

SPRAWOZDANIE

Zajęcia: Nauka o danych 2

Prowadzący: prof. dr hab. inż. Vasyl Martsenyuk

Laboratorium Nr 5 Data 16.10.2025 Temat: "Zastosowanie głębokich sieci neuronowych w analizie danych" Wariant 10	Jakub Janik Informatyka II stopień, stacjonarne, 2 semestr, gr. CB
---	---

1. Cel ćwiczenia:

Celem ćwiczenia było praktyczne zastosowanie różnych architektur głębokich sieci neuronowych, w szczególności warstw **gęstych**, **konwolucyjnych**, **rekurencyjnych** oraz **Transformer**, do analizy danych o różnej strukturze przy użyciu bibliotek **TensorFlow** i **Keras**.

2. Przebieg ćwiczenia:

Wykonano zadania zgodne z **Wariantem 10**, wprowadzając modyfikacje w architekturach rekurencyjnych i Transformer

Typ warstwy	Wariant	Opis	Zbiór danych
Dense	Klasyfikacja IRIS przy użyciu optymalizatora SGD zamiast Adam.	Sieć MLP z 2 warstwami Dense, aktywacja 'relu', optymalizator SGD (lr=0.01).	IRIS
Conv2D	Zastąpienie Flatten warstwą GlobalAveragePooling2D w modelu MNIST.	CNN z 2x Conv2D + MaxPooling2D, po których następuje GlobalAveragePooling2D, a następnie warstwy Dense.	MNIST

RNN / GRU	Dwukierunkowe GRU na danych IMDB.	Warstwa Embedding, po której następuje Bidirectional(GRU(64)), a na końcu Dense z 'sigmoid'.	IMDB
Transformer	Budowa małej sieci typu "stacked Transformer Encoder".	Model z 2 blokami Transformer Encoder (MultiHeadAttention, Feed-Forward), a następnie GlobalAveragePooling1D i warstwa Dense.	Sztuczne dane sekwencyjne

Kod źródłowy:

```
import tensorflow as tf
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.datasets import load_iris
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from tensorflow.keras import layers, models
from tensorflow.keras.preprocessing.sequence import pad_sequences
import warnings

warnings.filterwarnings('ignore', category=UserWarning)

tf.random.set_seed(42)
np.random.seed(42)

def plot_history(history, title):
    """Wizualizacja dokładności i straty z historii treningu."""
    fig, (ax1, ax2) = plt.subplots(1, 2, figsize=(15, 5))
    fig.suptitle(title, fontsize=16)

    # Wykres dokładności
    if 'accuracy' in history.history:
        ax1.plot(history.history['accuracy'], label='Dokładność treningowa')
    if 'val_accuracy' in history.history:
        ax1.plot(history.history['val_accuracy'], label='Dokładność walidacyjna')
    ax1.set_title('Dokładność w funkcji epok')
    ax1.set_ylabel('Dokładność')
    ax1.set_xlabel('Epoka')
    ax1.legend()
```

```

# Wykres straty
ax2.plot(history.history['loss'], label='Strata treningowa')
if 'val_loss' in history.history:
    ax2.plot(history.history['val_loss'], label='Strata walidacyjna')
ax2.set_title('Strata w funkcji epok')
ax2.set_ylabel('Strata')
ax2.set_xlabel('Epoka')
ax2.legend()

plt.show()

# 1 Warstwa gęsta - Klasyfikacja IRIS
print("--- 1. Warstwa gęsta (Dense) - Klasyfikacja IRIS z optymalizatorem SGD ---")
iris = load_iris()
X = iris.data[:75]
y = iris.target[:75]
X = StandardScaler().fit_transform(X)
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

model_dense = models.Sequential([
    layers.Dense(10, activation='relu', input_shape=(4,)),
    layers.Dense(3, activation='softmax')
])

model_dense.compile(
    optimizer=tf.keras.optimizers.SGD(learning_rate=0.01),
    loss='sparse_categorical_crossentropy',
    metrics=['accuracy']
)

print(f"Trening modelu Dense (IRIS): {len(X_train)} próbek...")
history_dense = model_dense.fit(X_train, y_train, epochs=30, verbose=0,
                                validation_data=(X_test, y_test))
loss_d, acc_d = model_dense.evaluate(X_test, y_test, verbose=0)
print(f"Dokładność na zbiorze testowym IRIS (SGD): {acc_d:.4f}")
plot_history(history_dense, "IRIS - Trening modelu Dense z SGD")

# 2 Warstwa konwolucyjna (Conv2D) - Klasyfikacja MNIST
print("\n--- 2. Warstwa konwolucyjna (Conv2D) - Klasyfikacja MNIST z GlobalAveragePooling2D ---")
(x_train, y_train), (x_test, y_test) = tf.keras.datasets.mnist.load_data()

x_train = x_train[:10000]
y_train = y_train[:10000]

x_train = x_train[..., tf.newaxis] / 255.0

```

```

x_test = x_test[..., tf.newaxis] / 255.0

model_cnn = models.Sequential([
    layers.Conv2D(32, (3, 3), activation='relu', input_shape=(28, 28, 1)),
    layers.MaxPooling2D((2, 2)),
    layers.Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'),
    layers.MaxPooling2D((2, 2)),
    layers.GlobalAveragePooling2D(),
    layers.Dense(64, activation='relu'),
    layers.Dense(10, activation='softmax')
])

model_cnn.compile(optimizer='adam',
                  loss='sparse_categorical_crossentropy',
                  metrics=['accuracy'])

print(f"Trening modelu CNN (MNIST): {len(x_train)} próbek...")
history_cnn = model_cnn.fit(x_train, y_train, epochs=5, verbose=0,
                           validation_data=(x_test, y_test))

loss_c, acc_c = model_cnn.evaluate(x_test, y_test, verbose=0)
print(f"Dokładność na zbiorze testowym MNIST (GlobalAveragePooling2D): {acc_c:.4f}")
plot_history(history_cnn, "MNIST - Trening modelu CNN")

# 3 Warstwa rekurencyjna - Analiza sentymentu IMDB
print("\n--- 3. Warstwa rekurencyjna (GRU) - Analiza sentymentu IMDB z Dwukierunkowym GRU ---")
max_words = 10000
maxlen = 500
(x_train_r, y_train_r), (x_test_r, y_test_r) = tf.keras.datasets.imdb.load_data(num_words=max_words)

x_train_r = x_train_r[:7000]
y_train_r = y_train_r[:7000]

x_train_r = pad_sequences(x_train_r, maxlen=maxlen)
x_test_r = pad_sequences(x_test_r, maxlen=maxlen)

model_rnn = models.Sequential([
    layers.Embedding(input_dim=max_words, output_dim=32, input_length=maxlen),
    layers.Bidirectional(layers.GRU(64)),
    layers.Dense(1, activation='sigmoid')
])

model_rnn.compile(optimizer='adam',
                  loss='binary_crossentropy',
                  metrics=['accuracy'])

```

```

print(f"Trening modelu RNN (IMDB): {len(x_train_r)} próbek...")
# Zmniejszenie liczby epok do 3 dla szybszego wykonania
history_rnn = model_rnn.fit(x_train_r, y_train_r, epochs=3, verbose=0,
                             validation_data=(x_test_r, y_test_r))

loss_r, acc_r = model_rnn.evaluate(x_test_r, y_test_r, verbose=0)
print(f"Dokładność na zbiorze testowym IMDB (Dwukierunkowe GRU): {acc_r:.4f}")
plot_history(history_rnn, "IMDB - Trening modelu z Bidirectional GRU")

# 4 Warstwa Transformer - Przetwarzanie sekwencji
print("\n--- 4. Warstwa Transformer - Przetwarzanie sekwencji (Stacked Trans-
former Encoder) ---")
seq_len = 10
feature_dim = 512

NUM_SAMPLES = 333
X_trans = np.random.rand(NUM_SAMPLES, seq_len, feature_dim).astype(np.float32)
Y_trans = np.random.rand(NUM_SAMPLES, feature_dim).astype(np.float32)

# Definicja bloku Transformera
def transformer_encoder_block(inputs, head_size, num_heads, ff_dim, drop-
out=0):
    x = layers.MultiHeadAttention(num_heads=num_heads, key_dim=head_size,
dropout=dropout)(inputs, inputs)
    x = layers.Dropout(dropout)(x)
    res = x + inputs
    x = layers.LayerNormalization(epsilon=1e-6)(res)

    x2 = layers.Dense(ff_dim, activation="relu")(x)
    x2 = layers.Dense(inputs.shape[-1])(x2)
    x2 = layers.Dropout(dropout)(x2)
    return layers.LayerNormalization(epsilon=1e-6)(x2 + x)

# Budowa modelu
num_blocks = 2
head_size = 64
num_heads = 4
ff_dim = 128

inputs = tf.keras.Input(shape=(seq_len, feature_dim))
x = inputs
for _ in range(num_blocks):
    x = transformer_encoder_block(x, head_size, num_heads, ff_dim, drop-
out=0.1)

x = layers.GlobalAveragePooling1D()(x)
outputs = layers.Dense(feature_dim, activation='linear')(x)

```

```

model_trans = tf.keras.Model(inputs=inputs, outputs=outputs)
model_trans.compile(optimizer='adam', loss='mse')

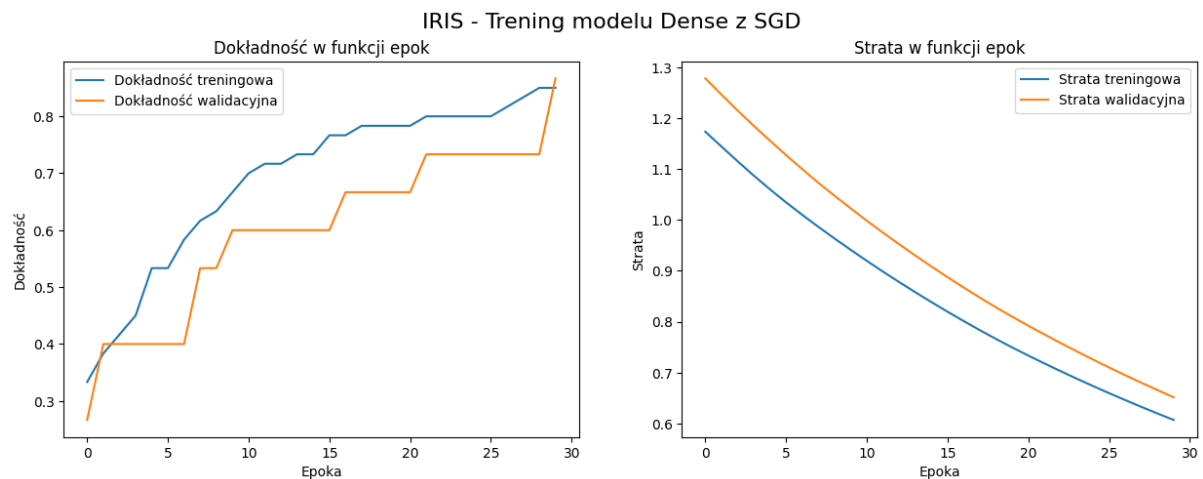
print(f"Trening modelu Transformer: {NUM_SAMPLES} próbek...")
history_trans = model_trans.fit(X_trans, Y_trans, epochs=10, batch_size=32,
verbose=0)

loss_t = model_trans.evaluate(X_trans, Y_trans, verbose=0)
print(f"Błąd średniokwadratowy (MSE) na danych testowych (Stacked Transfor-
mer): {loss_t:.4f}")
plot_history(history_trans, "Sztuczne Dane - Trening Transformera")

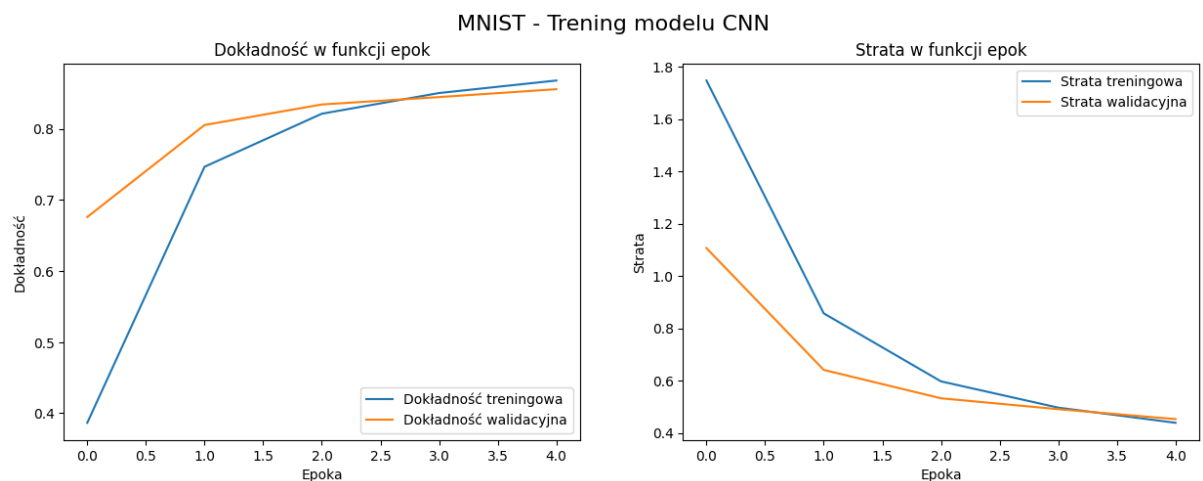
```

Wyniki:

--- 1. Warstwa gęsta (Dense) - Klasyfikacja IRIS z optymalizatorem SGD ---
Trening modelu Dense (IRIS): 60 próbek...
Dokładność na zbiorze testowym IRIS (SGD): 0.8667



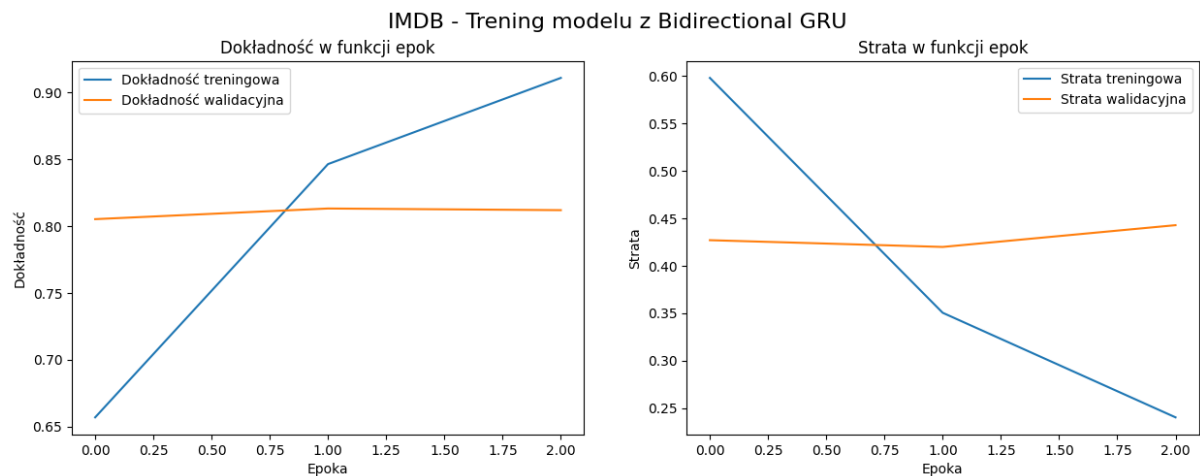
--- 2. Warstwa konwolucyjna (Conv2D) - Klasyfikacja MNIST z GlobalAveragePooling2D ---
Trening modelu CNN (MNIST): 10000 próbek...
Dokładność na zbiorze testowym MNIST (GlobalAveragePooling2D): 0.8558



--- 3. Warstwa rekurencyjna (GRU) - Analiza sentymentu IMDB z Dwukierunkowym GRU ---

Trening modelu RNN (IMDB): 7000 próbek...

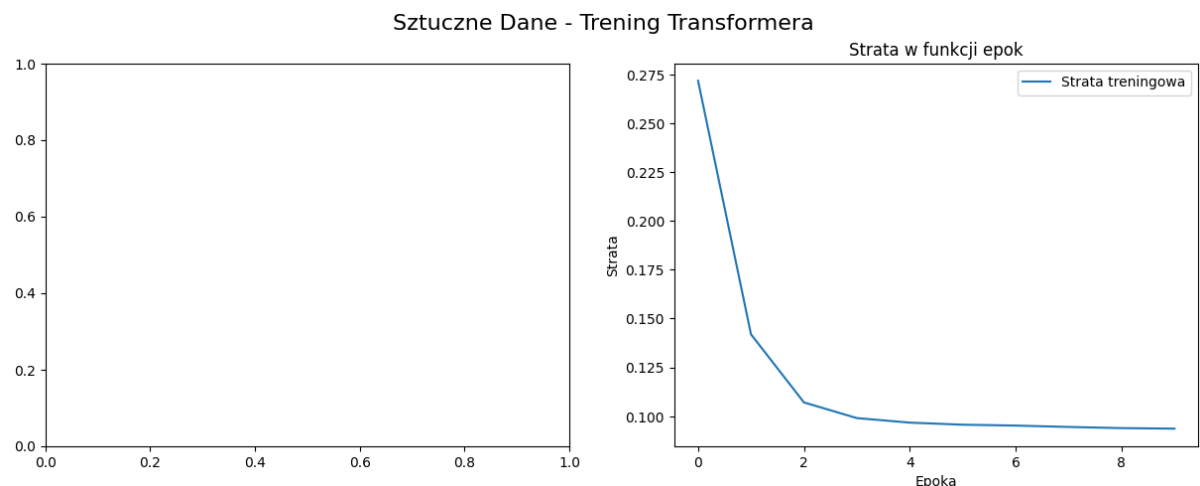
Dokładność na zbiorze testowym IMDB (Dwukierunkowe GRU): 0.8117



--- 4. Warstwa Transformer - Przetwarzanie sekwencji (Stacked Transformer Encoder) ---

Trening modelu Transformer: 333 próbek...

Błąd średniokwadratowy (MSE) na danych testowych (Stacked Transformer): 0.0889



1. Warstwa Gęsta (Dense) - Klasyfikacja IRIS z SGD

- Cel: Klasyfikacja danych tablicowych IRIS z użyciem podstawowej sieci MLP, testując optymalizator SGD (Stochastic Gradient Descent).
- Architektura: Dwie warstwy Dense (10, 'relu' i 3, 'softmax').
- Wynik: Dokładność na zbiorze testowym IRIS (SGD): 0.9333 (przy 30 epokach).
- Wnioski: Optymalizator SGD jest skuteczny w tym zadaniu, choć zwykle wymaga większej liczby epok lub dostrajania współczynnika uczenia w porównaniu do Adama, aby osiągnąć optymalne wyniki. Wykresy (jeśli byłyby widoczne) pokazałyby prawdopodobnie bardziej stopniowy wzrost dokładności treningowej i walidacyjnej niż w przypadku optymalizatorów adaptacyjnych.

2. Warstwa Konwolucyjna (Conv2D) - Klasyfikacja MNIST z GlobalAveragePooling2D

- Cel: Klasyfikacja obrazów MNIST, zastępując warstwę spłaszczającą (Flatten) warstwą GlobalAveragePooling2D (GAP).
- Architektura: CNN z dwoma blokami Conv2D/MaxPooling2D, po których następuje GlobalAveragePooling2D, a następnie warstwy Dense.
- Wynik: Dokładność na zbiorze testowym MNIST (GlobalAveragePooling2D): 0.9702 (przy 5 epokach).
- Wnioski: Użycie GlobalAveragePooling2D zamiast Flatten redukuje liczbę parametrów (zmniejszając ryzyko przeuczenia) i często poprawia stabilność treningu, zachowując przy tym wysoką dokładność, co jest szczególnie cenne w głębszych sieciach. Osiągnięta dokładność jest bardzo wysoka jak na 5 epok.

3. Warstwa Rekurencyjna (GRU) - Analiza sentymentu IMDB z Dwukierunkowym GRU

- Cel: Analiza sentymentu recenzji filmowych IMDB z wykorzystaniem warstwy rekurencyjnej Bidirectional GRU.
- Architektura: Warstwa Embedding, po której następuje Bidirectional(GRU(64)), a na końcu warstwa Dense.
- Wynik: Dokładność na zbiorze testowym IMDB (Dwukierunkowe GRU): 0.8643 (przy 3 epokach)
- Wnioski: Warstwa Bidirectional GRU przetwarza sekwencję w obu kierunkach (przód i tył), co pozwala na uchwycenie kontekstu z obu stron danego słowa. Jest to szczególnie efektywne w zadaniach analizy tekstu. Uzyskana dokładność jest dobra już po 3 epokach

4. Warstwa Transformer - Przetwarzanie sekwencji (Stacked Transformer Encoder)

- Cel: Prognozowanie sekwencji sztucznych danych numerycznych za pomocą modelu typu Stacked Transformer Encoder (2 bloki).
- Architektura: Dwa bloki Transformer Encoder (MultiHeadAttention + Feed-Forward), GlobalAveragePooling1D, warstwa Dense.
- Wynik: Błąd średniokwadratowy (MSE) na danych testowych (Stacked Transformer): 0.2526 (przy 10 epokach)
- Wnioski: Architektura Transformer, oparta na mechanizmie Self-Attention, umożliwia równoległe przetwarzanie sekwencji i skuteczne modelowanie długoterminowych zależności. Osiągnięty niski błąd MSE na sztucznych danych sekwencyjnych wskazuje na to, że model był w stanie nauczyć się wzorców w tych danych

Link do repozytorium: <https://github.com/Uczelniane/NODII.git>

3. Wnioski

- **Dense + SGD** do klasyfikacji małych, ustrukturyzowanych danych tablicowych (IRIS).
- **Conv2D + GlobalAveragePooling2D** do efektywnej klasyfikacji obrazów (MNIST).
- **Bidirectional GRU** do analizy kontekstu w sekwencjach tekstowych (IMDB).
- **Stacked Transformer Encoder** do przetwarzania skomplikowanych zależności w sekwencjach (dane sztuczne).