

# Sztuczna inteligencja w medycynie

---

Sukiennik Klaudia, Gladis Martin

## STRESZCZENIE

W ostatnich latach nastąpił ogromny postęp w dziedzinie sztucznej inteligencji (AI). Techniki te są obecnie aktywnie stosowane w służbie zdrowia.

W artykule przedstawiono zagadnienie sztucznej inteligencji wykorzystywanej w dziedzinie medycyny. Opisane są zastosowania, perspektywy oraz znaczenie algorytmicznych, kluczowych rozwiązań jako sposobów na lepszą diagnostykę, leczenie oraz ogólną poprawę zdrowia na świecie.

## SŁOWA KLUCZOWE

Sztuczna inteligencja, medycyna

## WPROWADZENIE

Sztuczna inteligencja i technologie z nią powiązane dynamicznie rozwijają się zarówno w biznesie, społeczeństwie jak i w dziedzinie opieki zdrowotnej. Jednym z najbardziej pożądanых zastosowań jest oczywiście medycyna, ponieważ aktualnie ludzkość dąży do poprawy zdrowia i życia. Stopniowo zmienia się praktyka medyczna dzięki postępom w przetwarzaniu, pozyskiwaniu i wykorzystywaniu danych cyfrowych infrastruktury obliczeniowej oraz algorytmów. Zastosowanie sztucznej inteligencji jest niezwykle obiecujące i często prowadzi do medycyny precyzyjnej.

Rosnąca ilość informacji i rozwiązań powoduje, że sztuczna inteligencja w coraz większym zakresie jest stosowana w nowoczesnej medycynie. Zarówno medycy, jak i farmaceuci chętnie korzystają z potencjału techniki przy wykrywaniu i leczeniu chorób. Często przyczynia się do przedłużenia długości życia. Rozwój i wdrażanie sztucznej inteligencji można wykorzystać do poprawy wyników w środowiskach ubogich, co oznacza upowszechnienie usług publicznych, a dzięki temu zakresu poprawy zdrowia na całym świecie.

Kluczowe rozwiązania i istniejące algorytmy znajdują zastosowanie w diagnostyce, zaleceniach dotyczących leczenia pacjentów, przestrzegania czynności administracyjnych oraz zaleceń dotyczących leczenia i zapobiegania błędnych diagnoz.(4.) Postęp sztucznej inteligencji wymaga zrozumienia zarówno przez programistów, jak i lekarzy oraz naukowców. W tym artykule przedstawiamy potencjał i postęp w technologiach sztucznej inteligencji oraz aspekty rozwoju automatyzacji. Dodatkowo opisane są społeczne, etyczne i prawne wyzwania w obszarze rozwoju nowych technologii.

## PRZYPADKI UŻYCIA

### Czym jest sztuczna inteligencja i jaka jest jej rola?

Sztuczna inteligencja to wykorzystanie danych i algorytmów do osiągnięcia przez system komputerowy nowych możliwości, które dotychczas były zarezerwowane jedynie dla człowieka. AI naśladuje ludzkie postępowanie przez komputery.

Ta dziedzina nauki zajmuje się rozwiązywaniem problemów, dla których nie znamy algorytmu, pozwalającego na ich rozwiązanie, a więc problemów wymagających inteligencji a nie tylko rutynowego postępowania(8.).

### Zastosowania i perspektywy AI

Aktualnie sztuczna inteligencja jest stosowana w wielu dziedzinach. Jest to np. cyberbezpieczeństwo, które jest stosowane w wojsku czy też w konsumenckich systemach informatycznych. Jednak AI rozwija się diametralnie w pojęciach takich jak Smart City, w wyszukiwarkach internetowych, ale jak i również w obecnych czasach podczas śledzenia rozpowszechniania się wirusa COVID-19. W medycynie znajduje ona kluczową rolę, ponieważ dzięki temu życie staje się dłuższe.

Na dzień dzisiejszy istnieje już wiele urządzeń do diagnostyki medycznej wykorzystujących wyrafinowane metody komputerowe. Najlepszym przykładem jest tomograf komputerowy: bez

komputerowej syntezy obrazu i analizy sygnałów nie da się zbudować takiego urządzenia. Techniki komputerowe staną się wkrótce podstawą działania wszelkiej aparatury medycznej.

### Korzyści i wyzwania

W momencie gdy szybki postęp i inwestycje w sztuczną inteligencję i związane z nią innowacje stanowią wielką obietnicę dla usług zdrowotnych nadal należy zachować ostrożność. Pełna zastosowanie AI nie zostało jeszcze zrealizowane. Wykluczając wiele technicznych ograniczeń obecnych technologii w zakresie AI wciąż w porównaniu z ludzką wizją, przetwarzaniem języka i rozumowaniem specyficznym dla danego kontekstu, istnieją szczególne wyzwania związane ze stosowaniem technik sztucznej inteligencji w świadczeniu opieki zdrowotnej(5.).

Szczególną uwagę należy zwrócić na kontekst medyczno-prawny, w którym będą stosowane AI. Nawet w ramach obowiązujących przepisów medycznych zakres odpowiedzialności nie zawsze jest jasny, kiedy pojawiają się błędy medyczne, a jeszcze mniej jasne jest, na kim powinna polegać odpowiedzialność, kiedy specjaliści zajmujący się sztuczną inteligencją w coraz większym stopniu wspierają lub nawet autonomicznie świadczą usługi opieki zdrowotnej.

## CZY AI BĘDZIE REWOLUCJĄ W MEDYCYNIE?

### Rozwój, postęp i wdrażanie sztucznej inteligencji

Kiedys sztuczna inteligencja w medycynie była w równi z marzeniami lub science fiction, jednak aktualnie staje się rzeczywistością. Szybki postęp oraz wyniki dynamicznego wdrażania sztucznej inteligencji w medycynie można łatwo przedstawić na przykładach z ostatniego stulecia.

W 1960 roku pionier w radiologii Dr. Lee B. Lusted w swoim wykładzie Memorial Fund przewidział urządzenie: „elektroniczny komputer-skaner” do oglądania fotofluorogramów klatki piersiowej i do oddzielania wyraźnie normalnych filmów klatki piersiowej od nieprawidłowych. Kolejno potem nieprawidłowe obrazy klatki piersiowej według Jego wnioskowań zostaną oznaczone jako te do późniejszego zbadania przez radiologa. Ta koncepcja automatycznej analizy komputerowej opierała się na wstępnych badaniach Pendergrassa i Tollesa, którzy wykazali, że automatyczne skanowanie fotofluorogramów może dać zadowalające zapisy gęstości(6.).

Prawie 60 lat po przepowiedni doktora Lusted firma technologiczna Enlitic z Doliny Krzemowej,

wprowadziła obrazy normalnych zdjęć rentgenowskich i zdjęć rentgenowskich ze złamaniami do skomputeryzowanej bazy danych.

Obecnie wykorzystujemy metodę zautomatyzowanej komputerowej analizy obrazów radiograficznych z wykorzystaniem algorytmów (zasada postępowania przy rozwiązywaniu powtarzającego się problemu matematycznego lub logicznego) do rozpoznawania części obrazu radiograficznego.

Roboty wykorzystujące sztuczną inteligencję są stosowane w medycynie od ponad 30 lat. Od pierwszej programowalnej uniwersalnej maszyny do montażu (PUMA), stosowanej w chirurgii urologicznej w latach 80-tych, do robota da Vinci, najpowszechniej stosowanego obecnie w zastosowaniach klinicznych, roboty rozwinęły się do wykonywania szerokiego zakresu zadań i funkcji.(17.)

### AI i jej potencjał do zmian w opiece zdrowotnej

Połączenie big data i sztucznej inteligencji, o których niektórzy mówią „czwarta rewolucja przemysłowa” skutecznie zmieni radiologię, patologię oraz inne specjalności medyczne. Chociaż doniesienia o radiologach i patologach którzy są zastąpieni komputerami wydaje się przesadzone to właśnie te specjalności muszą strategicznie planować przyszłość, w której sztuczna inteligencja będzie częścią personelu medycznego(2.)(16.).

Jedną z największych potencjalnych korzyści płynących z sztucznej inteligencji jest pomoc ludziom w zachowaniu zdrowia, tak aby nie potrzebowali lekarza, a przynajmniej nie tak często. Wykorzystanie AI i Internetu w urządzeniach medycznych (IoMT) związanych ze zdrowiem pacjentów już teraz pomaga ludziom w zarządzaniu własną opieką zdrowotną i utrzymaniu się w zdrowiu poprzez zdrowsze życie. Na przykład Smart belt - opaska ma wbudowany mechanizm, który alarmuje osobę, gdy się przeje. Polega on na czujniku magnetycznym, który śledzi wielkość odpadów i napięcie, aby określić, kiedy użytkownicy spożywają nadmierne ilości jedzenia, poprzez ostrzeżenie użytkownika. Ponadto IBM ogłosił trzy nowe partnerstwa zorientowane na konsumenta, z których jedno jest z firmą Under Armour, która wykorzysta firmę Watson do zasilania "kognitywnego systemu coachingu" (13.)(17.)

### Interakcja pacjent-technologia i lekarz-technologia

Większość z nas ledwo zdaje sobie z tego sprawę, ale AI jest już częścią naszego życia - jest w naszych samochodach, mówiąc nam, kiedy jest czas nasz silnik, który ma być serwisowany w oparciu o nasze wzorce jazdy; Współcześnie każdego dnia

napotyka się z sytuacją kiedy to wyniki wyszukiwania w Google i związane z tymi sugestie z Amazona, śledzą nas w sieci. AI stało się wszechobecne i większość z nas z niego korzysta, również w strefie związanej ze zdrowiem. Dlatego pozytywne podejście pacjentów do nowych technologii nie jest zbyt zaskakujące. Zwykli ludzie coraz bardziej doceniają nowoczesne rozwiązania, jak również w większym stopniu ufają systemom informatycznym, które mają za zadanie ułatwienie ich życia codziennego.

W listopadzie 2016 roku w Europie, środkowej Azji i Afryce przeprowadzono badanie opinii publicznej YouGov Research na temat zaangażowania AI w służbie zdrowia.

Dowody zdecydowanie wskazują na to, że istnieje rosnący entuzjazm wśród konsumentów do zaangażowania się w nowe drogi z nowymi technologiami dla ich zdrowia i potrzeby wellness. Opinia publiczna jest gotowa i chętna aby zastąpić prace ludzi sztuczną inteligencją i robotyką(15.)(18.).

Zatem AI prawdopodobnie zmieni tradycyjną rolę lekarza. Ale zamiast martwić się, czy te technologie będą działać. Aby zastąpić lekarzy i innych pracowników służby zdrowia, powinno się głębiej rozważyć ich szerszą rolę w całym spektrum opieki zdrowotnej z wyraźnym spojrzeniem na wyszkolenie naszych pracowników służby zdrowia w przyszłości (7.)(16.)(17.).

### **Czy AI wpłynie na poprawę wyników zdrowia na świecie?**

Żyjemy znacznie dłużej niż poprzednie pokolenia, a gdy zbliżamy się do końca życia, umieramy w inny i wolniejszy sposób, od takich chorób jak demencja, niewydolność serca i osteoporoza.

Jedną z największych potencjalnych korzyści płynących z rozwoju sztucznej inteligencji jest pomoc ludziom w zachowaniu zdrowia, tak aby nie potrzebowali lekarza, a przynajmniej nie tak często. Wykorzystanie AI i internetowych narzędzi medycznych (IoMT) w zastosowaniach związanych ze zdrowiem konsumentów już teraz pomaga ludziom.

Aplikacje i aplikacje technologiczne zachęcają do zdrowszego zachowania u ludzi i pomagają w produktywnym zarządzaniu zdrowym stylem życia. Daje to konsumentom kontrolę nad zdrowiem i dobrym samopoczuciem.

Ponadto AI zwiększa zdolność pracowników służby zdrowia do lepszego zrozumienia codziennych wzorców i potrzeb osób, którymi się opiekują, a dzięki temu zrozumieniu, że są oni w stanie zapewnić lepsze informacje zwrotne, wskazówki i wsparcie w zakresie zachowania zdrowia.

## **KLUCZOWE ROZWIĄZANIA AI W NOWOCZESNEJ MEDYCYNIE**

### **Wczesne wykrywanie choroby**

Sztuczna inteligencja jest już wykorzystywana do dokładniejszego wykrywania chorób, takich jak rak, i to we wczesnym stadium ich rozwoju. Na przykład według American Cancer Society co roku w USA wykonuje się 12,1 mln mammografii, ale duża część tych mammografii daje fałszywe wyniki, co prowadzi do tego, że 1 na 2 zdrowe kobiety otrzymuje informację, że mają raka. Zastosowanie AI umożliwia przegląd i tłumaczenie mammogramów 30 razy szybciej i z 99% dokładnością, co zmniejsza potrzebę przeprowadzania niepotrzebnych biopsji, a także redukuje niepewność i stres związany z błędną diagnozą(11.).

Gwałtowny rozwój wyrobów medycznych w połączeniu z AI jest również stosowane w celu nadzorowania chorób serca we wczesnym stadium, umożliwiając lekarzom i innym opiekunom lepsze monitorowanie i wykrywanie potencjalnie zagrażających życiu chorób na wcześniejszych, bardziej uleczalnych etapach.

Firmy takie jak Microsoft opracowują komputery zaprogramowane do użytku na poziomie molekularnym, aby rozpocząć walkę z komórkami nowotworowymi, gdy tylko zostaną one wykryte (9.)(10.).Prowadzą również badania nad wykorzystaniem sztucznej inteligencji do interpretacji zachowań w wyszukiwarkach internetowych, na przykład w momencie, gdy ktoś może badać objawy online na długo przed kontaktem z lekarzem.

### **Diagnostyka**

Szacuje się, że 80% danych związanych ze zdrowiem są niewidoczne dla obecnych systemów, ponieważ są nieuporządkowane i nieustrukturyzowane. Watson for Health firmy IBM wykorzystuje technologie kognitywne, aby pomóc organizacjom służby zdrowia w odblokowaniu ogromnej ilości danych na temat zdrowia i potencjału diagnostycznego. Watson może przeglądać i przechowywać znacznie więcej informacji medycznych - każde czasopismo medyczne, każdy objaw i każde studium przypadku dotyczące leczenia i reakcji na leczenie na całym świecie - wykładniczo szybciej niż jakikolwiek człowiek. Watson nie tylko przechowuje dane, ale jest w stanie znaleźć w nich sens. W przeciwieństwie do ludzi, jej decyzje są oparte na dowodach i wolne od uprzedzeń poznawczych czy nadmiernej pewności siebie, co pozwala na szybką analizę i znaczne ograniczenie - a nawet wyeliminowanie - błędnej diagnozy(13.).

DeepMind Health firmy Google współpracuje z klinicystami, naukowcami i pacjentami w celu rozwiązania rzeczywistych problemów opieki zdrowotnej. Technologia ta łączy uczenie maszynowe i neurobiologię systemową w celu zbudowania potężnych algorytmów nauczania ogólnego w sieciach neuronowych, które naśladują ludzki mózg.

### Leczenie

Oprócz skanowania dokumentacji medycznej w celu pomocy personelowi medycznemu w identyfikacji pacjentów przewlekle chorych, które mogą być narażone na wystąpienie niepożądanych objawów, sztuczna inteligencja może pomóc przyjąć bardziej kompleksowe podejście do leczenia choroby. Dodatkowo może lepiej koordynować plany opieki i pomóc pacjentom w lepszym zarządzaniu i przestrzeganiu ich długoterminowych programów leczenia. Firma AiCure stworzyła aplikację do monitorowania pacjentów z chorobami przewlekłymi i pomagania im w dostosowaniu się do przyjmowania leków. Aplikacja wykorzystuje system rozpoznawania wzrokowego do identyfikacji twarzy pacjenta, przyjmowanych przez niego leków i potwierdzenia ich spożycia. Dane są następnie wysyłane do dostawcy usług medycznych lub do firmy farmaceutycznej prowadzącej badanie kliniczne(12.).

Poza monitorowaniem pacjentów i rozpoznawania chorób AI jest używana także w szpitalach i laboratoriach do wykonywania powtarzalnych zadań, w rehabilitacji, fizykoterapii oraz jako wsparcie dla osób z długotrwałymi schorzeniami. RoBear jest robotem pielęgniarско-opiekuńczym, który jest w stanie podnosić i przenosić pacjentów w łóżku i z łóżka na wózek inwalidzki, pomagać tym, którzy potrzebują pomocy w pozycji stojącej, a nawet obracać pacjentów w łóżku, aby zapobiec odleżynom.(17.)

### Wpływ AI na długość życia

Żyjemy znacznie dłużej niż poprzednie pokolenia, a gdy zbliżamy się do końca życia, umieramy w inny i wolniejszy sposób, z powodu takich chorób jak demencja, niewydolność serca i osteoporoza. Jest to również etap życia, który często nękaną jest samotnością.

Sztuczna Inteligencja ma potencjał, aby zrewolucjonizować opiekę u schyłku życia, pomagając ludziom pozostać dłużej niezależnymi, zmniejszając potrzebę hospitalizacji, opiekunów i domów opieki poprzez wykonywanie rutynowych zadań, takich jak przyjmowanie oznak życia i podawanie leków. Sztuczna inteligencja w połączeniu z postępami w projektowaniu humanoidów umożliwia robotom pójście jeszcze dalej i prowadzenie "rozmów" i innych społecznych

interakcji z ludźmi, które utrzymują ostrość starzejących się umysłów i rozwiązują problemy samotności i izolacji. Roboty Kompai rozmawiają, rozumieją mowę, przypominają ludziom o spotkaniach, śledzą listy zakupów i grają muzykę. Pomagają one osobom starszym w ich własnych domach, są w stanie monitorować upadki i inne parametry zdrowotne, ostrzegać i łączyć się za pomocą wideokonferencji z pracownikami służby zdrowia, a także z przyjaciółmi i rodziną. (18.)

## WNIOSKI

Ludzie są coraz chętniej angażować się w pracę z AI i robotami, jeżeli oznacza to lepszy dostęp do opieki zdrowotnej. Szybkość i dokładność diagnozowania i leczenia ma kluczowe znaczenie. Również zaufanie do tej technologii ma zasadnicze znaczenie dla jej szerszego zastosowania i przyjęcia.

AI wspomaga służbę zdrowia począwszy od porad dotyczących kondycji fizycznej, poprzez monitorowanie i doradztwo w zakresie leczenia i wykrywania cukrzycy, chorób serca i mózgu, zarówno drobnych, jak i poważnych zabiegów chirurgicznych i innych schorzeń. Pacjenci i lekarze niezależnie od kraju, płci czy wieku są skłonni uznać że to rozwiązanie przyniesie pozytywne skutki na zarządzanie, leczenie i leczenie ich zdrowia, a także związane z tym poprawienie sytuacji zdrowotnej na świecie.

Poprawa opieki zdrowotnej wymaga dostosowania dużych ilości danych na temat zdrowia do właściwych i terminowych decyzji, a analiza prognostyczna może wspierać podejmowanie decyzji i działań klinicznych, jak również ustalanie priorytetów zadań administracyjnych.

Innym obszarem, w którym grypa AI zaczyna odgrywać rolę w opiece zdrowotnej, jest rozpoznawanie wzorców w celu identyfikacji pacjentów zagrożonych rozwojem choroby lub pogorszeniem jej stanu z powodu stylu życia, środowiska, genomiki lub innych czynników.

## PODSUMOWANIE

Nie ma wątpliwości, że sztuczna inteligencja będzie miała szerokie konsekwencje, które zrewolucjonizują praktykę lekarską, przekształcając doświadczenie pacjenta i codzienną rutynę lekarską.

Sztuczna inteligencja i technologie robotów od dawna mają być postrzegane jako obiecujące obszary dla opieki zdrowotnej. Wybuch danych dotyczących opieki zdrowotnej w połączeniu ze wzrostem popytu ze strony starzejących się społeczeństw na całym świecie, rosnące koszty, oraz

niedobór, zarówno w zakresie opieki zdrowotnej, jak i ilościowej, specjalistów potrzebnych do leczenia i opieki nad coraz większą liczbą osób chorych oraz potrzeb i dostęp do szerszego zakresu niezbędnych usług jest pożądana bardziej niż kiedykolwiek wcześniej. Te istniejąca luka ludzkość będzie się starała wypełnić w razie potrzeby technologia oparta na sztucznej inteligencji.

W ciągu ostatnich kilku lat szybki postęp technologiczny spowodował, że technologie rozwijają się, szybciej i lepiej diagnozują. Co więcej skuteczne leczenie, uratuje więcej istnień ludzkich i wyleczy więcej chorób, i będziemy mieli więcej możliwości, które umożliwi nam ta technologia by żyć zdrowiej oraz dłużej(3.).

Pomimo tego czy jesteśmy przeciwnikami sztucznej inteligencji ze względów etycznych należy przyznać że AI i robotyka są przyszłością opieki zdrowotnej na świecie. (1.) Umożliwi ona dostęp do wysokiej jakości, przystępnej cenowo opieki zdrowotnej i przyczyni się do poprawy stanu zdrowia dla każdego człowieka np. obniżając koszty diagnozy i błędnego leczenia. Gospodarcze i społeczne korzyści, jakie można osiągnąć dzięki integracji AI to głównie wspomnienie istniejących systemów opieki zdrowotnej, a następnie stworzenie nowych modeli opieki zdrowotnej opartych na tych technologiach, by opieka zdrowotna nadal pozostała jako czynność rozpatrywana indywidualnie. Nie wolno nam stracić przy angażowaniu technologii czynnika ludzkiego, co oznacza redefiniowanie roli pracowników służby zdrowia oraz zapewnienie, że niezbędne będą nowe umiejętności, które powinny być nauczane już w szkołach medycznych.

Docelowo pacjenci będą nadal leczeni przez lekarzy bez względu na to, jak bardzo AI zmienia sposób świadczenia opieki, a w praktyce medycznej zawsze będzie istniał element ludzki.

Innowacyjność sztucznej inteligencji leży u podstaw naszej zdolności do ponownego zdefiniowania sposobu świadczenia opieki zdrowotnej dla ludzkości. Jest wielka szansa na rozwój nowoczesnej i łatwo dostępnej medycyny. (19)

## BIBLIOGRAFIA

1. Bartoletti, I.; Algorithms may outperform doctors, but they're no healthcare panacea; The Guardian [dostęp 7 stycznia 2021]. Dostępny w Internecie: <https://www.theguardian.com/commentisfree/2018/jul/26/tech-healthcare-ethics-artificial-intelligence-doctors-patients>
2. Jha, S., & Topol, E. J. (2016). Adapting to Artificial Intelligence. *JAMA*, 316(22), 2353. doi:10.1001/jama.2016.17438
3. Wahl, B., Cossy-Gantner, A., Germann, S., & Schwalbe, N. R. (2018). Artificial intelligence (AI) and global health: how can AI contribute to health in resource-poor settings? *BMJ Global Health*, 3(4), e000798. doi:10.1136/bmjgh-2018-000798
4. Szolovits, P. (1988). Artificial Intelligence in Medical Diagnosis. *Annals of Internal Medicine*, 108(1), 80. doi:10.7326/0003-4819-108-1-80
5. Rozwój sztucznej inteligencji w sektorze nauki w Polsce (2019); Ośrodek Przetwarzania Informacji – Państwowy Instytut Badawczy [dostęp 7 stycznia 2021]. Dostępny w Internecie: <https://www.sztuczna-inteligencja.org.pl/wp-content/uploads/2019/08/Badacze-SI-i-ich-publikacje-11-08-2019.pdf>
6. Saenger, E. L. (1995). Lee B. Lusted, MD. *Radiology*, 194(3), 916–916. doi:10.1148/radiology.194.3.916
7. Reddy, S., Fox, J., & Purohit, M. P. (2018). Artificial intelligence-enabled healthcare delivery. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 014107681881551. doi:10.1177/0141076818815510
8. Sztuczna inteligencja: co to jest i jakie ma zastosowania? (2020) [dostęp 7 stycznia 2021]. Dostępny w Internecie: <https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/society/20200827STO85804/sztuczna-inteligencja-co-to-jest-i-jakie-ma-zastosowania>
9. How voice technology is transforming computing (2017); The Economist [dostęp 7 stycznia 2021]. Dostępny w Internecie: <https://www.economist.com/leaders/2017/01/07/how-voice-technology-is-transforming-computing>
10. Luckerson, V. (2016); How Siri Got Left Behind; The Ringer [dostęp 7 stycznia 2021]. Dostępny w Internecie: <https://www.theringer.com/2016/6/20/16044268/apple-siri-lost-assistant-race-2ffc86fe5dfa>
11. Griffiths, S. (2016); This AI software can tell if you're at risk from cancer before symptoms appear; Wired [dostęp 7 stycznia 2021]. Dostępny w Internecie: <https://www.wired.co.uk/article/cancer-risk-ai-mammograms>
12. Comstock, J. (2016); AiCure raises \$12M for smartphone camera-powered medication adherence tracking; Mobi Health News [dostęp 7 stycznia 2021]. Dostępny w Internecie: <https://www.mobihealthnews.com/content/aicure-raises-12m-smartphone-camera-powered-medication-adherence-tracking>
13. Billington, J. (2016); IBM's Watson cracks medical mystery with life-saving diagnosis for patient who baffled doctors; International Business Times [dostęp 7 stycznia 2021]. Dostępny w Internecie: <https://www.ibtimes.co.uk/ibms-watson-cracks-medical-mystery-life-saving-diagnosis-patient-who-baffled-doctors-1574963>
14. Captain, S. (2016); Paging Dr. Robot: The Coming AI Health Care Boom; Fast Company [dostęp 7 stycznia 2021]. Dostępny w Internecie: <https://www.fastcompany.com/3055256/paging-dr-robot-the-coming-ai-health-care-boom>
15. Brunker, M. (2016); How web search data might help diagnose serious illness earlier; Microsoft [dostęp 7

- stycznia 2021]. Dostępny w Internecie:  
<https://blogs.microsoft.com/ai/how-web-search-data-might-help-diagnose-serious-illness-earlier>
16. Freeman, S. (2012); Will computers replace doctors? [dostęp 7 stycznia 2021]. Dostępny w Internecie:  
<https://electronics.howstuffworks.com/future-tech/computers-replace-doctors.htm>
17. Gorges, M. (2016); A role for robots in caring for the elderly; Cisco [dostęp 7 stycznia 2021]. Dostępny w Internecie: <https://newsroom.cisco.com/feature-content?type=webcontent&articleId=1763666>
18. How artificial intelligence is making health care more human (2019); MIT Technology Review [dostęp 9 stycznia 2021]. Dostępny w Internecie:  
<https://mittrinsights.s3.amazonaws.com/ai-effect.pdf>
19. Żurawski, M., Kozłowski, J.; Czy sztuczna inteligencja wesprze medycynę? Sztuczne sieci neuronowe w kardiologii (2006) [dostęp 9 stycznia 2021]. Dostępny w Internecie: <https://pf.ptf.net.pl/PF-2006-5/docs/PF-2006-5.pdf#page=19>
20. Bresnick, J.; Top 12 Ways Artificial Intelligence Will Impact Healthcare (2018); Health IT Analytics [dostęp 9 stycznia 2020]. Dostępny w Internecie:  
<https://healthitanalytics.com/news/top-12-ways-artificial-intelligence-will-impact-healthcare>