
Vorwort

Das, was ich nicht erschaffen kann, verstehe ich nicht.

– *Richard Feynman*

Ein essenzieller Teil des menschlichen Wesens ist unsere Fähigkeit, Dinge zu erschaffen. Seit unseren frühesten Tagen als Höhlenbewohner haben wir nach Möglichkeiten gesucht, originelle und schöne Kreationen zu schaffen. Die Urmenschen taten dies in Form von Höhlenmalereien von wilden Tieren und abstrakten Mustern, die sie mit Pigmenten sorgfältig und methodisch auf Felsen anbrachten. Der Zeit der Romantik entstammen die meisterhaften Tschaikowsky-Symphonien, die Triumph- und Tragödiengefühle mithilfe von Klangwellen wecken, die zu schönen Melodien und Harmonien verschmelzen. Heutzutage laufen wir um Mitternacht in die Buchhandlungen, um Geschichten über einen fiktiven Zauberer zu kaufen. Denn die Kombination von Buchstaben bringt eine Geschichte hervor, die uns so sehr fesselt, dass wir unbedingt die nächsten Abenteuer unseres Helden erfahren möchten.

Daher ist es nicht verwunderlich, dass die Menschheit nun beginnt, die ultimative Frage nach der Kreativität zu stellen: Können wir etwas erzeugen, das selbst über Kreativität verfügt?

Genau diese Frage soll die generative Modellierung beantworten. Dank neuester Fortschritte in Methodik und Technologie sind wir heute dazu in der Lage, Maschinen zu bauen, die originelle Kunstwerke in einem vorgegebenen Stil malen, zusammenhängende Absätze mit übergreifender Struktur schreiben, angenehm klingende Musik komponieren und Siegerstrategien für komplexe Spiele entwickeln können, indem sie imaginäre Zukunftsszenarien generieren. Dies ist nur der Beginn einer generativen Revolution, die uns keine andere Wahl lässt, als Antworten auf einige der größten Fragen zur Wirkungsweise von Kreativität zu finden und dadurch letztlich auch zu beleuchten, was es bedeutet, ein Mensch zu sein.

Kurz gesagt, nie war die Zeit besser als jetzt, um mehr über generative Modellierung zu lernen – also lassen Sie uns loslegen!

Ziel und Ansatz

Dieses Buch behandelt die wichtigsten Methoden, die die generative Modellierungslandschaft in den letzten Jahren geprägt haben und durch die wir beeindruckende Fortschritte bei kreativen Aufgaben erzielen konnten. Zusätzlich zur Behandlung der Grundlagen der generativen Modellierung werden wir funktionsfähige Beispiele einiger der Schlüsselmodelle der Fachliteratur erstellen und bei jedem Modell Schritt für Schritt zusammen durch die Codebasis gehen.

Im gesamten Buch finden Sie kurze, sinnbildliche Geschichten, die dabei helfen sollen, die Funktionsweise einiger der Modelle zu erklären. Meiner Meinung nach besteht eine der besten Möglichkeiten, eine neue abstrakte Theorie zu lehren, darin, sie zuerst in etwas nicht ganz so Abstraktes umzuwandeln, etwa in eine Geschichte, bevor man in die technischen Details eintaucht. Dadurch wird die Theorie in diesem Zusammenhang klarer, da sie Menschen, Handlungen und Emotionen einbezieht, die alle gut nachvollziehbar sind, statt neuronaler Netze, Backpropagation und Verlustfunktionen, die allesamt abstrakte Konstrukte darstellen.

Die fiktive Geschichte und die Erklärung der Modelltheorie beschreiben beide die gleiche Funktionsweise, aber auf zwei verschiedene Arten. Sie werden es daher vielleicht nützlich finden, beim Lernen der Modelltheorie auf die jeweilige Geschichte zurückzugreifen. Sollten Sie bereits mit einer bestimmten Methode vertraut sein, werden Sie bestimmt Spaß daran finden, die Parallelen der einzelnen Modellelemente innerhalb der Geschichte zu finden!

Im ersten Teil dieses Buchs werde ich Ihnen die wichtigsten Methoden vorstellen, die wir bei der Erstellung generativer Modelle verwenden, einschließlich eines Überblicks über Deep Learning, Variational Autoencoder und Generative Adversarial Networks. Im zweiten Teil werden wir diese Methoden verwenden, um verschiedene kreative Aufgaben wie Malen, Schreiben und Komponieren von Musik mithilfe von Modellen wie CycleGAN, Encoder-Decoder-Modellen und MuseGAN zu bewältigen. Darüber hinaus werden wir sehen, wie die generative Modellierung zur Optimierung der Spielstrategie für ein Spiel eingesetzt werden kann (World Models). Außerdem werfen wir einen Blick auf topaktuelle generative Architekturen wie StyleGAN, BigGAN, BERT, GPT-2 und MuseNet.

Voraussetzungen

Dieses Buch setzt voraus, dass Sie eine gewisse Erfahrung in der Programmierung mit Python mitbringen. Wenn Sie mit Python nicht vertraut sind, gelingt der Einstieg über LearnPython.org (<https://www.learnpython.org>) am besten. Darüber hinaus gibt es unzählige kostenlose Onlinere Ressourcen, die es Ihnen ermöglichen, sich genügend Python-Wissen anzueignen, um mit den Beispielen in diesem Buch arbeiten zu können.

Da einige der Modelle in mathematischer Notation beschrieben werden, ist es sinnvoll, grundlegende Kenntnisse in linearer Algebra (z.B. Matrixmultiplikation etc.) und der Wahrscheinlichkeitstheorie zu haben.

Schließlich benötigen Sie noch eine Rechenumgebung, in der Sie die Codebeispiele aus dem GitHub-Repository (https://github.com/davidADSP/GDL_code) des Buchs ausführen können. Ich habe bewusst darauf geachtet, dass alle Beispiele in diesem Buch eine nicht zu große Menge an Rechenressourcen für das Trainieren der Modelle benötigen. Es gibt den Mythos, dass Sie eine GPU benötigen, um Deep-Learning-Modelle zu trainieren – dies ist natürlich hilfreich und beschleunigt das Trainieren, aber es ist keineswegs unbedingt notwendig. Wenn Sie noch neu im Deep Learning unterwegs sind, ermutige ich Sie, sich zunächst mit den Grundlagen zu befassen, indem Sie mit kleinen Beispielen auf Ihrem Laptop experimentieren, bevor Sie Geld und Zeit für die Recherche von Hardware ausgeben, um das Trainieren der Modelle zu beschleunigen.

Weitere Ressourcen

Die folgenden zwei Bücher kann ich Ihnen wärmstens empfehlen als allgemeine Einführung in Machine Learning und Deep Learning:

- *Praxiseinstieg Machine Learning mit Scikit-Learn, Keras und TensorFlow: Konzepte, Tools und Techniken für intelligente Systeme* von Aurelien Geron, Übersetzung von Kristian Rother und Thomas Demmig (O'Reilly)
- *Deep Learning mit Python und Keras* von Francois Chollet (mitp)

Die meisten der Forschungsartikel in diesem Buch kommen von arXiv (<https://arxiv.org>), einem kostenlosen Archiv für wissenschaftliche Forschungsarbeiten. Es ist heutzutage üblich, dass Autoren ihre Forschungsarbeiten in arXiv posten, bevor sie vollständig begutachtet werden. Indem Sie dort die jüngsten Veröffentlichungen verfolgen, können Sie sich hervorragend über die neuesten Entwicklungen in diesem Bereich informieren.

Darüber hinaus kann ich Ihnen auch die Webseite Papers with Code (<https://paperswithcode.com>) empfehlen, auf der Sie die neuesten Ergebnisse in einer Vielzahl von Aufgaben des maschinellen Lernens finden können, sowie Links zu den Forschungspapieren und offiziellen GitHub-Repositories. Dies ist eine ausgezeichnete Ressource, um herauszufinden, welche Methoden derzeit die besten Ergebnisse in einer Reihe von Aufgaben erzielen, und sie hat mir bei der Entscheidung geholfen, welche Methoden in diesem Buch behandelt werden sollen.

Zu guter Letzt ist Google Colaboratory (<https://colab.research.google.com>) eine nützliche Ressource für das Trainieren von Deep-Learning-Modellen auf schnellerer Hardware. Dies ist eine kostenlose Jupyter-Notebook-Umgebung, die keine Einrichtung erfordert und vollständig in der Cloud läuft. Sie können dem Notebook sagen, dass es auf einer kostenlos zur Verfügung gestellten GPU laufen soll, und

das für bis zu zwölf Stunden Laufzeit. Es ist zwar nicht unbedingt notwendig, die Beispiele in diesem Buch auf einem Grafikprozessor auszuführen, es kann aber helfen, den Trainingsprozess zu beschleunigen. So oder so, Colab bietet Ihnen die großartige Möglichkeit, kostenlos auf GPU-Ressourcen zuzugreifen.

In diesem Buch verwendete Konventionen

Die folgenden typografischen Konventionen werden in diesem Buch verwendet:

Kursiv

Kennzeichnet neue Begriffe, URLs, E-Mail-Adressen, Dateinamen und Dateierendungen.

Konstante Zeichenbreite

Wird für Programmlistings und für Programmelemente in Textabschnitten wie Namen von Variablen und Funktionen, Datenbanken, Datentypen und Umgebungsvariablen sowie für Anweisungen und Schlüsselwörter verwendet.

Konstante Zeichenbreite, fett

Kennzeichnet Befehle oder anderen Text, den der Nutzer wörtlich eingeben sollte.

Konstante Zeichenbreite, kursiv

Kennzeichnet Text, den der Nutzer je nach Kontext durch entsprechende Werte ersetzen sollte.



Dieses Symbol steht für einen allgemeinen Hinweis.

Verwenden von Codebeispielen

Zusätzliche Materialien (Codebeispiele, Übungen und so weiter) können Sie von der Adresse https://github.com/davidADSP/GDL_code herunterladen. Der Repository-Branch *master* beruht auf der TensorFlow-Backendversion 1.14. Es gibt einen zusätzlichen Branch namens *tensorflow_2*, in dem der Code mit der Ende September 2019 erschienenen TensorFlow-Version 2.0 kompatibel ist.

Dieses Buch dient dazu, Ihnen beim Erledigen Ihrer Arbeit zu helfen. Im Allgemeinen dürfen Sie die Codebeispiele aus diesem Buch in Ihren eigenen Programmen und der dazugehörigen Dokumentation verwenden. Sie müssen uns dazu nicht um Erlaubnis fragen, solange Sie nicht einen beträchtlichen Teil des Codes reproduzieren. Beispielsweise benötigen Sie keine Erlaubnis, um ein Programm zu schreiben, in dem mehrere Codefragmente aus diesem Buch vorkommen. Wollen Sie dagegen eine CD-ROM mit Beispielen aus Büchern von O'Reilly verkaufen oder verteilen, benötigen Sie eine Erlaubnis. Eine Frage zu beantworten, indem Sie aus diesem

Buch zitieren und ein Codebeispiel wiedergeben, benötigt keine Erlaubnis. Eine beträchtliche Menge Beispielcode aus diesem Buch in die Dokumentation Ihres Produkts aufzunehmen, bedarf hingegen einer Erlaubnis.

Wir freuen uns über Zitate, verlangen diese aber nicht. Ein Zitat enthält Titel, Autor, Verlag und ISBN, beispielsweise: »*Generatives Deep Learning* von David Foster (O'Reilly). Copyright 2019 Applied Data Science Partners Ltd., ISBN 978-3-96009-128-8«.

Wenn Sie glauben, dass Ihre Verwendung von Codebeispielen über die übliche Nutzung hinausgeht oder außerhalb der oben vorgestellten Nutzungsbedingungen liegt, kontaktieren Sie uns bitte unter komentar@oreilly.de.

Danksagungen

Es gibt so viele Menschen, denen ich für ihre Hilfe beim Schreiben dieses Buchs danken möchte.

Zunächst möchte ich allen danken, die sich die Zeit genommen haben, das Buch fachlich zu begutachten – insbesondere Luba Elliott, Darren Richardson, Eric George, Chris Schon, Sigurður Skúli Sigurgeirsson, Hao-Wen Dong, David Ha und Lorna Barclay.

Ein großes Dankeschön geht auch an meine Kollegen bei Applied Data Science Partners, Ross Witeszczyk, Chris Schon, Daniel Sharp und Amy Bull. Ihre Geduld mit mir, während ich mir die Zeit genommen habe, das Buch fertigzustellen, habe ich sehr geschätzt, und ich freue mich sehr auf all die Machine-Learning-Projekte, die wir in Zukunft gemeinsam angehen werden! Besonderer Dank gilt Ross – hätten wir uns nicht entschieden, zusammen ein Unternehmen zu gründen, wäre dieses Buch vielleicht nie entstanden. Danke also, dass du an mich als deinen Geschäftspartner geglaubt hast!

Ich möchte auch jedem danken, der mir jemals etwas Mathematisches beigebracht hat – ich hatte das große Glück, fantastische Mathematiklehrer in der Schule zu haben, die mein Interesse an diesem Fach geweckt und mich dazu ermutigt haben, es an der Universität weiterzuverfolgen. Ich möchte Ihnen für Ihr großes Engagement danken und dafür, Ihr Wissen über das Thema mit mir geteilt zu haben.

Ein großes Dankeschön geht auch an die Mitarbeiter von O'Reilly, die mich durch den Prozess des Schreibens dieses Buchs geführt haben. Ein besonderer Dank geht an Michele Cronin, die bei jedem Schritt dabei war, nützliches Feedback gab und mich freundlich daran erinnerte, die Kapitel weiter zu vervollständigen! Außerdem möchte ich Katie Tozer, Rachel Head und Melanie Yarbrough danken, weil sie das Buch in Produktion gebracht haben, und Mike Loukides, weil er sich als Erstes an mich gewandt hatte, um mich zu fragen, ob ich nicht ein Buch schreiben wolle. Sie alle haben dieses Projekt von Anfang an so toll unterstützt, und ich möchte Ihnen dafür danken, dass Sie mir eine Plattform zur Verfügung gestellt haben, auf der ich über etwas schreiben kann, das ich liebe.

Während des gesamten Schreibprozesses war meine Familie eine ständige Quelle der Ermutigung und Unterstützung. Ein großes Dankeschön geht an meine Mutter, Gillian Foster, für die Überprüfung jeder einzelnen Textzeile auf Tippfehler und dafür, dass sie mir damals überhaupt erst das Addieren beigebracht hatte! Deine Liebe zum Detail war sehr hilfreich beim Korrekturlesen dieses Buchs, und ich bin überaus dankbar für all die Möglichkeiten, die du und Dad mir gegeben haben. Mein Vater, Clive Foster, hat mir erst mal überhaupt gezeigt, wie man einen Computer programmiert – dieses Buch ist voller praktischer Beispiele, und das dank seiner Geduld damals, während ich in BASIC herumfummelte und versuchte, als Teenager Fußballspiele zu programmieren. Mein Bruder Rob Foster ist das bescheidenste Genie, das Sie je finden werden, besonders in der Linguistik – Gespräche mit ihm über KI und die Zukunft des textbasierten maschinellen Lernens waren extrem hilfreich für mich. Zum Schluss möchte ich meiner Oma danken, die eine ständige Quelle der Inspiration und des Spaßes für uns alle ist. Ihre Liebe zur Literatur ist einer der Gründe dafür, dass ich mich überhaupt dafür entschieden habe, dieses Buch zu schreiben.

Abschließend möchte ich meiner Verlobten (und bald Frau) Lorna Barclay danken. Neben der fachlichen Überprüfung jedes Worts in diesem Buch hat sie mich während des gesamten Schreibprozesses endlos unterstützt, sei es, dass sie mir Tee zubereitet oder verschiedene Snacks gebracht hat oder mir generell dabei half, dieses Buch durch ihre akribische Liebe zum Detail und ihr unglaubliches Expertenwissen über Statistik und maschinelles Lernen zu einem besseren Leitfaden für die generative Modellierung zu machen. Ohne dich hätte ich dieses Projekt mit Sicherheit nicht fertigstellen können, und ich bin dir sehr dankbar für die Zeit, die du investiert hast, um mir bei der Umstrukturierung und Erweiterung der Teile des Buchs zu helfen, die noch das gewisse Etwas benötigten. Ich verspreche dir, dass ich mindestens für ein paar Wochen nach der Veröffentlichung am Esstisch nicht mehr über generative Modellierung sprechen werde.