

Zusammenspiel

Die Stärken von Computeralgorithmen und menschlicher Kognition

| JOHN-DYLAN HAYNES | **Computer entwickeln immer mehr Fähigkeiten – insbesondere beim Denken und Problemlösen –, mit denen sie menschliche Leistungen übertreffen. Welche Domänen gibt es noch, in denen der Mensch den Algorithmen überlegen ist?**

Eigentlich sollte es uns nicht verwundern, dass Computer uns in bestimmten geistigen Leistungen übertreffen. Seit den späten 1960er Jahren sind Taschenrechner im Umlauf, die selbst den schnellsten Kopfrechenkünstlern bei weitem überlegen sind. Wenn jemand uns bittet, die Wurzel aus Pi zu berechnen, dann greifen wir wie selbstverständlich nicht zu Stift und Papier, sondern zum Taschenrechner oder zum Computer. Auch wenn man uns bitten würde, uns eine lange Telefonnummer zu merken, würden wir unsere Grenzen realistisch einschätzen und wissen, dass nach ca. sieben bis neun Ziffern unsere Kapazität ausgereizt ist. Einem Computer hingegen würden wir locker zutrauen, ganze Telefonbücher voller Nummern fehlerfrei zu speichern. Wir sind also lange daran gewöhnt, dass Computer uns in bestimmten kognitiven Leistungen überlegen sind.

In letzter Zeit haben Computer aber auch Fähigkeiten entwickelt, die wir früher für rein menschliche Domänen

gehalten haben, insbesondere beim Denken und Problemlösen. Bereits in den 1960er Jahren haben Computer angefangen, Menschen bei Spielen, wie etwa Dame, zu schlagen. Damals hatten sie allerdings nur gegen Amateure Erfolg. In den 1990er Jahren begannen dann Computer auch gegen Weltmeister zu gewinnen. Berühmt wurde ein Kampf im Jahr 1997, als Schachweltmeister Garri Kasparow gegen IBM

»2016 schlug das Computerprogramm AlphaGo den 18-fachen Weltmeister im Go, Lee Seedol.«

Deep Blue verlor. Interessanterweise dauerte es viel länger, eine vergleichbar beeindruckende Leistung in der Motorik zu erreichen. In den Frühtagen der KI in den 1950er Jahren hatte man Motorik für das einfachere Problem und komplexes Denken, wie beim Schach, für das schwierigere Problem gehalten. Es stellte sich genau das Gegenteil heraus, dass nämlich Schachcomputer viel früher unsere geistigen Leistungen übertrafen als Roboter unsere motorischen Leistungen. Das Phänomen wird auch als Moravec's Paradox bezeichnet.

Es wurde dann in den 2000er Jahren um die künstliche Intelligenz (KI) zunächst sehr ruhig. Unter dem Namen „Maschinelles Lernen“ entwickelte sich das Gebiet dann in den 2000er Jahren weiter, allerdings weitgehend unabhängig von der Hirnforschung. Das lag daran, dass biologische

Gehirne die eingehende Information über viele verschiedene Schritte, auch „Schichten“ genannt, verarbeiten. Solche mehrschichtigen Netzwerke waren aber mathematisch schwer handhabbar und die Rechenleistung von Computern in den 2000er Jahren reichte auch nicht aus. Deshalb fokussierte man im Maschinellen Lernen vor allem auf sogenannte flache Netzwerke, die aus nur sehr wenigen Schichten bestanden. Allerdings gab es in den frühen 2010er Jahren einen Entwicklungsschub in der KI, denn durch Forschungen von Informatikern wie Yan LeCun und Geoffrey Hinton wurden die vielschichtigen oder „tiefen“ Netzwerke zum ersten Mal mathematisch handhabbar. Das Forschungsgebiet des „Deep Learning“ entstand. Daraufhin erzielten solche tiefen Netzwerke bemerkenswerte Steigerungen in der Fähigkeit, Objekte in Bildern zu erkennen.

Und 2016 schlug AlphaGo, ein Computerprogramm, das tiefe Netzwerke verwendet, Lee Seedol, den 18-fachen Weltmeister im Go. Dies brachte das Thema KI wieder in die Schlagzeilen. Hinter der modernen Welle an tiefen Netzen stehen auch technische Innovationen in der Entwicklung spezialisierter Hardwarearchitekturen für Rechner. Parallel dazu entwickelten sich Ansätze, um aus den anfallenden großen Datenmengen („Big Data“) ebenfalls Information zu extrahieren, um damit etwa Produktpräferenzen zu ermitteln. Obwohl sie oft als „Künstliche Intelligenz“ bezeichnet werden, sind die dahintersteckenden statistischen Verfahren oft sehr einfach und könnten prinzipiell auch von Hand gerechnet werden. Der Clou besteht darin, die Algorithmen auf so große Datensätze anzuwenden, dass die menschliche Kapa-

AUTOR



John-Dylan Haynes ist Professor am Bernstein Center for Computational Neuroscience der Charité Berlin und Direktor des Berlin Center for Advanced Neuroimaging.

azität und Verarbeitungsgeschwindigkeit bei weitem übertroffen wird. Damit sind Vorhersagen möglich, die uns oft als beeindruckend erscheinen, obwohl sie nur auf statistischen Regelmäßigkeiten in unserem Verhalten beruhen.

Computer versus Gehirne

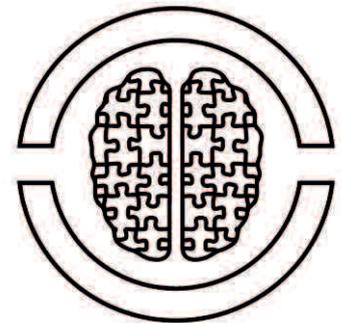
Wenn man sich nur die Hardware ansieht, unterscheiden sich Gehirne von Computern erheblich. Zwar trennen beide zwischen einer Verarbeitungseinheit (CPU oder Nervenzelle) und der Weiterleitung der Informationen (Leitungsbahn oder Nervenfasern), aber die Architekturen sind sehr verschieden:

- Das durchschnittliche menschliche Gehirn besteht aus einer Vielzahl von Verarbeitungseinheiten, nämlich im Schnitt 86 Milliarden Nervenzellen. Die Anzahl CPUs in einem Computer ist viel geringer, selbst wenn man aktuelle technische Entwicklungen wie Graphics Processing Units (GPUs) und Tensor Processing Units (TPUs) berücksichtigt.
- Die Speicherung von Information in einem Gehirn erfolgt weit verteilt über vielfältige Hirnregionen, und zwar sowohl beim Kurz- als auch beim Langzeitgedächtnis. Im Gegensatz dazu ist der Speicher eines Computers stark lokalisiert, nämlich im Arbeitsspeicher oder im Festplattenspeicher.
- Ein Gehirn lernt, indem es seine Leitungsbahnen ständig umbaut und die Verknüpfungsgewichte verändert. Stattdessen lernen Computer, indem in ihrem lokalisierten Speicher neue Algorithmen implementiert werden. Ein Computeringenieur wäre sicherlich nicht glücklich mit der Vorstellung, dass die Leitungsbahnen seiner mühevoll ausgeknobelten Architektur sich immer wieder umbauen würden.
- Biologische Gehirne haben eine hohe Plastizität. In bestimmten seltenen Fällen von unheilbarer Epilepsie im Kindesalter ist es erforderlich, eine ganze Hirnhälfte zu entfernen. Trotzdem können viele Betroffene sich dann kognitiv erstaunlich normal entwickeln. Klassische Computer würden nach Entfernung der Hälfte der Bauteile in der Regel nicht mehr funktionieren.
- Computer werden oft genutzt, um Netzwerke von Nervenzellen zu simulieren. Aber auch die simulierten neuronalen Netze, die im Bereich der KI zum Einsatz kommen, unterscheiden sich in der Regel erheblich

von echten biologischen Nervennetzen. So sind die künstlichen Netze in der Regel streng hierarchisch geordnet und verarbeiten Information in einer strikten Sequenz von einer Verarbeitungsschicht zur nächsten. Die Netzwerke des menschlichen Gehirns sind hingegen eher „holokratisch“ organisiert: Information fließt zwischen den vielfältigen Unterregionen des Gehirns hin und her, und es gibt keine zentrale Steuerungsspitze, die über alle anderen Regionen die Kontrolle ausübt.

Menschliche Stärken

- Wenn man einen klassischen Intelligenztest, wie den Hamburg-Wechsler-Test, betrachtet, sieht man, dass einige Leistungen, die zu unserem Intelligenzquotienten beitragen, sehr leicht von Computern zu übernehmen sind. Bei einer Teilaufgabe muss man sich Ziffernfolgen merken. Bei Menschen ist wie oben ausgeführt bei sieben bis neun Ziffern Schluss, Computer hingegen können sich bis zur Kapazitätsgrenze ihres Speichers Ziffern merken. In einer anderen Aufgabe muss man Zahlen in vorgegebene Symbole umkodieren, als Test für die Geschwindigkeit unserer Informationsverarbeitung. Auch dies wäre sehr leicht von einem Computer zu erledigen. Trotz der Stärken von Computern gibt es nach wie vor einige Domänen, in denen der Mensch noch Algorithmen schlägt.
- Tiefe Netzwerke können sehr gut in Bildern Objekte erkennen. Allerdings sind sie sehr anfällig, wenn die Bilder verwechselt sind, womit Menschen weniger Probleme haben. Auch können die Algorithmen durch sogenannte „feindliche Beispiele“ austrickst werden. Dabei werden Bilder kaum merklich so verändert, dass die tiefen Netzwerke gezielt in die Irre gelenkt werden, die daraufhin die Objekte falsch zuordnen. Menschen hingegen können solche Bilder noch gut erkennen.
 - Wir sind auch im Gegensatz zu Computern sehr gut in der Lage, aus Sprache Bedeutung zu extrahieren. Zwar erreicht heute maschinelle Spracherkennung und Textübersetzung beeindruckende Leistungen. Allerdings steht dahinter kein Weltverstehen, sondern nur eine Nutzung der Auftretensstatistiken von Wörtern in Textkörpern. Wenn man einer App wie SIRI die bizarre Frage stellt: „Was hängt an der Wand,



ECSEE
European Conference
Software Engineering Education

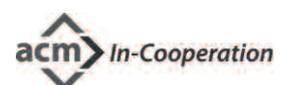
18 and 19 June 2020
Kloster Seeon,
Germany

**Full Paper Submission
deadline:
16 March 2020**

Topics of Interest include but are not limited to:

- ✓ SE curriculum design
- ✓ Training, education, and certification of SE in adult education
- ✓ New methods, techniques, best practices, and experiences in SE education
- ✓ Illustrative examples to highlight SE topics in education
- ✓ Evaluation and assessment of relevant students' skills
- ✓ Assessment of different teaching models
- ✓ Reflective learning in SE
- ✓ Tools for SE education, both commercial and public domain
- ✓ Support of lifelong learning
- ✓ Social and cultural issues in SE education
- ✓ Games and social media in SE education
- ✓ Distance learning, online learning, E-learning, and MOOCs
- ✓ Open education and open educational resources

Conference Website
www.ecsee.eu



macht Tick Tack und wenn's runterfällt ist die Uhr kaputt“, bekommt man keine hilfreiche Antwort („Leider kann ich keine Uhren verwalten. Du kannst das in der Uhren-App tun“). Die Spracherkennung von Erwachsenen und Kindern geht mühelos mit solchen bizarren Konstruktionen um.

- Die Robustheit menschlicher Denkleistungen übertrifft in vielen Bereichen die von Algorithmen. Im Sicherheitsbereich des Flughafens in Köln gibt es einen Ausgang, allerdings mit einem Warnhinweis: „Nur für Passagiere mit Handgepäck“. Jeder Mensch erkennt sofort, dass man diese auch ohne Handgepäck passieren kann, denn das Schild weist einen nur darauf hin, dass man hinter der Schleuse nicht mehr sein Aufgabegepäck abholen kann. Bei der Verarbeitung natürlicher Sprache muss man übertrieben wörtliche („hyperliterale“) Interpretationen vermeiden. Ansonsten wird ein System spröde („brittle“). Eine wichtige Fähigkeit, die uns diese Robustheit ermöglicht, ist, dass wir

über komplexes Weltwissen und Weltmodelle verfügen.

- Viele Algorithmen lernen, indem sie ein Problem (etwa ein Go-Spiel) viele Male durchspielen. Dies ist dann besonders erfolgreich, wenn das System mathematisch gut formulierbar und das Verhalten gut simulierbar ist. Allerdings haben Algorithmen

»Trotz der Stärken von Computern gibt es nach wie vor einige Domänen, in denen der Mensch noch den Algorithmus schlägt.«

men Schwierigkeiten in natürlichen Systemen, die weniger gut zu simulieren sind, wie etwa im Straßenverkehr. So werden die ursprünglich sehr optimistischen Schätzungen, dass schon bald vollständig autonomes Fahren einsatzbereit sein wird, derzeit nach unten korrigiert.

- Die wohl beeindruckendste Fähigkeit von Menschen im Vergleich zu Algorithmen ist jedoch ihre Flexibilität. Im Bereich der Algorithmen hat man es eher mit Bereichsspezialisten

zu tun. AlphaGo kann nur Go spielen. Das wurde natürlich erkannt, und man entwickelte dann (wie etwa mit AlphaZero) Programme, die mehrere Spiele spielen können. Aber sie sind bei weitem keine Universalisten. Wir Menschen können Go spielen, dann zu Schach wechseln, dann eine Fahrkarte buchen und mit dem Fahrrad zum Bahnhof fahren. Dieses breite Fähigkeitspektrum, als Generalized Intelligence bezeichnet, ist ein wichtiger Faktor, der uns Menschen von Computern unterscheidet.

Wichtig für die Zukunft ist vor allem, dass wir Computer nicht als Gegner des Menschen betrachten, sondern als ein Werkzeug, das man für sich nutzbar machen kann. Einige Studien zeigen nämlich sehr deutlich, dass gerade durch ein geschicktes Zusammenspiel der Stärken von Computeralgorithmen und menschlicher Kognition die höchsten Leistungen erreicht werden, wie etwa in der Gesichtserkennung oder in der radiologischen Diagnostik.

Anzeige

Zurich Survey of Academics

Anfang 2020 startet der Zurich Survey of Academics eine groß angelegte Befragung unter Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen in Deutschland, Österreich und der Schweiz (DACH-Region).

Aktuelle Entwicklungen, wie beispielsweise die deutliche Zunahme von großen interdisziplinären Forschungsteams sowie das Erstarken der Open-Access-Bewegung und Forderungen nach mehr Transparenz in der Forschung, aber auch die Replikationskrise, stellen die moderne Wissenschaft vor neue Herausforderungen. Ziel der Befragung ist es, detaillierte Einblicke in den Arbeitsalltag von Forschenden der DACH-Region zu erhalten und herauszufinden, wie Forschende mit Konflikten und steigendem Publikationsdruck umgehen. Der thematische Fokus der Befragung liegt insbesondere auf (a) der Arbeits- bzw. Forschungssituation von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen, (b) Autorschaftsnormen bzw. Autorschaftspraktiken, (c) Publikations-

strategien, (d) dem so genannten Publication Bias, (e) der wissenschaftlichen Integrität sowie (e) Fragen der Wissenschaftskommunikation. Um ein möglichst umfassendes Bild zu erhalten, wird die Befragung um spannende Erhebungsmethoden, wie beispielsweise einem Impliziten Assoziationstest (IAT), ergänzt.

Die Einladungen zur Teilnahme an der Befragung werden zwischen Januar und April 2020 verschickt. Die Befragung dauert etwa 35 Minuten. Diese Befragungszeit ist notwendig, um alle relevanten Informationen erheben und die Aussagekraft der Ergebnisse sicherstellen zu können. Die Forschungsdaten werden ausschließlich zu Forschungszwecken verwendet und nur anonymisiert veröffentlicht.

Aktuelle Informationen zur Befragung finden sich auf Twitter (@SurveyAcademics). Bei Fragen zum Projekt kann das Forscherteam per E-Mail kontaktiert werden (wissenschaftsforschung@soziologie.uzh.ch).