

DANIEL SHIFFMAN

Natura kodu

Symulowanie systemów naturalnych
przy użyciu JavaScript

APN Promise
Warszawa 2025

Spis treści

Podziękowania	xvii
Wprowadzenie	xxiii
Czym jest ta książka?	xxiii
Słowo o p5.js	xxiv
Co trzeba wiedzieć?	xxv
Jak czytasz tę książkę?	xxv
Połączenie z Coding Train	xxvi
Dodatkowe materiały	xxvi
Opowieść o tej książce	xxvii
Część 1: Przedmioty nieożywione	xxvii
Część 2: To żyje!	xxviii
Część 3: Inteligencja	xxix
Korzystanie z tej książki jako sylabusa	xxix
Jak czytać kod	xxx
Pełne przykłady	xxx
Pełne fragmenty	xxxii
Kod bez kontekstu	xxxii
Wycięty kod	xxxiii
Ćwiczenia	xxxiv
Rozwiązania	xxxiv
Projekt ekosystemu	xxxv
Uzyskiwanie pomocy i przesyłanie opinii	xxxv
0 Losowość	1
Błądzenie losowe	2
Klasa losowych obiektów Walker	4
<i>Przykład 0.1 Tradycyjne błądzenie losowe</i>	7
<i>Przykład 0.2 Rozkład liczb losowych</i>	9
Prawdopodobieństwo i rozkłady niejednostajne	10
<i>Przykład 0.3. Obiekt Walker z tendencją do ruchu w prawo</i>	13
Rozkład normalny liczb losowych	14

<i>Przykład 0.4 Rozkład gaussowski</i>	17
Niestandardowy rozkład liczb losowych	18
<i>Przykład 0.5 Rozkład akceptacji-odrzućenia</i>	20
Gładsze podejście z szumem Perlina	21
Zakresy szumu	24
<i>Przykład 0.6 Losowe błędzenie z szumem Perlina</i>	25
Szum dwuwymiarowy	27
Projekt ekosystemu	33
1 Wektory	35
Sens wektorów	36
<i>Przykład 1.1 Odbijająca się piłka bez wektorów</i>	37
Wektory w p5.js	39
Dodawanie wektorów	42
<i>Przykład 1.2 Odbijająca się piłka z wektorami!</i>	45
Więcej matematyki wektorowej	47
Odejmowanie wektorów	48
<i>Przykład 1.3 Odejmowanie wektorów</i>	49
Mnożenie i dzielenie wektorów	50
<i>Przykład 1.4 Mnożenie wektora</i>	52
Wielkość wektora	53
<i>Przykład 1.5 Wielkość wektora</i>	55
Normalizacja wektorów	55
<i>Przykład 1.6 Normalizowanie wektora</i>	57
Ruch z wykorzystaniem wektorów	58
<i>Przykład 1.7 Podstawy ruchu (prędkość)</i>	61
Przyspieszenie	63
Algorytm 1: Przyspieszenie stałe	64
<i>Przykład 1.8 Podstawowy ruch (prędkość i stałe przyspieszenie)</i>	65
Algorytm 2: Przyspieszenie losowe	66
<i>Przykład 1.9 Motion 101 (prędkość i przyspieszenie losowe)</i>	67
Metody statyczne kontra niestacyjne	68
Algorytm 3: Ruch interakcyjny	70
<i>Przykład 1.10 Przyspieszanie w kierunku myszy</i>	72
Projekt ekosystemu	74
2 Siły	75
Siły i prawa dynamiki Newtona	76

Pierwsze prawo Newtona	76
Trzecie prawo Newtona	78
Drugie prawo Newtona	79
Akumulacja siły	82
Uwzględnienie masy	84
Tworzenie sił	87
<i>Przykład 2.1 Siły</i>	87
<i>Przykład 2.2 Siły działające na dwa obiekty</i>	91
<i>Przykład 2.3 Grawitacja skalowana przez masę</i>	93
Modelowanie siły	93
Tarcie	95
<i>Przykład 2.4 Uwzględnienie tarcia</i>	98
Opór powietrza i cieczy	99
<i>Przykład 2.5 Opór płynu</i>	104
Przyciąganie grawitacyjne	106
<i>Przykład 2.6 Przyciąganie</i>	113
<i>Przykład 2.7 Przyciąganie wielu poruszających się obiektów</i>	115
Problem n ciał	116
<i>Przykład 2.8 Przyciąganie dwóch ciał</i>	118
<i>Przykład 2.9 n ciał</i>	120
Projekt ekosystemu	122
3 Oscylacje	123
Kąty	124
Ruch kątowy	127
<i>Przykład 3.1 Ruch kątowy z wykorzystaniem rotate()</i>	128
<i>Przykład 3.2 Siły z (arbitralnym) ruchem kątowym</i>	131
Funkcje trygonometryczne	132
Wskazywanie kierunku ruchu	133
<i>Przykład 3.3 Wskazywanie kierunku ruchu</i>	136
Współrzędne biegunowe a kartezjańskie	137
<i>Przykład 3.4 Konwersja współrzędnych biegunowych na kartezjańskie</i>	138
Cechy oscylacji	141
<i>Przykład 3.5 Prosty ruch harmoniczny 1</i>	144
Oscylacje z prędkością kątową	145
<i>Przykład 3.6 Prosty ruch harmoniczny 2</i>	146
<i>Przykład 3.7 Obiekty klasy Oscillator</i>	147
Fale	149

<i>Przykład 3.8 Fala statyczna</i>	150
<i>Przykład 3.9 Fala</i>	152
Siły sprężyny	154
<i>Przykład 3.10 Połączenie sprężyną</i>	160
Wahadło	162
<i>Przykład 3.11 Kołyszące się wahadło</i>	169
Projekt ekosystemu	173
4 Układy cząstek	175
Dlaczego układy cząstek mają znaczenie	176
Pojedyncza cząstka	178
<i>Przykład 4.1 Pojedyncza cząstka</i>	180
Tablica cząstek	182
<i>Przykład 4.2 Tablica cząstek</i>	188
Emiter cząstek	189
<i>Przykład 4.3 Emiter pojedynczych cząstek</i>	191
Układ emiterów	192
<i>Przykład 4.4 System układów</i>	194
Dziedziczenie i polimorfizm	195
Podstawy dziedziczenia	198
Podstawy polimorfizmu	203
Cząstki z dziedziczeniem i polimorfizmem	204
<i>Przykład 4.5 Układ cząstek z dziedziczeniem i polimorfizmem</i>	207
Układy cząstek z siłami	208
<i>Przykład 4.6 Układ cząstek z siłami</i>	211
Układy cząstek z odpychaczami	212
<i>Przykład 4.7 Układ cząstek z odpychaczem</i>	215
Tekstury obrazu i mieszanie addytywne	218
<i>Przykład 4.8 Układ cząstek z zastosowaniem obrazu i tekstury</i>	219
<i>Przykład 4.9 Mieszanie addytywne</i>	221
Projekt ekosystemu	224
5 Autonomiczne agenty	225
Siły wewnętrzne	226
Pojazdy i kierowanie	227
Siła sterująca	230
<i>Przykład 5.1 Poszukiwanie celu</i>	235
Zachowanie podczas docierania do celu	237

<i>Przykład 5.2 Docieranie do celu</i>	240
Własne zachowania	242
<i>Przykład 5.3 Zachowanie kierowania „Pozostań w obrębie ścian”</i>	244
Pola przepływu	245
<i>Przykład 5.4 Podążanie za polem przepływu</i>	251
Podążanie po ścieżce	252
Iloczyn skalarny	253
Proste podążanie po ścieżce	256
<i>Przykład 5.5 Tworzenie obiektu Path</i>	258
<i>Przykład 5.6 Proste podążanie ścieżką</i>	263
Podążanie po ścieżce z wieloma odcinkami	265
<i>Przykład 5.7 Ścieżka złożona z wielu odcinków prostej</i>	266
<i>Przykład 5.8 Podążanie po ścieżce</i>	268
Systemy złożone	270
Wdrażanie zachowań grupowych (czyli nie wpadajmy na siebie)	272
<i>Przykład 5.9 Separacja</i>	277
Łączenie zachowań	278
<i>Przykład 5.10 Łączenie zachowań kierowania (szukaj i odseparuj)</i>	280
Gromadzenie się w stada	281
<i>Przykład 5.11 Grupowanie w stado</i>	286
Wydajność algorytmiczna (czyli dlaczego mój szkic działa tak wolno?)	288
Podziały przestrzenne	289
<i>Przykład 5.12 Podział przestrzenny siatki komórek</i>	292
<i>Przykład 5.13 Drzewo czwórkowe</i>	293
Wiele sztuczek optymalizacyjnych	293
<i>Przykład 5.14 Tablica wartości sin/cos</i>	296
Projekt ekosystemu	299
6 Biblioteki fizyki	301
Dlaczego warto korzystać z biblioteki fizyki?	303
Importowanie biblioteki Matter.js	306
Przegląd Matter.js	307
Engine	310
Ciała	312
Renderowanie	314
<i>Przykład 6.1 Domyślne obiekty Render i Runner w Matter.js</i>	316
Matter.js z p5.js	317
<i>Przykład 6.2 Wygodny i przyjemny szkic p5.js, który wymaga trochę Matter.js</i>	318

Krok 1: dodanie Matter.js do szkicu p5.js.	319
Krok 2: łączenie każdego obiektu Box z ciałem Matter.js	320
Krok 3: rysowanie ciała	321
Statyczne ciała Matter.js	323
<i>Przykład 6.3 Spadające klocki uderzające w granice.</i>	323
Wielokąty i grupy kształtów	324
<i>Przykład 6.4 Kształty wielokątów.</i>	325
<i>Przykład 6.5 Wiele kształtów w jednym ciele</i>	329
Więzy Matter.js	331
Więzy odległości	331
<i>Przykład 6.6 Wahadło w Matter.js</i>	333
Więzy obrotowe	335
<i>Przykład 6.7 Obracający się wiatrak</i>	336
Więzy myszy	338
<i>Przykład 6.8 Pokaz MouseConstraint.</i>	340
Dodawanie kolejnych sił	340
<i>Przykład 6.9 Przyciąganie za pomocą Matter.js</i>	342
Kolizje	344
<i>Przykład 6.10 Kolizje.</i>	347
Krótki przerywnik: metody całkowania	348
Fizyka Verleta z Toxiclibs.js	350
Wektory	352
Świat fizyki	353
Cząstki	354
Sprężyny	357
<i>Przykład 6.11 Prosta sprężyna utworzona za pomocą Toxiclibs.js.</i>	358
Symulacje ciała miękkiego	360
Sznurek	361
<i>Przykład 6.12 Miękkie wahadło</i>	363
Postać o miękkim ciele	364
<i>Przykład 6.13 Postać z miękkim ciałem</i>	367
Wykres oparty na siłach	369
<i>Przykład 6.14 Klaster.</i>	372
Zachowania przyciągania i odpychania	374
<i>Przykład 6.15 Zachowania przyciągania (i odpychania)</i>	375
Projekt ekosystemu	377

7	Automaty komórkowe	379
	Czym jest automat komórkowy?	380
	Podstawowe automaty komórkowe	382
	Definiowanie zbiorów reguł	387
	Programowanie podstawowego automatu komórkowego	390
	Rysowanie podstawowego automatu komórkowego	397
	<i>Przykład 7.1 Podstawowy automat komórkowy Wolframa</i>	398
	Klasyfikacja Wolframa	400
	Klasa 1: jednolitość	401
	Klasa 2: powtarzanie	401
	Klasa 3: losowość	402
	Klasa 4: złożoność	402
	Gra w życie	403
	Zasady gry	404
	Implementacja	407
	<i>Przykład 7.2 Gra w życie</i>	411
	Komórki zorientowane obiektowo	412
	<i>Przykład 7.3 Gra w życie zaprogramowana obiektowo</i>	413
	Wariacje dla tradycyjnego automatu komórkowego	415
	Siatki nieprostokątne	415
	Probabilistyczny automat komórkowy	417
	Ciągły automat komórkowy	417
	Przetwarzanie obrazu	417
	Historyczny	418
	Ruchome komórki	418
	Zagnieżdżanie	418
	Projekt ekosystemu	419
8	Fraktale	421
	Czym jest fraktal?	422
	Rekurencja	425
	Implementacja funkcji rekurencyjnych	426
	<i>Przykład 8.1 Okrąg rekurencyjny jeden raz</i>	429
	<i>Przykład 8.2 Okręgi rekurencyjne dwa razy</i>	430
	<i>Przykład 8.3 Okręgi rekurencyjne cztery razy</i>	431
	Rysowanie zbioru Cantora za pomocą rekurencji	432
	<i>Przykład 8.4 Zbiór Cantora</i>	434

Krzywa Kocha	435
<i>Przykład 8.5 Krzywa Kocha</i>	442
Drzewa	444
Wersja deterministyczna	444
<i>Przykład 8.6 Drzewo rekurencyjne</i>	448
Wersja stochastyczna	450
<i>Przykład 8.7 Drzewo stochastyczne</i>	451
Systemy L	452
<i>Przykład 8.8 Generowanie prostych zdań w systemie L</i>	454
<i>Przykład 8.9 System L</i>	458
Projekt ekosystemu	460
9 Obliczenia ewolucyjne	461
Algorytmy genetyczne: inspirowane rzeczywistymi wydarzeniami	462
Dlaczego warto korzystać z algorytmów genetycznych?	464
Jak działają algorytmy genetyczne	466
Krok 1: tworzenie populacji	468
Krok 2: selekcja	470
Krok 3: reprodukcja	473
Krok 4: powtarzanie!	475
Kodowanie algorytmu genetycznego	476
Krok 1: inicjalizacja	476
Krok 2: selekcja	478
Krok 3: reprodukcja (krzyżowanie i mutacja)	484
Łączenie wszystkiego w całość	486
<i>Przykład 9.1 Algorytm genetyczny do ewoluowania Szekspira</i>	486
Dostosowywanie algorytmów genetycznych	489
Klucz 1: zmienne globalne	490
Klucz 2: funkcja przystosowania	491
Klucz 3: genotyp i fenotyp	494
Ewoluuujące siły: inteligentne rakiety	497
Konstruowanie rakiet	498
Zarządzanie populacją	503
<i>Przykład 9.2 Inteligentne rakiety</i>	505
Wprowadzanie ulepszeń	507
<i>Przykład 9.3 Bardziej inteligentne rakiety</i>	510
Selekcja interaktywna	511
<i>Przykład 9.4 Selekcja interaktywna</i>	514

Symulacja ekosystemu	517
Genotyp i fenotyp.....	520
Selekcja i reprodukcja	521
<i>Przykład 9.5 Rozwijający się ekosystem</i>	523
Projekt ekosystemu.....	525
10 Sieci neuronowe.....	527
Wprowadzenie do sztucznych sieci neuronowych.....	528
Jak działają sieci neuronowe.....	530
Biblioteki uczenia się maszyn.....	532
Perceptron	533
Kroki perceptronu	534
Łączenie wszystkiego w całość.....	535
Proste rozpoznawanie wzorców przy użyciu perceptronu	536
Kod perceptronu	538
<i>Przykład 10.1 Perceptron</i>	546
Umieszczenie „sieci” w sieci neuronowej	549
Uczenie się maszyn za pomocą ml5.js	552
Cykl życia przy uczeniu się maszyn.....	552
Klasyfikacja i regresja.....	554
Projektowanie sieci	556
Składnia ml5.js	559
Tworzenie klasyfikatora gestów	560
Zbieranie i przygotowywanie danych	561
Wybieranie modelu	563
Szkolenie modelu	564
Ocena modelu.....	566
Dostrojanie parametrów	569
Wdrażanie modelu	569
<i>Przykład 10.2 Klasyfikator gestów</i>	572
Projekt ekosystemu.....	574
11 Neuroewolucja	575
Uczenie przez wzmacnianie.....	577
Rozwijanie sieci neuronowych według NEAT!	581
Kodowanie gry Flappy Bird.....	582
<i>Przykład 11.1 Klon gry Flappy Bird</i>	585
Neuroewolucyjny Flappy Bird	587

Mózg ptaka	587
Wariant: stado ptaków machających skrzydłami	590
Selekcja: przystosowanie Flappy Bird	592
Dziedziczność: małe ptaki	595
<i>Przykład 11.2 Flappy Bird z neuroewolucją.</i>	597
Kierowanie na sposób neuroewolucyjny	598
<i>Przykład 11.3 Inteligentne rakiety z neuroewolucją.</i>	600
Reagowanie na zmiany	601
Przyspieszanie czasu	604
<i>Przykład 11.4 Dynamiczne kierowanie neuroewolucyjne.</i>	606
Ekosystem neuroewolucyjny	607
Postrzeganie środowiska	607
<i>Przykład 11.5 Bloop z czujnikami.</i>	611
Uczenie się od czujników	613
<i>Przykład 11.6 Ekosystem neuroewolucyjny</i>	615
Projekt ekosystemu	617
Zakończenie	618
 Dodatek: Projekt stworzeń	 619
Źródła obrazów	623
Indeks	625