

JAK SZTUCZNA INTELIGENCJA ZMIENI TWOJE ŻYCIE



Marek Tłuczek

NIE CZEKAJ! JUŻ DZIŚ POZNAJ TECHNOLOGIĘ PRZYSZŁOŚCI!

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz wydawca dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz wydawca nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Redaktor prowadzący: Małgorzata Kulik

Projekt okładki: Studio Gravite / Olsztyn

Obarek, Pokoński, Pazdrijowski, Zaprucki

Grafika na okładce została wykorzystana za zgodą Shutterstock.com

Helion S.A.

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel. 32 230 98 63

e-mail: helion@helion.pl

WWW: <https://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<https://helion.pl/user/opinie/jakszt>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

ISBN: 978-83-283-6833-0

Copyright © Helion S.A. 2023

Printed in Poland.

- [Kup książkę](#)
- [Poleć książkę](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)

Spis treści

| | |
|---|----|
| Wstęp | 5 |
| Rozdział 1. Czym jest sztuczna inteligencja? | 9 |
| Słów kilka o historii sztucznej inteligencji | 11 |
| Czy sztuczna inteligencja to faktycznie cyfrowa wersja ludzkiego mózgu? | 23 |
| Kiedy sztuczna inteligencja stanie się inteligentniejsza od człowieka i na jakim etapie jesteśmy? | 34 |
| 1. Scenariusz dalszego rozwoju obecnych metod sztucznej inteligencji | 35 |
| 2. Stworzenie nowych, przełomowych algorytmów, lepiej realizujących cel inteligentnego działania na wzór ludzkiego mózgu | 35 |
| 3. Stagnacja w badaniach i nadejście kolejnej zimy sztucznej inteligencji | 37 |
| Użyteczne zasoby | 45 |
| Biblioteki, narzędzia, platformy | 48 |
| Literatura | 49 |
| Rozdział 2. Niezwyciężona maszyna — czyli wielkie zwycięstwa sztucznej inteligencji w grach komputerowych | 51 |
| Od Kasparowa i Deep Blue, poprzez zwycięstwo nad chińskim mistrzem w Go, aż do StarCrafta i mistrzostw w Dota 2 | 51 |
| Użyteczne zasoby | 70 |
| Literatura | 71 |
| Rozdział 3. Sztuczna inteligencja potrafi widzieć — od niemożliwego do teraźniejszej oczywistości | 73 |
| Użyteczne zasoby | 97 |
| Literatura | 98 |

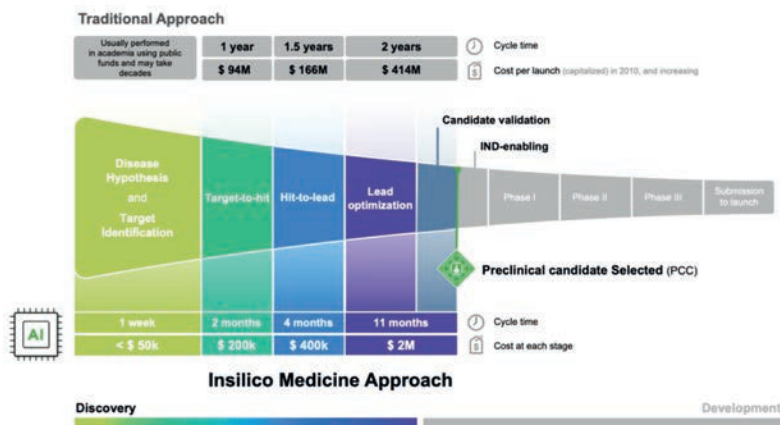
| | |
|---|-----|
| Rozdział 4. Sztuczna inteligencja potrafi rozumieć ludzką mowę — o przetwarzaniu języka pisanego i głosu | 99 |
| W jaki sposób sztuczna inteligencja rozumie ludzką mowę? | 100 |
| Czy sztuczna inteligencja potrafi mówić po ludzku? | 110 |
| Czy sztuczna inteligencja rozumie już muzykę? | 112 |
| Czy sztuczna inteligencja rozumie nasz język? | 114 |
| Użyteczne zasoby | 127 |
| Literatura | 128 |
| | |
| Rozdział 5. Medycyna wspomagana przez sztuczną inteligencję — czy lekarze będą nam potrzebni? | 129 |
| Czy sztuczna inteligencja sprawi, że lekarze będą lepsi? | 132 |
| Maszynowe wsparcie podejmowania decyzji czy automatyczny konsultant? | 138 |
| Czy jesteśmy zaprogramowanymi biomaszynami? | 144 |
| Dlaczego jeszcze nikt nie wymyślił leku na raka i inne śmiertelne choroby? | 148 |
| Czy splotowe sieci neuronowe widzą więcej niż radiolog? | 151 |
| Czy dałbyś się pociąć maszynie? | 156 |
| Literatura | 161 |
| | |
| Rozdział 6. Transport przyszłości — czyli pojazdy bez kierowców i paczki bez kurierów? | 163 |
| Kiedy nasze pojazdy będą w pełni autonomiczne? | 166 |
| Robotaksóweczka czeka... .. | 176 |
| TIR-y na tory, paczki na drony i łodówki na koła, czyli przyszłość logistyki | 179 |
| Autonomiczne pojazdy na polskich drogach i w polskiej przestrzeni powietrznej — prawda czy science fiction? | 187 |
| Kiedy autonomiczne pojazdy będą jeździły po naszych drogach? | 190 |
| Użyteczne zasoby | 192 |
| Literatura | 193 |
| | |
| Rozdział 7. Zagrożenia sztucznej inteligencji | 195 |
| Zabójcze roboty, roje autonomicznych dronów i bezałogowe maszyny bez moralności i sumienia | 196 |
| Cyberwojna — zagrożenie realne czy wirtualne? | 214 |
| Bezrobotni słudzy maszyn czy królowie życia bez pracy? | 222 |
| Literatura | 229 |
| | |
| Podsumowanie | 230 |
| Podziękowania | 232 |

Dlaczego jeszcze nikt nie wymyślił leku na raka i inne śmiertelne choroby?

Od wielu lat słyszymy w wiadomościach, że nastąpił przełom i już prawie mamy lekarstwo na raka. Niektórzy myślą, że to spiszek koncernów, bo dlaczego miałyby leczyć tych, na których zarabiają najwięcej. Gdyby tak było, to pewnie giganci farmaceutyczni nie inwestowaliby miliardów dolarów w najnowsze technologie prowadzące do tego celu. W ostatnich 50 latach nauka odkryła leki na choroby, które wcześniej oznaczały wyrok śmierci lub wieloletniego życia w bólu.

Wciąż istnieją dziesiątki tysięcy chorób bez lekarstwa. Proces odkrywania leku i wprowadzenia go na rynek trwa przynajmniej 10 lat, a jego koszt zwykle przekracza 2 miliardy dolarów. Mimo wszystko z każdym rokiem liczba zatwierdzonych leków rośnie. Aby przyspieszyć ten żmudny i kosztowny proces, postanowiono również do tego celu wykorzystać osiągnięcia w dziedzinie sztucznej inteligencji. Jednym z najbardziej obiecujących pionierów w tym obszarze jest firma Insilico Medicine. Zastosowała ona m.in. głębokie sieci neuronowe GAN (opisane w rozdziale 3., o rozpoznawaniu obrazów) i udało jej się przynajmniej 10-krotnie zmniejszyć koszty, a przede wszystkim skrócić czas potrzebny na przygotowanie leku do wstępnych badań klinicznych do 18 miesięcy! Porównanie tradycyjnego procesu z optymalizacją w wyniku zastosowania AI jest pokazane na rysunku 5.13.

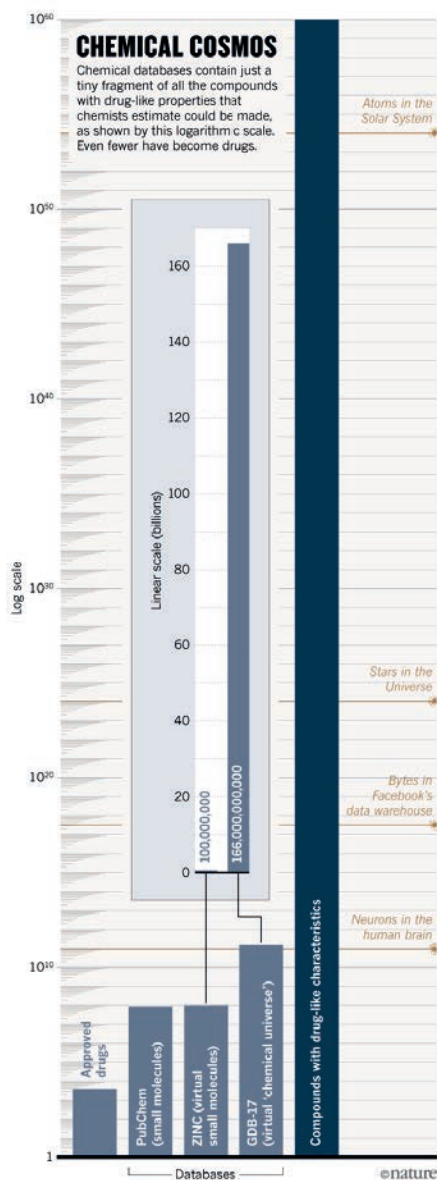
Proces odkrywania nowego leku zaczyna się od wykrycia tzw. **celu** (ang. *target*), którym zwykle jest białko działające w nieprawidłowy sposób. Może to być spowodowane jego złym kształtem lub składem chemicznym. Nawet drobne zmiany mogą wywołać poważne konsekwencje. Następnie odbywa się walidacja zidentyfikowanego celu, która ma zadanie potwierdzić powiązanie z określoną chorobą.



Rysunek 5.13. Proces odkrywania leku w firmie Insilico Medicine [26]

W kolejnym etapie w końcu szuka się faktycznego lekarstwa. Pewnie słyszałeś już, drogi Czytelniku, że jest więcej gwiazd na niebie niż ziarenek piasku na ziemi. Tę galaktyczną skalę można zastosować też do małych cząsteczek. Istnieje około 10^{60} związków chemicznych, które mogą mieć zastosowanie lecznicze. Jest to liczba większa niż liczba atomów w układzie słonecznym. Zobrazowano to na rysunku 5.14, w którym zastosowano skalę logarytmiczną do ukazania skali (w przeciwnym razie rysunek nie zmieściłby się na jednej stronie). Dla porównania pokazano też rozmiar dostępnych komputerowych baz danych znanych związków chemicznych. Największa z nich to GFB-17, która zawiera wszystkie dostępne kombinacje związków złożonych z maksymalnie 17 atomów [23]. W celu odnalezienia nowego leku bada się sposoby oddziaływania nawet milionów związków chemicznych na źle działające białka. Wybiera się najpierw tzw. kandydatów z akceptowalną aktywnością, których określa się mianem **trafień** (ang. *hits*). Ostatecznie pozostaje tylko mała liczba docelowych związków, które nazywa się **tropem** (ang. *lead*). W końcu następuje najdłuższy proces, dotyczący optymalizacji takich końcowych kandydatów pod kątem stabilności i bezpieczeństwa czy też wyeliminowania ryzyka toksyczności. Po przejściu tych wszystkich faz następuje ostateczna walidacja kandydatów poprzez wstępne badania kliniczne na tkankach ludzkich oraz na zwierzętach.

Ten cały proces został skutecznie skrócony przez Insilico Medicine do 18 miesięcy na przykładzie nowego leku na idiopatyczne włóknienie płuc. Po tej fazie badawczej rozpoczyna się już faktyczne wdrożenie — rozpoczyna się realizację poszczególnych etapów badań klinicznych na ludziach. Jest to świetna wiadomość



Rysunek 5.14. Chemiczny kosmos — liczba możliwych związków chemicznych [23]

w kontekście astronomicznych cen leków na rzadkie choroby. Nie tylko będziemy obserwowali szybsze powstawanie nowych lekarstw na kolejne ciężkie schorzenia, ale też jest duża nadzieja, że w końcu ich ceny staną się przystępne dla zwykłych obywateli, a przynajmniej na tyle niskie, że będzie można je refundować. Jeśli chodzi o szczegóły zastosowanych metod sztucznej inteligencji, to firma na etapie identyfikowania celów stosowała różne metody NLP (przetwarzania języka naturalnego) do przeszukiwania zarówno patentów, publikacji, badań klinicznych, jak i różnego rodzaju danych genetycznych. W procesie poszukiwania leków zastosowano wiele generacji sieci GAN, czyli wszelkich modeli generatywnych. Ostatecznie opracowano zaawansowaną metodę nazywaną GENTRL, łączącą uczenie ze wzmocnieniem z głębokimi sieciami generatywnymi. Właśnie dzięki tej ostatniej iteracji badań osiągnięto przyspieszenie procesu odkrywania **tropów** (ang. *leads*) z lat **nawet do 46 dni** (<https://insilico.com/blog/pcc>). Szczegóły są zawarte w publikacji naukowej [24] oraz w repozytorium GitHub, w którym autorzy udostępnili publicznie kod źródłowy do dalszych badań nad tymi rozwiązaniami [25]. Oczywiście Insilico Medicine to niejedyna firma zajmująca się zastosowaniem sztucznej inteligencji do rozwiązania problemu opracowywania nowych leków.

Powstało już przynajmniej 100 startupów zajmujących się tego typu badaniami, w tym takie, w które koncerny farmaceutyczne zainwestowały miliony dolarów.

Proces odkrywania nowego leku rozpoczyna się, jak już wspomniałem, od wykrycia źle działającego białka. Istotne jest tu zrozumienie, jak takie białko funkcjonuje. Jest to zdeterminowane jego trójwymiarową strukturą, która powstaje z łańcucha aminokwasów w wyniku złożonych interakcji pomiędzy nimi. Proteiny w rezultacie składają się w niezwykle złożony sposób w zwięzłą, optymalną dla nich formę, która następnie może działać jako część tej wspaniałej nanomaszyny sterującej życiem. Proces ten, mimo że dzieje się w ułamkach sekundy (kilka mikrosekund), jest niebywale skomplikowany, bo istnieje ok. 10^{300} możliwych do uzyskania konfiguracji złożenia takiego białka. Oczywiście jest to zależne od jego wielkości. W latach 50. XX wieku postawiono hipotezę, że sekwencja aminokwasów przed złożeniem w pełni determinuje ostateczny kształt 3D białka po jego złożeniu. Stąd próbowano opracować przeróżne metody i algorytmy, w tym oparte na sztucznej inteligencji, które miały za zadanie przewidzenie tego. Pod koniec roku 2020 nastąpił gigantyczny przełom w tej dziedzinie, ponieważ firma DeepMind stworzyła system AlphaFold 2, który osiągnął rekordowy wynik skuteczności 87 GDT (miara skuteczności 0 – 100) w słynnym konkursie CASP dotyczącym przewidywania struktury białek. Dla porównania — 2 lata wcześniej najlepszy wynik wyniósł poniżej 60, a 90 GDT oznacza poziom reprezentowany przez dotychczas stosowane drogie metody eksperymentalne oparte na długotrwałych (często wieloletnich) badaniach z użyciem bardzo drogich technologii, takich jak rentgenografia strukturalna czy mikroskopia krioelektronowa. Algorytm oczywiście jest oparty na głębokim ucze-

niu i został nauczony na podstawie sekwencji i struktury ok. 100 tysięcy różnych znanych nam protein. Niestety nie jest jeszcze dostępna publikacja naukowa opisująca szczegóły działania metody. W każdym razie czas oraz koszt działania systemu opartego na takiej technologii jest nieporównywalny do obecnych metod i może spowodować rewolucję w wynajdywaniu nowych leków. Polecam obejrzenie filmu DeepMind opowiadającego o AlphaFold i ostatnim sukcesie firmy (prowadzi do niego kod QR umieszczony w ramce).

Film DeepMind o AlphaFold



<https://www.youtube.com/watch?v=gg7WjuFs8F4>

Naukowiec z DeepMind twierdzi, że został rozwiązany jeden z największych problemów biologii ostatnich 50 lat. W związku z tym wierzą, że nowe osiągnięcie nie tylko pozwoli na szybkie i tańsze wynajdywanie nowych leków, ale też pomoże opracować białka i enzymy, które będą w stanie usuwać odpady przemysłowe i plastikowe czy też wydajnie pochłaniać węgiel z atmosfery [27].

Możliwe więc, że wkrótce sztuczna inteligencja wyleczy ludzkość z najgorszych chorób i wszyscy będziemy żyli do późnej starości. No właśnie, a jakby starość potraktować jako chorobę i leczyć człowieka tak, aby zredukować negatywny wpływ czynników napędzających procesy starzenia? Może gdyby tak udało się znaleźć geny odpowiedzialne za pogarszanie się stanu poszczególnych narządów, to można by było wyleczyć starość. Właśnie do takich wniosków doszła firma Deep Longevity, która na podstawie nie tylko badań genetycznych, ale też zdjęć, badań krwi, badań obrazowych i innych badań, co dokładnie wpływa na proces starzenia (tworzy zbiór specyficznych biomarkerów) i jak można to poprawić nie tylko przez zmianę stylu życia czy nawyków żywieniowych, ale też zapewne, w przyszłości, wręcz produkowanie spersonalizowanych leków na starzenie. Może to nawet nie jest kwestia tego, żebyśmy mogli żyć jak najdłużej, ale przede wszystkim tego, żeby polepszyć jakość tego życia. Jeśli sztuczna inteligencja ma wpłynąć na nasze życie, to chyba każdy się ze mną zgodzi, że ten sposób byłby najlepszy.

Czy splotowe sieci neuronowe widzą więcej niż radiolog?

Na wstępie napiszę, że niezależnie od tego, czy widzą więcej czy mniej, radiolog może przeanalizować dziennie ok. 50 – 100 zdjęć/badań, a komputer — setki milionów. Koszt 24 godzin pracy takiej maszyny szacuje się na mniej więcej tysiąc dolarów (czyli 30 tysięcy dolarów miesięcznie). Dla porównania — pensja radiologa w Niemczech to ok. 10 tysięcy euro miesięcznie. Żeby więc uzyskać porównywalną wydajność, taki specjalista pewnie musiałby analizować 2,5 miliarda zdjęć miesięcznie, i to na poziomie równym swojej maksymalnej wydajności. Czy muszę jeszcze dodać, że maszyna się nie męczy i może pracować non stop? Jeśli

więc skuteczność algorytmów głębokiego uczenia stosowanych do analizy tego typu danych obrazowych jest już na poziomie przeciętnego radiologa, to pozostaje zakończyć ten podrozdział i życzyć obecnym radiologom powodzenia w poszukiwaniu nowej pracy, a następnie przejść do dalszej części książki...

Ale hola, hola, nie tak szybko! Wiem, że radiolodzy zarabiają więcej od dobrego informatyka, ale nie skazujmy ich tak szybko na pożarcie przez maszynę. Mimo wszystko oceńmy, czy faktycznie sieci neuronowe widzą więcej niż radiolog, a przynajmniej tyle samo. Błędy diagnostyczne radiologów dotyczą 3 – 5% przypadków wszystkich przeprowadzonych badań obrazowych. Odpowiada to mniej więcej 40 milionom błędów rocznie [28]. Zdarza im się zarówno nie wykryć pewnych zmian nowotworowych, jak i niestety wykryć je tam, gdzie ich nie ma, i tym samym skazać pacjenta na jakże skuteczną metodę walki z rakiem — spal, otruj i wytnij! O ile piękniejszy byłby świat, w którym algorytm powiedziałby takiemu specjalście: „Hej, mistrzu drogi, a ja widziałem tysiąc podobnych zdjęć przypadków, gdy raka jednak nie było, może byś jednak przespał się z tym i przemyślał swoją diagnozę?”.

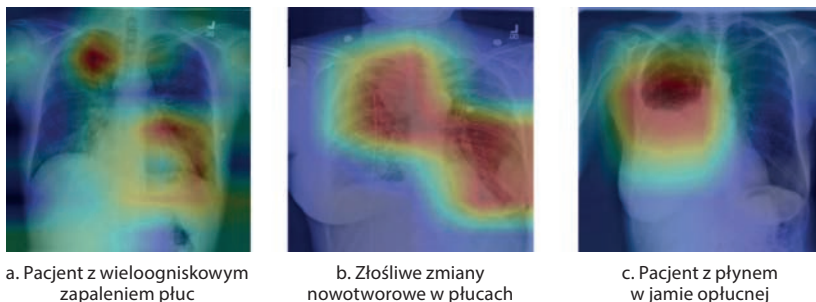
Andrew Ng, jeden z pionierów sztucznej inteligencji z Uniwersytetu Stanforda, stał na czele zespołu, który stworzył CheXNet — algorytm do automatycznej klasyfikacji chorób płuc na podstawie setek tysięcy opisanych (etykietowanych) zdjęć RTG [29]. Model sieci neuronowej składał się, co ciekawe, z aż 121 warstw — co jest pewnie możliwe tylko w przypadku tak dużego zbioru danych uczących. Zespół udowodnił, że program osiągnął lepszą skuteczność od 12 radiologów, przynajmniej w rozpoznaniu zapalenia płuc. Oczywiście obecnie świetnie sobie też radzi w klasyfikowaniu COVID-19. Program nie tylko klasyfikuje choroby, ale też wskazuje, które części obrazu wskazywały na taką, a nie inną diagnozę (rysunek 5.15). Dzięki możliwościom użytych w tym celu splotowych sieci neuronowych nikt już nie zakwestionuje, że taki model to czarna skrzynka dająca odpowiedzi, które nie są w żaden sposób uzasadnione. Radiolog może dzięki temu zweryfikować swoją

diagnozę (postawioną przed sprawdzeniem wyników analiz sztucznej inteligencji) lub też najpierw zobaczyć, co sugeruje algorytm, a później, mając odpowiednie wskazówki, wykonać własną analizę obrazu. Andrew Ng w filmie, do którego prowadzi kod QR w ramce, opowiada o 4 miliardach ludzi (według informacji z WHO), czyli $\frac{2}{3}$ populacji całego świata, którzy nie mają dostępu do odpowiedniej opieki radiologicznej. Tak że skoro panuje ogólnoswiatowy deficyt radiologów, to nie tyle jest to problem utraty przez nich pracy, ile zastąpienia ich tam, gdzie ich nie ma.

Andrew Ng z Uniwersytetu Stanforda opowiada o opracowanym algorytmie CheXNet



<https://www.youtube.com/watch?v=VJRCj-4E2iU&t=5s>



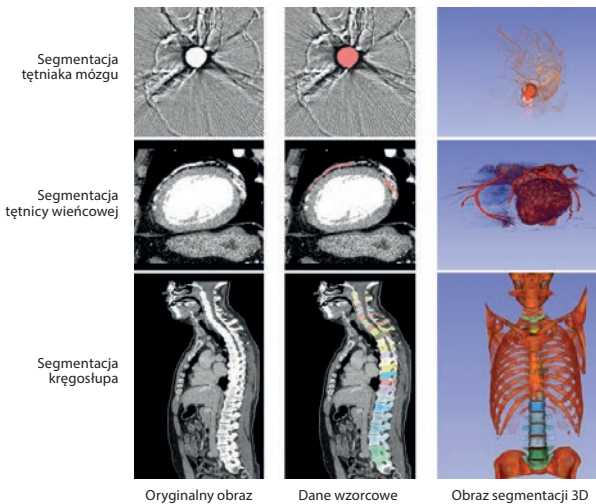
Rysunek 5.15. CheXNet — algorytm do automatycznej klasyfikacji chorób płuc [29]

Innym przykładem jest opisana w rozdziale o rozpoznawaniu obrazów metoda klasyfikacji nowotworowych zmian na skórze. Tam też autorzy udowodnili przewagę maszyn nad specjalistami. Kolejny przykład to detekcja raka piersi — również udowodniono, że działa przynajmniej tak dobrze jak klasyfikacja dokonana przez lekarzy (<https://arxiv.org/pdf/1903.08297v1.pdf>). Wynika więc z tych analiz, że algorytmy nie tylko są nieporównywalnie szybsze od specjalistów, ale też przynajmniej tak samo dokładne, a przy tym nie męczą się pracą. Ale czy tak od razu mogą pełnić funkcję radiologów? Oczywiście, że nie, przynajmniej nie od razu. Wystarczy popatrzeć na przypadek autonomicznych pojazdów. Czy ktokolwiek sobie wyobraża, że tak po prostu producenci pojazdów wytną kierownicę z aut i pozwolą im samym jeździć? Na pewno nie w najbliższej przyszłości! Nawet gdyby chcieli, to nie będzie to szybko możliwe ze względów prawnych. Podobnie będzie w diagnozowaniu ważnych chorób — nikt nie pozwoli na to, żeby proces decyzyjny odbywał się bez udziału człowieka. Jednak tacy wybitni profesorzy jak guru sztucznej inteligencji Geoffrey Hinton twierdzą, że nie ma już sensu szkolić radiologów, bo nie mają szans z algorytmami. Podejrzewam, że miał na myśli pewną dalszą przyszłość albo samą nazwę specjalizacji, bo z pewnością można wziąć pod uwagę sytuację, w której nowocześni lekarze będą uczeni w tym zakresie, a sam zawód radiologa zniknie. Szczególnie w kontekście wyręczania lekarzy w wielu aspektach ich przyszłej pracy przez inne algorytmy sztucznej inteligencji. Ostatnio rozmawiałem z pulmonologiem z Warszawy, który twierdził, że lekarze przecież sami umieją coraz lepiej interpretować zdjęcia medyczne. Myślę, że wynika to też z cyfryzacji przepływu materiałów obrazowych i łatwiejszego dostępu do nich.

Nie zapominajmy jednak, że zawód radiologa nie polega jedynie na patrzeniu na zdjęcia i klasyfikowaniu chorób na ich podstawie. Niezwykle ważne jest również opisywanie wykrytych cech/zmian na zdjęciu, dokładne ich obrysowywanie, lokalizowania i mierzenie. Zajmuje to bardzo dużo czasu. Automatyzacja tego zadania przez komputer niezwykle ułatwiłaby tę część pracy. Oczywiście też nie jest to takie proste, że algorytm oznaczy zmianę nowotworową i na tej podstawie zlokalizowana zostanie radioterapia, bo w takich przypadkach nie ma mowy o choćby najmniejszych błędach.

To pokazuje, jak ważne jest stuprocentowe zaufanie do człowieka, którym szybko nie będzie mogła być obdarzona maszyna. Ale już przekazanie weryfikacji i ewentualnej korekty pracy algorytmu sztucznej inteligencji specjaliście onkologowi może być jak najbardziej zasadne.

Wcześniej omówiłem kilka przykładów klasyfikacji chorób z danych obrazowych, ale warto też wspomnieć o tzw. problemie segmentacji, opisywanym już w rozdziale o rozpoznawaniu obrazów. Dla przypomnienia, jest to zadanie polegające na przypisaniu klasy nie całemu obrazowi, ale każdemu pikselowi obrazu z osobna. Każdej z klas odpowiada inny kolor, więc dzięki temu możemy też obserwować wynik takiej operacji w praktyce. Problem ten jest wykorzystywany w wielu rodzajach badań (USG, RTG, rezonans, tomografia) oraz w różnych dziedzinach, w ramach których diagnozowane są schorzenia. Stworzono również specjalistyczne konkursy porównujące takie metody w odniesieniu do różnego typu problemów. Przykłady zastosowań algorytmów segmentacji do zdjęć z tomografii komputerowej są pokazane na rysunku 5.16 [30]. Przedstawiają one kolejno problemy segmentacji tętniaka mózgu, tętnic wieńcowych oraz poszczególnych kręgów kręgosłupa. Po złożeniu wielu przekrojów tomografii można nawet skonstruować modele 3D, które ułatwiają wi-



Rysunek 5.16. Wykorzystanie algorytmów segmentacji do przetwarzania zdjęć z tomografii komputerowej [30]

zualizację danego schorzenia. Do rozwiązania problemu segmentacji stosuje się podobne metody jak w niemedycznych zastosowaniach metod rozpoznawania obrazów. W medycynie szczególnie popularne są głębokie sieci neuronowe typu U-Net oraz ich odmiany, które to pozwalają na skuteczne uczenie nawet przy małych ilościach danych uczących, a jest to często poważny problem w tego typu zastosowaniach.

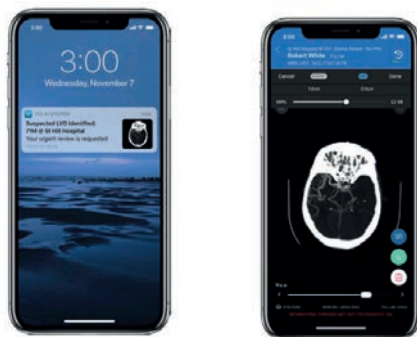
Wracając do wątku przekazywania czynności radiologa innemu lekarzowi wspieranemu metodami AI, podam jeszcze przykład analogiczny, który już zaczyna się stosować. Nie dotyczy on co prawda pracy radiologa, niemniej wciąż odnosi się do analizy obrazu, która jest dokonywana przez okulistę z użyciem oftalmoskopu, czyli przyrządu do badania dna oka. Oczywiście w tym przypadku jest to cyfrowa wersja

tego urządzenia, która przesyła zarejestrowany obraz wprost do przeanalizowania przez algorytm rozpoznawania obrazu. Algorytm potrafi automatycznie wykryć różne choroby oczu (np. retinopatię cukrzycową czy retinopatię wcześniaków), więc dzięki jego użyciu przez lekarza pierwszego kontaktu czy też neonatologa można uzyskać wstępną diagnozę bez konieczności konsultacji ze specjalistą. Wprawdzie w tym przypadku algorytm nie zastąpi okulisty, ale pozwoli wykryć choroby, które zwykle byłyby zdiagnozowane zbyt późno. Sztuczna inteligencja na pewno więc umożliwia wykonanie działań radiologa czy specjalisty przez innego lekarza. Może jeszcze go nie zastępuje, ale nie jest wykluczone, że kiedyś inni lekarze przejmą w podobny sposób minimalne kompetencje radiologów, które w połączeniu z techniką mogą okazać się wystarczające do zastąpienia tej specjalności.

W najbliższej przyszłości jednak najczęstszym scenariuszem będzie wspomaganie decyzji radiologów algorytmami sztucznej inteligencji. Wykorzystamy więc po prostu to, w czym komputer jest od nas lepszy — umiejętność automatycznej analizy setek tysięcy zdjęć i szybkość przetwarzania. Naprowadzenie lekarzy na potencjalny problem przez zaznaczenie charakterystycznych punktów czy też automatyzacja pracochłonnych zadań, takich jak różne pomiary, z pewnością będą oznaczały wielki przeskok, który pozwoli na znaczny wzrost wydajności radiologów. Dzięki rosnącej skuteczności algorytmów lekarze nie musieliby też zlecać tak dużej liczby niepotrzebnych badań, co nie tylko chroniłoby pacjentów przed niepotrzebnym promieniowaniem, ale także zapewniłoby spore oszczędności w służbie zdrowia tam, gdzie obecnie trzeba korzystać z drogich urządzeń. Ciekawym przykładem jest też aplikacja Viz.ai, która pozwala na automatyczne wykrywanie udarów. Jest to o tyle kluczowy proces, że o stopniu uszkodzenia mózgu pacjenta decydują minuty. Aplikacja więc nie tylko wykrywa udar, ale też szybko powiadamia o tym neurologa i radiologa — wysyła im zdjęcia do analizy i alarmuje o potencjalnej detekcji ewentualnego stanu zagrożenia życia, który może wymagać natychmiastowej operacji. Polecam zapoznanie się z filmem o tym rozwiązaniu (rysunek 5.17), do którego prowadzi kod QR zamieszczony w ramce. Tego typu zastosowań jest oczywiście znacznie więcej i z pewnością są bezcenne w miejscach, w których jest deficyt lekarzy specjalistów.



<https://www.youtube.com/watch?v=jpewc52m4tg>



Rysunek 5.17. Film obrazujący działanie aplikacji Viz.ai [31]

Zatem nawet jeśli możliwości sztucznej inteligencji zdecydowanie przerosną umiejętności człowieka, to nieprędko radiolodzy zostaną zastąpieni przez maszyny. Możemy oczekiwać wieloletniego okresu współpracy maszyn ze specjalistami. Tak że zapewne nic nie zagrozi etatom specjalistów, chyba że nie zdołają się odnaleźć w świecie nowych technologii. Tacy pewnie faktycznie będą mieli problemy z przystosowaniem się. Reasumując, biada tym, którzy nie będą umieli współpracować ze sztuczną inteligencją!

Czy dałbyś się pociąć maszynie?

Ciekawa publikacja z 2017 roku, przygotowana m.in. przez badaczy z Oxfordu oraz Yale, wykazała, że eksperci od sztucznej inteligencji (352 naukowców publikujących artykuły na najbardziej prestiżowych konferencjach AI) przewidują w pełni zautomatyzowaną chirurgię już w roku 2053. Pytanie tylko, czy mimo niebywałej precyzji zaufamy maszynom aż do tego stopnia. Obecnie robotyka to dziedzina, w której perspektywa dorównania ludzkim umiejętnościom jest najbardziej odległa. Mimo wszystko maszyny wykonujące pewne wąskie zadania (np. na linii produkcyjnej) są bezkonkurencyjne pod względem nie tylko precyzji, ale przede wszystkim powtarzalności.

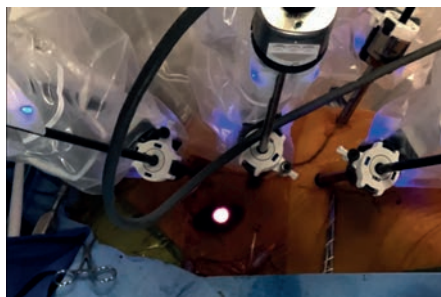
W chirurgii stosuje się już od wielu lat roboty da Vinci (rysunek 5.18), które służą jako asystenci, wspomagając swoją precyzją, zakresem ruchu większym, niż ma ludzki nadgarstek, i oczywiście większą liczbą rąk (a raczej ramion robota). Na całym świecie jest około 5 tysięcy takich robotów, które już wykonały zapewne ponad milion operacji. Rzecz jasna nie są one jeszcze autonomiczne, ale sterowane przez chirurga. Niemniej jednak ich pomoc w precyzyjnych operacjach jest bezcenna.



Rysunek 5.18. Roboty chirurgiczne da Vinci [32]

Jednym z pierwszych kroków prowadzących do zrobotyzowania chirurgii było zastosowanie metody cholecystektomii laparoskopowej, czyli wycięcia woreczka żółciowego przez lekkie nacięcie w okolicy pępka, wprowadzenie laparoskopu, który pokazuje obraz z wnętrza brzucha, oraz narzędzia chirurgicznego służącego

do wykonania faktycznego zabiegu. Początkowo było to wykonywane ręcznie, a teraz jest możliwe również z wykorzystaniem robotów da Vinci oraz innych podobnych systemów. Lekarz siedzi wtedy wygodnie na fotelu, obserwując obraz 3D z wnętrza brzucha, i niczym w grze komputerowej przeprowadza operację specjalnie zaprojektowanymi do tego celu kontrolerami. Systemy umożliwiają nawet 10-krotne powiększenie i swobodę ruchu w różnych płaszczyznach (siedem stopni swobody, podczas gdy nasze dłonie mają tylko trzy) i w dowolnym zakresie. Obecnie za pomocą takich metod przeprowadzane są też operacje mitralnej zastawki serca. Zamiast więc przecinać mostek klatki piersiowej i operować na otwartym sercu, można wykonać kilka nacięć między/pod żebrami i wprowadzić tam narzędzia oraz przyrządy optyczne za pośrednictwem ramion robota (rysunek 5.19). Osobom o mocnych nerwach polecam film z prezentacją takiej operacji (prowadzi do niego kod QR umieszczony w ramce).



Rysunek 5.19. Zabieg cholecystektomii laparoskopowej wykonany przez chirurga z wykorzystaniem robota [33]

Oczywiście daleko takim robotom do autonomiczności, ale jest to pewien krok w całym procesie rozwoju technologii. Najpierw była laparoscopia z zabiegami wykonywanymi manualnie, a później do tego dodano narzędzia z niezwykłą precyzją sterowane przez chirurga. Następnie możemy się spodziewać wykonywania takich operacji zdalnie, tam gdzie brak jest odpowiednio wyszkolonych chirurgów lub mieliby oni problem z dotarciem na miejsce (np. operacji na żołnierzach w strefie wojny). Ostatecznie dojdzie (jak przewidują eksperci AI — w 2053 roku) do pierwszych operacji w całości wykonanych przez maszynę. W 2017 roku w Chinach przeprowadzono już automatyczne wszczepienie implantu przez robota (przedstawia je film, do którego prowadzi kod QR w ramce). Nie wiadomo więc, czego możemy się spodziewać w przyszłości. Były pewne próby stworzenia autonomicznego robota na wzór da Vinci, ale nie wygląda na to, żeby mimo szumnych zapowiedzi zakończyły się sukcesem. Mam nadzieję, że za 30 lat napiszę o nich w jednym z dalszych wydań tej książki.

We wstępie rozdziału nawiązałem również do maszyny automatycznie (a nawet autonomicznie) wykrywającej, klasyfikującej i wybierającej żyłę oraz wstrzykującej

Zabieg cholecystektomii laparoskopowej wykonany z wykorzystaniem robota



<https://www.youtube.com/watch?v=lpRVGYOSBoo>

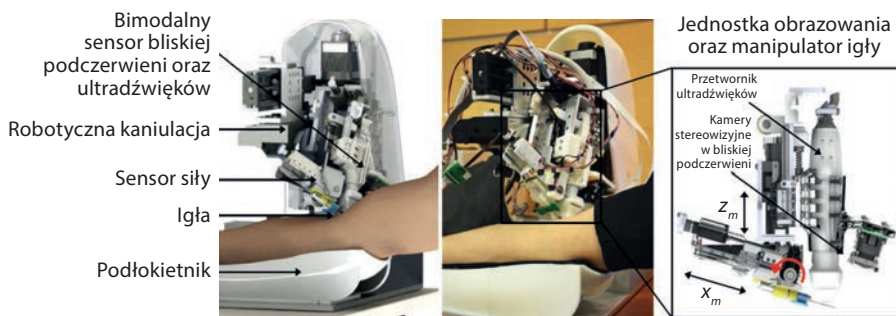
Automatyczne wszczepienie implantu zęba przez robota w Chinach



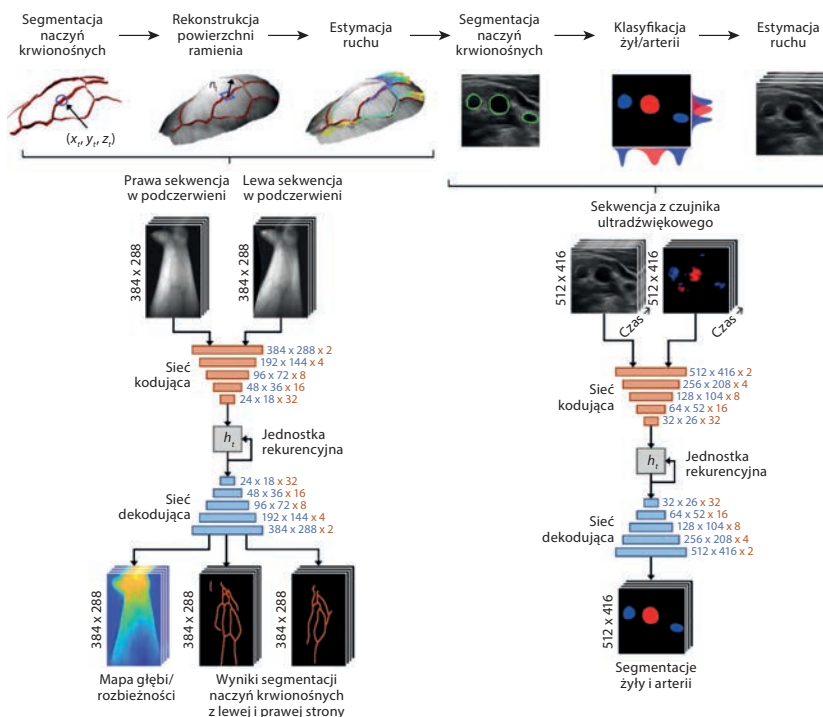
<https://www.youtube.com/watch?v=DcKFLYPBLI8>

w nią igłę lub wenflon (rysunek 5.20). System czujników opartych na kamerach 3D działających w bliskiej podczerwieni oraz czujnikach ultradźwiękowych identyfikuje żyły oraz wykrywa wszelkie minimalne ruchy ręki, aby optymalnie wykonać procedurę tzw. cewnikowania żyły lub wbicia igły, żeby np. pobrać krew lub wstrzyknąć lek. W tym celu wykorzystywane są metody segmentacji z użyciem głębokiego uczenia opartego na splotowych enkodujących i dekodujących sieciach neuronowych. Dodatkowo wyposażone są one w mechanizm rekurencyjny umożliwiający modelowanie sygnału w czasie. Procedura działania tych algorytmów jest pokazana na rysunku 5.21. Najpierw przeprowadzana jest segmentacja żył za pomocą sekwencji stereowizyjnych obrazów (3D) przedramienia pobranych z kamer w bliskiej podczerwieni. Na podstawie pary takich zdjęć wykonywana jest segmentacja żył oraz następuje odwzorowanie ich struktury na ręce, a także estymowane są ruchy pacjenta w trakcie tej procedury w celu ewentualnej kompensacji pozycji wbijanej strzykawki czy też wenflonu. W kolejnym etapie stosowany jest podobny model sieci neuronowej, ale z użyciem pary obrazów z różnych trybów pracy czujnika ultradźwiękowego (w szczególności, na wzór ultrasonografii dupleksowej, na wejście sieci przesyłane są pary obrazów w trybie B oraz trybie kolorowego dopplera). Oczywiście cały system jest znacznie bardziej skomplikowany, niż to opisałem, ale chciałem przedstawić, jakie możliwości stwarza obecny stan wiedzy z dziedziny sztucznej inteligencji, a zwłaszcza zastosowania technik rozpoznawania obrazów z zastosowaniem głębokiego uczenia. Artykuł naukowy na ten temat został opublikowany w 2020 roku w prestiżowym magazynie „Nature” [34].

Napisałem już o operacjach na sercu, woreczkach żółciowych i autonomicznym pobieraniu krwi. Chyba już tylko brakuje nam czegoś oszałamiającego na koniec rozdziału. Przejdźmy zatem do operacji na mózgu. W tym celu odwiedzimy Elona Muska i jego firmę Neuralink, która ma na celu stworzenie interfejsu komputera z mózgiem człowieka. Elon zdradził, że mógłby to być ratunek dla ludzkości w przypadku, gdyby sztuczna inteligencja przekroczyła w którymś momencie możliwości człowieka. Były różne próby takich instalacji — mniej lub bardziej inwazyjne. Niestety te mniej inwazyjne (np. czepki w stylu EEG) dostarczają tylko powierz-



Rysunek 5.20. Maszyna wykonująca automatyczne iniekcje [34]



Rysunek 5.21. Algorytm działania urządzenia do automatycznych iniekcji [34]

chownych sygnałów, a firmie Neuralink zależało na jak najbardziej dokładnych danych. W tym celu konieczne było więc wprowadzenie ultracienkich elektrod (4 – 6 mikrometrów) pomiędzy synapsy neuronów. W dotychczasowych rozwiązaniach już tak robiono, ale elektrody były o wiele grubsze i nie tylko można było ich wprowadzić znacznie mniej (w Neuralinku jest ponad 3 tysiące takich elektrod), ale też zdarzały się krwotoki w mózgu, już nie wspominając o tym, że pacjent musiał być podłączony do komputera kablami z dosłownie wystającym z głowy dużym gniazdkiem. Elektrody Neuralinka są o wiele cieńsze od ludzkiego włosa i nie jest możliwe ich zaimplantowanie bez pomocy specjalnie skonstruowanego do tego celu robota chirurgicznego. (Jego obecna wersja jest pokazana na rysunku 5.22). Kolejną innowacją jest sam chip implantowany na zewnątrz czaszki — tzw. link. Nie tylko umożliwia bezprzewodową komunikację z aplikacją w telefonie, ale jest takich rozmiarów



Rysunek 5.22. Robot chirurgiczny Neuralink do implantacji elektrod w korę mózgową [35]



Rysunek 5.23. Link — chip Neuralink implantowany na zewnątrz czaszki [36]

(ok. 2 centymetry średnicy), że nawet go nie widać z zewnątrz (rysunek 5.23). Działanie systemu zostało ostatnio zaprojektowane w testach na małpie, która gra w *Pong* z użyciem wyłącznie swojego mózgu — i to oczywiście bez żadnych przewodów wychodzących z głowy (rysunek 5.24). Zachęcam do obejrzenia filmu

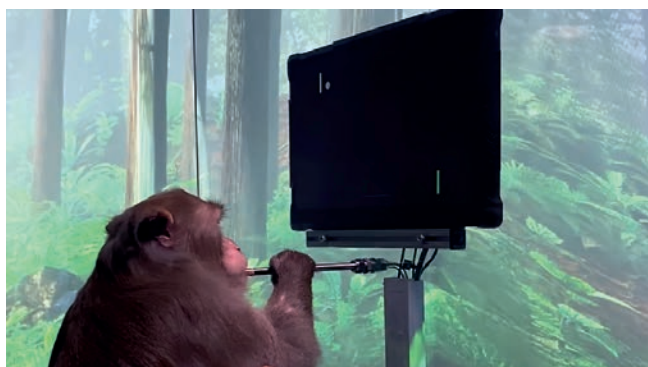
prezentującego ten niezwykle eksperyment (prowadzący do niego kod QR umieszczony jest w ramce). W zeszłym roku firma otrzymała certyfikat FDA, który umożliwi jej przeprowadzenie ograniczonych testów na ludziach. Elon Musk zresztą obiecuje takie testy od lat, ale najwidoczniej wkrótce to rzeczywiście może nastąpić. Najpierw były szczury, później świnki, a teraz jest już małpa. Pierwszym zastosowaniem ma być pomoc pacjentom z chorobą Parkinsona. Czy zobaczymy wkrótce ludzi, którzy faktycznie zostaną

połączeni z maszyną i dzięki temu posiadą nadludzką wiedzę? Tego jeszcze nie wiemy, ale inne wynalazki Elona Muska dobrze sobie radzą. Myślę, że to dobry moment, żeby przejechać się jego autonomiczną teslą. Przejdźmy zatem do następnego rozdziału...

Małpa Pager testuje
Neuralink



<https://www.youtube.com/watch?v=rsCul1sp4hQ>



Rysunek 5.24. Małpa Pager testuje Neuralink [37]

PROGRAM PARTNERSKI

— GRUPY HELION —

- 
1. ZAREJESTRUJ SIĘ
 2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
 3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA
Helion

Nie czekaj! Już dziś poznaj technologię przyszłości!

Sztuczna inteligencja staje się powoli nieodzownym składnikiem naszego życia. Przeszła długą drogę od modnego hasła pojawiającego się głównie w specjalistycznych publikacjach do technologii mającej realny wpływ na naszą codzienność. Z każdym dniem lepiej radzi sobie z coraz bardziej zaawansowanymi zadaniami, już nie tylko wygrywa mecze z arcymistrzami szachowymi, lecz również analizuje ogromne zbiory danych, tłumaczy teksty, prowadzi samochody, rozpoznaje ludzką mowę, przetwarza obrazy, a nawet komponuje muzykę i tworzy dzieła malarskie.

Aby dogłębnie poznać szczegóły techniczne stojące za AI, trzeba dysponować pewną wiedzą informatyczną i sprawnie posługiwać się odpowiednim aparatem matematycznym. Na szczęście, aby wkroczyć w świat sztucznej inteligencji i dowiedzieć się, co można dzięki niej zyskać, nie jest niezbędna żadna magia, wystarczy właściwy przewodnik! Jeśli chcesz to zrobić, dobrze trafiłeś! Ta publikacja pokaże Ci najciekawsze zastosowania AI i pomoże zrozumieć sposób działania tej technologii, a także spróbuje odpowiedzieć na pytanie, kiedy przekroczy ograniczenia swoich twórców. Być może zamierzasz zostać specjalistą od sztucznej inteligencji lub po prostu chcesz poznać podstawy tego zagadnienia. Jeśli tak, zrób pierwszy krok w tym kierunku!

- Historia sztucznej inteligencji
- Porównanie AI i ludzkiego mózgu
- Prawdopodobne scenariusze rozwoju AI
- Stosowanie AI w grach logicznych
- Rozpoznawanie mowy, języka pisanego i obrazu
- Medyczne zastosowania sztucznej inteligencji
- Wykorzystanie AI w autonomicznym transporcie
- Zagrożenia związane ze sztuczną inteligencją

Marek Tłuczek

od kilkunastu lat zajmuje się badawczymi zagadnieniami związanymi ze sztuczną inteligencją i z rozpoznawaniem obrazów. Ukończył studia magisterskie o tej specjalizacji na Politechnice Poznańskiej. Wraz z zespołem zajął drugie miejsce na świecie w prestiżowym konkursie IEEE Computer Society Design Competition. Przez wiele lat pracował w amerykańskiej firmie naukowej Telcordia Technologies (wcześniej Bellcore Labs), gdzie pełnił czołowe funkcje w konsorcjach wielu dużych projektów europejskich. Następnie założył własną firmę – prowadzi działalność handlową i informatyczną. Pracuje również dla funduszu inwestycyjnego Evig Alfa m.in. przy dofinansowywaniu projektów związanych ze sztuczną inteligencją. Realizuje także własne przedsięwzięcia związane z tą tematyką.

| | | |
|---|---|---|
|  | KOD KORZYŚCI Sięgnij po więcej! ▶ |  |
| helion.pl | ISBN 978-83-283-6833-0 | |
|  HELION SA ul. Kościuszki 1c 44-100 Gliwice tel.: 32 230 98 63 helion@helion.pl |  | |
| Cena: 59,00 zł | | |