

2. [Preface](#)
 1. [Objective and Approach](#)
 2. [Prerequisites](#)
 3. [Roadmap](#)
 4. [Changes in the Second Edition](#)
 5. [Other Resources](#)
 6. [Conventions Used in This Book](#)
 7. [Codebase](#)
 8. [Using Code Examples](#)
 9. [O'Reilly Online Learning](#)
 10. [How to Contact Us](#)
 11. [Acknowledgments](#)
3. [I. Introduction to Generative Deep Learning](#)
4. [1. Generative Modeling](#)
 1. [What Is Generative Modeling?](#)
 1. [Generative Versus Discriminative Modeling](#)
 2. [The Rise of Generative Modeling](#)
 3. [Generative Modeling and AI](#)
 2. [Our First Generative Model](#)
 1. [Hello World!](#)
 2. [The Generative Modeling Framework](#)
 3. [Representation Learning](#)
 3. [Core Probability Theory](#)
 4. [Generative Model Taxonomy](#)
 5. [The Generative Deep Learning Codebase](#)
 1. [Cloning the Repository](#)
 2. [Using Docker](#)
 3. [Running on a GPU](#)
 6. [Summary](#)
5. [2. Deep Learning](#)
 1. [Data for Deep Learning](#)
 2. [Deep Neural Networks](#)
 1. [What Is a Neural Network?](#)
 2. [Learning High-Level Features](#)
 3. [TensorFlow and Keras](#)
 3. [Multilayer Perceptron \(MLP\)](#)
 1. [Preparing the Data](#)
 2. [Building the Model](#)
 3. [Compiling the Model](#)
 4. [Training the Model](#)
 5. [Evaluating the Model](#)
 4. [Convolutional Neural Network \(CNN\)](#)
 1. [Convolutional Layers](#)
 2. [Batch Normalization](#)
 3. [Dropout](#)
 4. [Building the CNN](#)
 5. [Training and Evaluating the CNN](#)
 5. [Summary](#)

6. [II. Methods](#)
7. [3. Variational Autoencoders](#)
 1. [Introduction](#)
 2. [Autoencoders](#)
 1. [The Fashion-MNIST Dataset](#)
 2. [The Autoencoder Architecture](#)
 3. [The Encoder](#)
 4. [The Decoder](#)
 5. [Joining the Encoder to the Decoder](#)
 6. [Reconstructing Images](#)
 7. [Visualizing the Latent Space](#)
 8. [Generating New Images](#)
 3. [Variational Autoencoders](#)
 1. [The Encoder](#)
 2. [The Loss Function](#)
 3. [Training the Variational Autoencoder](#)
 4. [Analysis of the Variational Autoencoder](#)
 4. [Exploring the Latent Space](#)
 1. [The CelebA Dataset](#)
 2. [Training the Variational Autoencoder](#)
 3. [Analysis of the Variational Autoencoder](#)
 4. [Generating New Faces](#)
 5. [Latent Space Arithmetic](#)
 6. [Morphing Between Faces](#)
 5. [Summary](#)
8. [4. Generative Adversarial Networks](#)
 1. [Introduction](#)
 2. [Deep Convolutional GAN \(DCGAN\)](#)
 1. [The Bricks Dataset](#)
 2. [The Discriminator](#)
 3. [The Generator](#)
 4. [Training the DCGAN](#)
 5. [Analysis of the DCGAN](#)
 6. [GAN Training: Tips and Tricks](#)
 3. [Wasserstein GAN with Gradient Penalty \(WGAN-GP\)](#)
 1. [Wasserstein Loss](#)
 2. [The Lipschitz Constraint](#)
 3. [Enforcing the Lipschitz Constraint](#)
 4. [The Gradient Penalty Loss](#)
 5. [Training the WGAN-GP](#)
 6. [Analysis of the WGAN-GP](#)
 4. [Conditional GAN \(CGAN\)](#)
 1. [CGAN Architecture](#)
 2. [Training the CGAN](#)
 3. [Analysis of the CGAN](#)
 5. [Summary](#)
9. [5. Autoregressive Models](#)
 1. [Introduction](#)

2. [Long Short-Term Memory Network \(LSTM\)](#)
 1. [The Recipes Dataset](#)
 2. [Working with Text Data](#)
 3. [Tokenization](#)
 4. [Creating the Training Set](#)
 5. [The LSTM Architecture](#)
 6. [The Embedding Layer](#)
 7. [The LSTM Layer](#)
 8. [The LSTM Cell](#)
 9. [Training the LSTM](#)
 10. [Analysis of the LSTM](#)
3. [Recurrent Neural Network \(RNN\) Extensions](#)
 1. [Stacked Recurrent Networks](#)
 2. [Gated Recurrent Units](#)
 3. [Bidirectional Cells](#)
4. [PixelCNN](#)
 1. [Masked Convolutional Layers](#)
 2. [Residual Blocks](#)
 3. [Training the PixelCNN](#)
 4. [Analysis of the PixelCNN](#)
 5. [Mixture Distributions](#)
5. [Summary](#)
10. [6. Normalizing Flow Models](#)
 1. [Introduction](#)
 2. [Normalizing Flows](#)
 1. [Change of Variables](#)
 2. [The Jacobian Determinant](#)
 3. [The Change of Variables Equation](#)
 3. [RealNVP](#)
 1. [The Two Moons Dataset](#)
 2. [Coupling Layers](#)
 3. [Training the RealNVP Model](#)
 4. [Analysis of the RealNVP Model](#)
 4. [Other Normalizing Flow Models](#)
 1. [GLOW](#)
 2. [FFJORD](#)
 5. [Summary](#)
11. [7. Energy-Based Models](#)
 1. [Introduction](#)
 2. [Energy-Based Models](#)
 1. [The MNIST Dataset](#)
 2. [The Energy Function](#)
 3. [Sampling Using Langevin Dynamics](#)
 4. [Training with Contrastive Divergence](#)
 5. [Analysis of the Energy-Based Model](#)
 6. [Other Energy-Based Models](#)
 3. [Summary](#)
12. [8. Diffusion Models](#)

1. [Introduction](#)
2. [Denoising Diffusion Models \(DDM\)](#)
 1. [The Flowers Dataset](#)
 2. [The Forward Diffusion Process](#)
 3. [The Reparameterization Trick](#)
 4. [Diffusion Schedules](#)
 5. [The Reverse Diffusion Process](#)
 6. [The U-Net Denoising Model](#)
 7. [Training the Diffusion Model](#)
 8. [Sampling from the Denoising Diffusion Model](#)
 9. [Analysis of the Diffusion Model](#)
3. [Summary](#)
13. [III. Applications](#)
14. [9. Transformers](#)
 1. [Introduction](#)
 2. [GPT](#)
 1. [The Wine Reviews Dataset](#)
 2. [Attention](#)
 3. [Queries, Keys, and Values](#)
 4. [Multihead Attention](#)
 5. [Causal Masking](#)
 6. [The Transformer Block](#)
 7. [Positional Encoding](#)
 8. [Training GPT](#)
 9. [Analysis of GPT](#)
 3. [Other Transformers](#)
 1. [T5](#)
 2. [GPT-3 and GPT-4](#)
 3. [ChatGPT](#)
 4. [Summary](#)
15. [10. Advanced GANs](#)
 1. [Introduction](#)
 2. [ProGAN](#)
 1. [Progressive Training](#)
 2. [Outputs](#)
 3. [StyleGAN](#)
 1. [The Mapping Network](#)
 2. [The Synthesis Network](#)
 3. [Outputs from StyleGAN](#)
 4. [StyleGAN2](#)
 1. [Weight Modulation and Demodulation](#)
 2. [Path Length Regularization](#)
 3. [No Progressive Growing](#)
 4. [Outputs from StyleGAN2](#)
 5. [Other Important GANs](#)
 1. [Self-Attention GAN \(SAGAN\)](#)
 2. [BigGAN](#)
 3. [VQ-GAN](#)

4. [ViT VQ-GAN](#)
 6. [Summary](#)
 16. [11. Music Generation](#)
 1. [Introduction](#)
 2. [Transformers for Music Generation](#)
 1. [The Bach Cello Suite Dataset](#)
 2. [Parsing MIDI Files](#)
 3. [Tokenization](#)
 4. [Creating the Training Set](#)
 5. [Sine Position Encoding](#)
 6. [Multiple Inputs and Outputs](#)
 7. [Analysis of the Music-Generating Transformer](#)
 8. [Tokenization of Polyphonic Music](#)
 3. [MuseGAN](#)
 1. [The Bach Chorale Dataset](#)
 2. [The MuseGAN Generator](#)
 3. [The MuseGAN Critic](#)
 4. [Analysis of the MuseGAN](#)
 4. [Summary](#)
 17. [12. World Models](#)
 1. [Introduction](#)
 2. [Reinforcement Learning](#)
 1. [The CarRacing Environment](#)
 3. [World Model Overview](#)
 1. [Architecture](#)
 2. [Training](#)
 4. [Collecting Random Rollout Data](#)
 5. [Training the VAE](#)
 1. [The VAE Architecture](#)
 2. [Exploring the VAE](#)
 6. [Collecting Data to Train the MDN-RNN](#)
 7. [Training the MDN-RNN](#)
 1. [The MDN-RNN Architecture](#)
 2. [Sampling from the MDN-RNN](#)
 8. [Training the Controller](#)
 1. [The Controller Architecture](#)
 2. [CMA-ES](#)
 3. [Parallelizing CMA-ES](#)
 9. [In-Dream Training](#)
 10. [Summary](#)
 18. [13. Multimodal Models](#)
 1. [Introduction](#)
 2. [DALL·E 2](#)
 1. [Architecture](#)
 2. [The Text Encoder](#)
 3. [CLIP](#)
 4. [The Prior](#)
 5. [The Decoder](#)

6. [Examples from DALL.E 2](#)
 3. [Imagen](#)
 1. [Architecture](#)
 2. [DrawBench](#)
 3. [Examples from Imagen](#)
 4. [Stable Diffusion](#)
 1. [Architecture](#)
 2. [Examples from Stable Diffusion](#)
 5. [Flamingo](#)
 1. [Architecture](#)
 2. [The Vision Encoder](#)
 3. [The Perceiver Resampler](#)
 4. [The Language Model](#)
 5. [Examples from Flamingo](#)
 6. [Summary](#)
 19. [14. Conclusion](#)
 1. [Timeline of Generative AI](#)
 1. [2014–2017: The VAE and GAN Era](#)
 2. [2018–2019: The Transformer Era](#)
 3. [2020–2022: The Big Model Era](#)
 2. [The Current State of Generative AI](#)
 1. [Large Language Models](#)
 2. [Text-to-Code Models](#)
 3. [Text-to-Image Models](#)
 4. [Other Applications](#)
 3. [The Future of Generative AI](#)
 1. [Generative AI in Everyday Life](#)
 2. [Generative AI in the Workplace](#)
 3. [Generative AI in Education](#)
 4. [Generative AI Ethics and Challenges](#)
 4. [Final Thoughts](#)
 20. [Index](#)
 21. [About the Author](#)