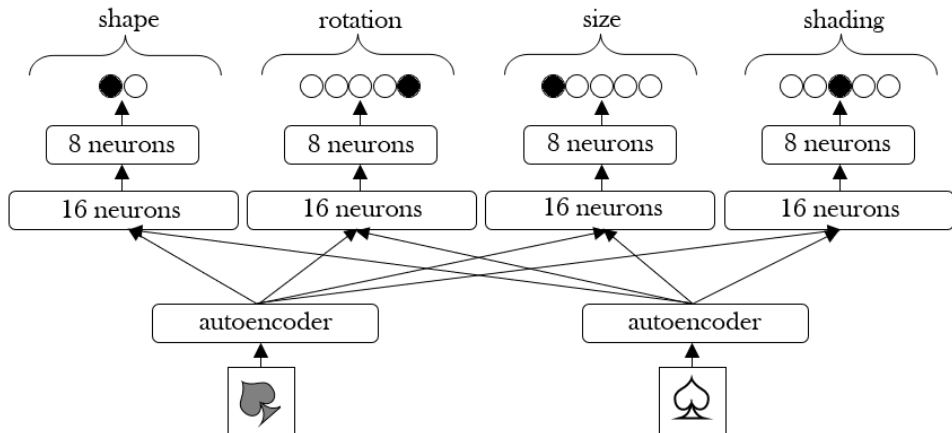
Mańdziuk and Żychowski 2019a

Testy na inteligencję - autoenkoder

Architektura autoenkodera. Ostatnia warstwa tworzy skompresowaną (do 16 liczb) reprezentację wejściowych obrazków.



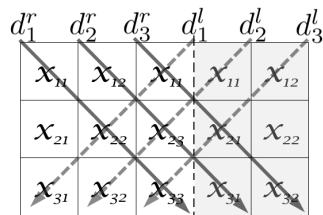
Testy na inteligencję - perceptrony



Rysunek: Architektura perceptronów wielowarstwowych rozpoznających różnice cech obrazków. Przykładowe obrazki na rysunku posiadają ten sam kształt i wielkość, różnią się "nieznacznie" zacienieniem oraz "wyraźnie" obrotem.

Testy na inteligencję - ocena odpowiedzi

```
 $s_{a_i} := 0$   
if  $f^k(x_{11}, x_{12}) = f^k(x_{12}, x_{13})$  and  
    $f^k(x_{21}, x_{22}) = f^k(x_{22}, x_{23})$  then  
   if  $f^k(x_{31}, x_{32}) = f^k(x_{32}, x_{33})$  then  
        $s_{a_i} := s_{a_i} + 1$   
   else  
        $s_{a_i} := s_{a_i} - 1$ 
```



$f^k(x_{i_1 j_1}, x_{i_2 j_2})$ - neuron z najwyższą wartością aktywacji w k -tej sieci ($k \in \{\text{kształt, obrót, rozmiar, zacienienie}\}$) dla podanych na wejściu obrazków na pozycjach (i_1, j_1) and (i_2, j_2) . Wartość f^k może być interpretowana jako różnica wartości cechy k pomiędzy dwoma obrazkami.

Testy na inteligencję - wyniki

	TR \rightarrow TS	1 relation	2 relations	3 relations
<i>DeepIQ</i>	G \rightarrow G	73.3% \pm .7%	74.1% \pm .5%	76.0% \pm .6%
<i>DeepIQ</i>	G \rightarrow S	70.2% \pm .4%	71.9% \pm .6%	73.2% \pm .2%
Humans	\rightarrow S	87.0%	72.0%	55.0%

Przykład - klasyfikacja wielokryterialna

Multilabel classification

$X \subseteq \mathbb{R}^d$ - zbiór obiektów

$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_Q\}$ - zbiór kategorii

Cel: funkcja $h : X \longrightarrow 2^Y$

Każdy z obiektów może należeć do więcej niż jednej kategorii.

Przykładowe zastosowania:

- ▶ kategoryzacja tekstów (tagowanie artykułów, e-maili)
- ▶ multimedia (obrazy, filmy, muzyka)
- ▶ biologia (odkrywanie funkcji genomów, rozpoznawanie chorób na podstawie symptomów)

Klasyfikacja wielokryterialna - rozwiązanie

- ▶ perceptron wielowarstwowy - jedna warstwa ukryta (40 neuronów)
- ▶ wejście: cechy obiektu
- ▶ Q wyjść: każde odpowiadające jednej kategorii

$$E = \sum_{p=1}^m \frac{\sum_{(r,s) \in Y_p \times \overline{Y_p}} e^{-(c_r^p - c_s^p)}}{|Y_p| |\overline{Y_p}|}$$

m - liczba obiektów w zbiorze uczącym

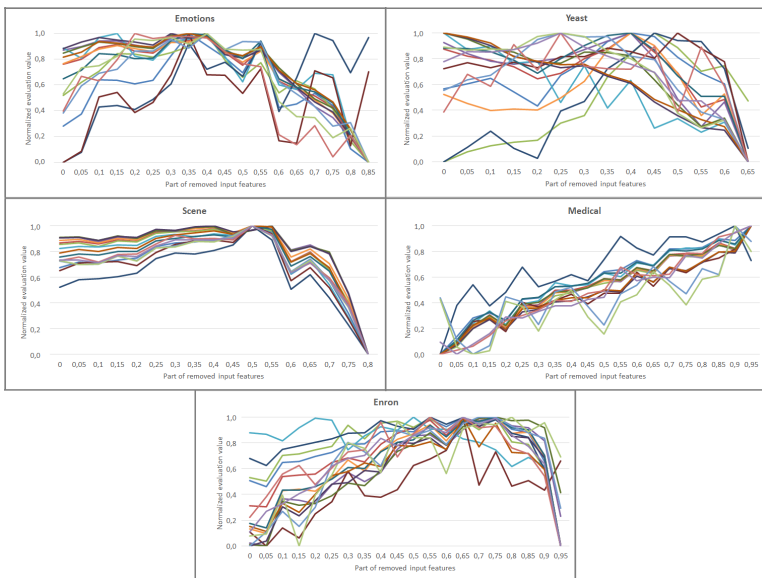
$Y_p \subseteq Y$ - zbiór kategorii, do których należy p -ty obiekt

$\overline{Y_p}$ - zbiór kategorii, do których nie należy p -ty obiekt ($\overline{Y_p} = Y \setminus Y_p$)

c_q^p - aktualna wartość wyjścia neuronu odpowiadającego q -tej kategorii dla p -tego neuronu

Grodzicki, Mańdziuk, and Wang 2008

Klasyfikacja wielokryterialna - usuwanie cech






Mańdziuk and Żychowski 2019b

Podsumowanie

- ▶ szerokie praktyczne zastosowania sieci neuronowych
- ▶ ciekawe architektury (autoenkoder, niepełne połączenia) lub modyfikacja błędu mogą pomóc
- ▶ nie wszędzie potrzeba uczenia głębokiego

Bibliografia I

-  Rafał Grodzicki, Jacek Mańdziuk, and Lipo Wang. “Improved multilabel classification with neural networks”. In: *International Conference on Parallel Problem Solving from Nature*. Springer. 2008, pp. 409–416.
-  Jacek Mańdziuk and Adam Żychowski. “DeepIQ: A Human-Inspired AI System for Solving IQ Test Problems”. In: *2019 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*. IEEE. 2019, pp. 1–8.
-  Jacek Mańdziuk and Adam Żychowski. “Dimensionality Reduction in Multilabel Classification with Neural Networks”. In: *2019 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*. IEEE. 2019, pp. 1–8.