

---

# Spis treści

Wstęp .....	17
Przedmowa .....	21
<b>Część I. Uczenie głębokie w praktyce</b> .....	<b>23</b>
<b>1. Podróż po świecie uczenia głębokiego</b> .....	<b>25</b>
Uczenie głębokie jest dla każdego	25
Sieci neuronowe — krótka historia	27
Kim jesteśmy?	29
Jak zdobyć wiedzę o uczeniu głębokim?	31
Twoje projekty i Twój sposób myślenia	33
Oprogramowanie: PyTorch, fastai i Jupyter (i dlaczego nie ma to znaczenia)	34
Twój pierwszy model	35
Uzyskanie dostępu do serwera z procesorem graficznym i możliwością realizowania uczenia głębokiego	36
Uruchomienie pierwszego notatnika	37
Co to jest uczenie maszynowe?	41
Co to jest sieć neuronowa?	44
Trochę słownictwa związanego z uczeniem głębokim	46
Ograniczenia związane z uczeniem maszynowym	46
Jak działa nasz program do rozpoznawania obrazów	48
Czego nauczył się program do rozpoznawania obrazów?	54
Systemy do rozpoznawania obrazów mogą radzić sobie z zadaniami innymi niż analiza obrazów	57
Podsumowanie słownictwa	60
Uczenie głębokie to nie tylko klasyfikowanie obrazów	62

Zbiory walidacyjne i testowe	68
Użycie oceny w definiowaniu zbiorów testowych	70
Moment, w którym wybierasz swoją własną przygodę	73
Pytania	74
Dalsze badania	75
<b>2. Od modelu do produkcji .....</b>	<b>77</b>
Praktyczne zastosowanie uczenia głębokiego	77
Rozpoczęcie projektu	78
Stan uczenia głębokiego	79
Metoda układu napędowego	83
Gromadzenie danych	85
Od danych do obiektu DataLoaders	89
Generowanie sztucznych danych	92
Trenowanie modelu i używanie go do czyszczenia danych	93
Przekształcanie modelu w aplikację internetową	96
Korzystanie z modelu do wnioskowania	97
Tworzenie w notatniku aplikacji na podstawie modelu	98
Zamień notatnik w prawdziwą aplikację	100
Wdrażanie aplikacji	101
Jak uniknąć katastrofy	104
Nieprzewidziane konsekwencje i pętle sprzężenia zwrotnego	106
Zapisuj!	107
Pytania	108
Dalsze badania	109
<b>3. Etyka danych .....</b>	<b>111</b>
Kluczowe przykłady etyki danych	112
Błędy i regresja: wadliwy algorytm używany do świadczeń opieki zdrowotnej	113
Pętle sprzężenia zwrotnego: system rekomendacji YouTube	113
Uprowadzenie: wykładowca Latanya Sweeney „aresztowana”	113
Dlaczego ma to znaczenie?	114
Integracja uczenia maszynowego z projektowaniem produktu	117
Zagadnienia związane z etyką danych	119
Regres i odpowiedzialność	119
Pętle sprzężenia zwrotnego	120
Uprowadzenie	123
Dezinformacja	133
Identyfikowanie i rozwiązywanie problemów etycznych	134
Przeanalizuj projekt, nad którym pracujesz	135
Procesy do zaimplementowania	136

Potęga różnorodności	137
Uczciwość, odpowiedzialność i przejrzystość	139
Rola polityki	140
Skuteczność przepisów	140
Prawa i polityka	141
Samochody — historyczny precedens	142
Wnioski	142
Pytania	143
Dalsze badania	144
Uczenie głębokie w praktyce — to wszystko!	145

---

## **Część II. Zrozumienie aplikacji fastai** **147**

<b>4. Jak to wygląda od środka — trenowanie klasyfikatora cyfr .....</b>	<b>149</b>
Piksele — podstawa widzenia komputerowego	149
Podejście pierwsze: podobieństwo pikseli	153
Tablice NumPy i tensory PyTorch	158
Wyznaczanie wskaźników z wykorzystaniem rozgłaszania	160
Stochastyczny spadek wzdłuż gradientu	163
Wyznaczanie gradientów	167
Stopniowanie ze współczynnikiem uczenia	169
Kompleksowy przykład użycia stochastycznego spadku wzdłuż gradientu	171
Podsumowanie procesu stochastycznego spadku wzdłuż gradientu	176
Funkcja straty MNIST	177
Sigmoida	181
Stochastyczny spadek wzdłuż gradientu i minipaczki	182
Złożenie wszystkiego w całość	184
Tworzenie optymalizatora	186
Wprowadzanie nieliniowości	188
Bardziej rozbudowane modele	191
Podsumowanie słownictwa	192
Pytania	194
Dalsze badania	195
<b>5. Klasyfikowanie obrazów .....</b>	<b>197</b>
Od psów i kotów do ras zwierząt domowych	197
Dobór wstępny	200
Sprawdzanie i debugowanie obiektu DataBlock	202
Entropia krzyżowa	205
Przeglądanie aktywacji i etykiet	205
Softmax	206

Logarytm prawdopodobieństwa	209
Obliczanie logarytmu	210
Interpretacja modelu	212
Poprawianie modelu	214
Wyszukiwarka współczynnika uczenia	214
Odmrażanie i uczenie transferowe	216
Dyskryminatywne współczynniki uczenia	218
Wybór liczby epok	221
Bardziej złożone architektury	221
Podsumowanie	223
Pytania	224
Dalsze badania	224
<b>6. Inne zagadnienia związane z widzeniem komputerowym .....</b>	<b>225</b>
Klasyfikacja wieloetykiotowa	225
Dane	226
Tworzenie obiektu DataBlock	228
Binarna entropia krzyżowa	231
Regresja	235
Gromadzenie danych	236
Trenowanie modelu	238
Podsumowanie	241
Pytania	241
Dalsze badania	242
<b>7. Trenowanie supernowoczesnego modelu .....</b>	<b>243</b>
Imagenette	243
Normalizacja	245
Progresywna zmiana rozmiaru	246
Wydłużenie czasu testu	248
Mixup	249
Wygładzanie etykiet	252
Podsumowanie	254
Pytania	254
Dalsze badania	255
<b>8. Szczegółowa analiza filtrowania zespołowego .....</b>	<b>257</b>
Pierwszy kontakt z danymi	258
Czynniki ukryte	260
Tworzenie obiektu DataLoaders	261

Filtrowanie zespołowe od podstaw	263
Wygaszanie wag	266
Tworzenie własnego modułu osadzania	268
Interpretacja osadzeń i przesunięć	269
Użycie aplikacji fastai.collab	270
Odległość osadzania	271
Uruchamianie modelu filtrowania zespołowego	272
Uczenie głębokie w filtrowaniu zespołowym	273
Podsumowanie	275
Pytania	276
Dalsze badania	277
<b>9. Szczegółowa analiza modelowania tabelarycznego .....</b>	<b>279</b>
Osadzenia skategoryzowane	279
Poza uczeniem głębokim	284
Zbiór danych	285
Konkursy Kaggle	285
Sprawdzenie danych	286
Drzewa decyzyjne	288
Obsługa dat	290
Użycie obiektów TabularPandas i TabularProc	290
Tworzenie drzewa decyzyjnego	292
Zmienne skategoryzowane	296
Lasy losowe	297
Tworzenie lasu losowego	298
Błąd out-of-bag	300
Interpretacja modelu	301
Wariancja drzewa dla pewności prognozy	301
Ważności cech	302
Usuwanie zmiennych o niskiej ważności	303
Usuwanie zbędnych cech	304
Częściowa zależność	305
Wyciek danych	308
Interpreter drzewa	309
Ekstrapolacja i sieci neuronowe	311
Problem ekstrapolacji	311
Wyszukiwanie danych spoza domeny	312
Użycie sieci neuronowej	314

Łączenie w zespoły	317
Wzmacnianie	318
Łączenie osadzeń z innymi metodami	319
Podsumowanie	320
Pytania	321
Dalsze badania	322
<b>10. Szczegółowa analiza przetwarzania języka naturalnego</b>	
— rekurencyjne sieci neuronowe .....	<b>323</b>
Wstępne przetwarzanie tekstu	325
Tokenizacja	326
Tokenizacja słów przy użyciu biblioteki fastai	327
Tokenizacja podłańcuchów	329
Zamiana na liczby przy użyciu biblioteki fastai	331
Umieszczanie tekstu w paczkach dla modelu językowego	332
Trenowanie klasyfikatora tekstu	335
Użycie klasy DataBlock w modelu językowym	335
Dostrajanie modelu językowego	336
Zapisywanie i wczytywanie modeli	337
Generowanie tekstu	338
Tworzenie klasyfikatora DataLoaders	339
Dostrajanie klasyfikatora	341
Dezinformacja i modele językowe	342
Podsumowanie	344
Pytania	345
Dalsze badania	346
<b>11. Przygotowywanie danych dla modeli za pomocą</b>	
<b>interfejsu API pośredniego poziomu z biblioteki fastai .....</b>	<b>347</b>
Szczegółowa analiza warstwowego interfejsu programistycznego biblioteki fastai	347
Transformacje	348
Tworzenie własnej transformacji	349
Klasa Pipeline potoku transformacji	351
TfmdLists i Datasets — kolekcje przekształcone	351
TfmdLists	351
Datasets	353
Zastosowanie interfejsu API pośredniego poziomu — SiamesePair	355
Podsumowanie	359
Pytania	359
Dalsze badania	360
Zrozumienie aplikacji fastai — podsumowanie	360

---

**Część III. Podstawy uczenia głębokiego** **361**

<b>12. Tworzenie od podstaw modelu językowego .....</b>	<b>363</b>
Dane	363
Tworzenie od podstaw pierwszego modelu językowego	364
Obsługa modelu językowego w bibliotece PyTorch	365
Pierwsza rekurencyjna sieć neuronowa	368
Ulepszanie sieci RNN	369
Obsługa stanu sieci RNN	370
Tworzenie większej liczby sygnałów	372
Wielowarstwowe rekurencyjne sieci neuronowe	374
Model	375
Eksplodujące lub zanikające aktywacje	376
Architektura LSTM	377
Tworzenie modelu LSTM od podstaw	378
Trenowanie modelu językowego wykorzystującego architekturę LSTM	380
Regularyzacja modelu LSTM	381
Dropout	381
Regularyzacja aktywacji i czasowa regularyzacja aktywacji	383
Trening regularyzowanego modelu LSTM z związanymi wagami	384
Podsumowanie	385
Pytania	386
Dalsze badania	388
<b>13. Konwolucyjne sieci neuronowe .....</b>	<b>389</b>
Magia konwolucji	389
Odwzorowywanie jądra splotu	392
Konwolucje w bibliotece PyTorch	394
Kroki i dopełnienie	396
Zrozumienie równań konwolucji	397
Pierwsza konwolucyjna sieć neuronowa	399
Tworzenie konwolucyjnej sieci neuronowej	399
Zrozumienie arytmetyki konwolucji	402
Poła receptywne	403
Kilka uwag o Twitterze	405
Obrazy kolorowe	407
Ulepszanie stabilności trenowania	409
Prosty model bazowy	410
Zwiększenie wielkości paczki	412

Trenowanie jednocykliczne	413
Normalizacja wsadowa	418
Podsumowanie	420
Pytania	421
Dalsze badania	423
<b>14. Sieci ResNet .....</b>	<b>425</b>
Powrót do Imagenette	425
Tworzenie nowoczesnej konwolucyjnej sieci neuronowej — ResNet	429
Pomijanie połączeń	429
Model sieci ResNet na poziomie światowym	434
Warstwy z wąskim gardłem	437
Podsumowanie	439
Pytania	439
Dalsze badania	440
<b>15. Szczegółowa analiza architektur aplikacji .....</b>	<b>441</b>
Widzenie komputerowe	441
Funkcja <code>cnn_learner</code>	441
Funkcja <code>unet_learner</code>	443
Model syjamski	445
Przetwarzanie języka naturalnego	447
Dane tabelaryczne	448
Podsumowanie	449
Pytania	450
Dalsze badania	451
<b>16. Proces trenowania .....</b>	<b>453</b>
Tworzenie modelu bazowego	453
Ogólny optymalizator	455
Momentum	456
RMSProp	459
Adam	460
Dwie metody wygaszania wag	461
Wywołania zwrotne	461
Tworzenie wywołania zwrotnego	464
Kolejność wywołań zwrotnych i wyjątki	468
Podsumowanie	469
Pytania	469
Dalsze badania	470
Podstawy uczenia głębokiego — podsumowanie	471



---

<b>Część IV. Uczenie głębokie od podstaw</b>	<b>473</b>
<b>17. Sieć neuronowa od podstaw</b>	<b>475</b>
Tworzenie od podstaw warstwy sieci neuronowej	475
Modelowanie neuronu	475
Mnożenie macierzy od podstaw	476
Arytmetyka składowych	477
Rozgłaszanie	479
Konwencja sumacyjna Einsteina	483
Przejścia w przód i wstecz	484
Definiowanie i inicjalizowanie warstwy	484
Gradienty i przejście wstecz	488
Modyfikowanie modelu	491
Implementacja przy użyciu biblioteki PyTorch	492
Podsumowanie	494
Pytania	495
Dalsze badania	497
<b>18. Interpretacja sieci CNN przy użyciu mapy aktywacji klas</b>	<b>499</b>
Mapa aktywacji klas i punkty zaczepienia	499
Gradientowa mapa aktywacji klas	502
Podsumowanie	504
Pytania	505
Dalsze badania	505
<b>19. Klasa Learner biblioteki fastai od podstaw</b>	<b>507</b>
Dane	507
Klasa Dataset	509
Klasy Module i Parameter	511
Prosta konwolucyjna sieć neuronowa	514
Funkcja straty	515
Klasa Learner	516
Wywołania zwrotne	518
Harmonogram modyfikowania współczynnika uczenia	519
Podsumowanie	521
Pytania	521
Dalsze badania	522
<b>20. Uwagi końcowe</b>	<b>523</b>
<b>A Tworzenie bloga</b>	<b>525</b>
<b>B Lista kontrolna projektu dotyczącego danych</b>	<b>533</b>

---