



Studium Licencjackie

Kierunek: Metody Ilościowe w Ekonomii i Systemy Informacyjne

Imię i nazwisko autora: Marcin Żurek

Nr albumu: 76411

# **Analiza potencjału firm z branży AI w Chinach i Stanach Zjednoczonych. Perspektywa polskich startupów.**

Praca licencjacka

pod kierunkiem naukowym

dr. hab. Andrzeja Sobczaka, prof. SGH

Instytut

Informatyki i Gospodarki Cyfrowej

Warszawa 2021



## Spis treści

|                                                                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Wstęp .....</b>                                                                                                                  | <b>5</b>  |
| <b>1. Startupy technologiczne i fundusze Venture Capital.....</b>                                                                   | <b>8</b>  |
| 1.1. Pojęcie startupu w literaturze .....                                                                                           | 8         |
| 1.2. Ekosystemy startupowe na świecie .....                                                                                         | 9         |
| 1.3. Unicorny – prywatne firmy o wartości przewyższającej 1 miliard USD .....                                                       | 12        |
| 1.4. Mechanizm działania funduszy Venture Capital.....                                                                              | 16        |
| 1.5. Korzyści dla startupów ze wsparcia przez fundusze Venture Capital .....                                                        | 17        |
| 1.6. Cykl finansowania Venture Capital: od kapitału startowego do oferty publicznej .....                                           | 18        |
| 1.7. Wzrost branży Venture Capital.....                                                                                             | 22        |
| 1.8. Trendy inwestycyjne wśród funduszy Venture Capital .....                                                                       | 25        |
| <b>2. Podstawy teoretyczne i zastosowanie sztucznej inteligencji .....</b>                                                          | <b>27</b> |
| 2.1. Wstęp .....                                                                                                                    | 27        |
| 2.2. Uczenie głębokie jako przełom w badaniach nad sztuczną inteligencją.....                                                       | 28        |
| 2.3. Opis wybranych obszarów sztucznej inteligencji .....                                                                           | 31        |
| 2.4. Przykładowe zastosowania sztucznej inteligencji według branży .....                                                            | 34        |
| 2.5. Wykorzystanie sztucznej inteligencji w biznesie w 2020r.....                                                                   | 37        |
| 2.6. Fundusze Venture Capital inwestujące w sztuczną inteligencję .....                                                             | 39        |
| 2.7. Perspektywy rozwoju sztucznej inteligencji .....                                                                               | 41        |
| <b>3. Porównanie potencjału rozwoju branży sztucznej inteligencji w Chinach, Stanach Zjednoczonych i Polsce .....</b>               | <b>44</b> |
| 3.1. Uwarunkowania prawne i inwestycje rządowe w dziedzinie sztucznej inteligencji.....                                             | 44        |
| 3.1.1. Chiny .....                                                                                                                  | 44        |
| 3.1.2. Stany Zjednoczone .....                                                                                                      | 47        |
| 3.1.3. Polska .....                                                                                                                 | 48        |
| 3.2. Potencjał naukowy w dziedzinie sztucznej inteligencji .....                                                                    | 49        |
| 3.3. Rywalizacja w dziedzinie sztucznej inteligencji pomiędzy Stanami Zjednoczonymi, a Chinami .....                                | 53        |
| 3.4. Kultura biznesu i środowisko startupowe .....                                                                                  | 57        |
| 3.5. Największe ekosystemy startupowe w Chinach i Stanach Zjednoczonych .....                                                       | 59        |
| 3.6. Charakterystyka środowiska Venture Capital.....                                                                                | 60        |
| 3.7. Największe startupy w branży sztucznej inteligencji .....                                                                      | 64        |
| 3.8. Współpraca międzynarodowa w celu rozwoju sztucznej inteligencji .....                                                          | 66        |
| <b>4. Porównanie wartości inwestycji w startupy z branży sztucznej inteligencji w Stanach Zjednoczonych, Chinach i Polsce .....</b> | <b>69</b> |
| 4.1. Badanie statystyczne .....                                                                                                     | 69        |

|                                                          |                                                                                 |           |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.1.1.                                                   | <i>Metodologia badania</i> .....                                                | 69        |
| 4.1.2.                                                   | <i>Prezentowanie wyników badań</i> .....                                        | 71        |
| 4.1.3.                                                   | <i>Podsumowanie i wnioski</i> .....                                             | 76        |
| 4.2.                                                     | <i>Wnioski dla Polski w zakresie implementacji sztucznej inteligencji</i> ..... | 78        |
| 4.2.1.                                                   | <i>Startupy technologiczne i ekosystemy startupowe</i> .....                    | 78        |
| 4.2.2.                                                   | <i>Sektor przedsiębiorstw</i> .....                                             | 80        |
| 4.2.3.                                                   | <i>Sektor publiczny</i> .....                                                   | 80        |
| 4.2.4.                                                   | <i>Nauka i szkolnictwo</i> .....                                                | 83        |
| <b>Zakończenie</b> .....                                 |                                                                                 | <b>85</b> |
| <b>Bibliografia</b> .....                                |                                                                                 | <b>87</b> |
|                                                          | <i>Książki i artykuły naukowe</i> .....                                         | 87        |
|                                                          | <i>Raporty</i> .....                                                            | 87        |
|                                                          | <i>Strony internetowe</i> .....                                                 | 88        |
| <b>Spis rysunków</b> .....                               |                                                                                 | <b>91</b> |
| <b>Spis tabel</b> .....                                  |                                                                                 | <b>92</b> |
| <b>Abstract (streszczenie w języku angielskim)</b> ..... |                                                                                 | <b>93</b> |
| <b>摘要 (Streszczenie w języku chińskim)</b> .....         |                                                                                 | <b>94</b> |
| <b>Streszczenie</b> .....                                |                                                                                 | <b>95</b> |

## Wstęp

Celem niniejszej pracy jest analiza porównawcza potencjału firm z branży sztucznej inteligencji (ang. *Artificial Intelligence - AI*) w Chinach i Stanach Zjednoczonych oraz wyciągnięcie wniosków dla polskich startupów technologicznych. Wybór tych właśnie państw na potrzeby analizy nie jest przypadkowy. Stany Zjednoczone to państwo dominujące na świecie w dziedzinie sztucznej inteligencji pod względem potencjału naukowego mierzonego jakością badań i publikacji na uczelniach wyższych. Amerykańskie przedsiębiorstwa, takie jak Google, Microsoft, Facebook, IBM, NVIDIA czy Amazon to jedne z najważniejszych na świecie jednostek niepublicznych prowadzących działalność badawczą w zakresie rozwoju sztucznej inteligencji. Co więcej Stany Zjednoczone posiadają niezwykle wydajne ekosystemy startupowe takie jak Dolina Krzemowa czy Nowy Jork oraz prężnie działającą branżę Venture Capital. Połączenie wyżej wymienionych czynników sprzyjających rozwojowi sztucznej inteligencji sprawia, że Stany Zjednoczone to światowe mocarstwo w tej właśnie dziedzinie.

Drugim krajem, które zostało uwzględnione w analizie są Chiny. Jest to państwo, które – w ocenie ekspertów - jest pretendentem do zajęcia miejsca Stanów Zjednoczonych jako światowego lidera w dziedzinie sztucznej inteligencji. Dynamiczny rozwój tej branży w Państwie Środka został zapoczątkowany w 2017r., kiedy prezydent Xi Jinping (习近平) ogłosił narodową strategię na rozwój sztucznej inteligencji zatytułowaną *New Generation Artificial Intelligence Development Plan* (新一代人工智能发展规划). Dzięki korzystnym przepisom prawnym dotyczącym ochrony prywatności, a także powszechnemu wśród startupów w Chinach modelowi biznesowemu *online to offline*, przedsiębiorstwa z Państwa Środka są w stanie zbierać duże ilości danych pozwalających na trenowanie efektywnych algorytmów uczenia maszynowego. Z kolei wsparcie badań naukowych oraz przedsiębiorstw przez sektor publiczny oraz rozwijające się ekosystemy startupowe i rosnące inwestycje venture Capital stwarzają dogodne warunki do szybkiego rozwoju sztucznej inteligencji.

Trzecim państwem ujętym w niniejszej pracy jest Polska – kraj znajdujący się we wcześniejszej fazie implementacji sztucznej inteligencji w środowisku biznesowym w porównaniu do dwóch wcześniej wymienionych. Zestawienie Polski z Chinami oraz Stanami Zjednoczonymi pozwala na wyciągnięcie wniosków w zakresie rozwoju sztucznej inteligencji oraz zrozumienie najlepszych praktyk, którymi powinny się kierować państwa o mniejszym stopniu zaawansowania technologicznego oraz działające w nich startupy, żeby z sukcesem rozwijać i adaptować rozwiązania wykorzystujące sztuczną inteligencję.

W niniejszej pracy poddane analizie zostały następujące pytania badawcze:

1. Czy Chiny mają szansę stać się światowym liderem w dziedzinie sztucznej inteligencji?
2. Na podstawie analizy rywalizacji w dziedzinie sztucznej inteligencji pomiędzy Chinami i Stanami Zjednoczonymi, jakie są najlepsze praktyki wspierające rozwój sztucznej inteligencji w takich obszarach jak: ekosystemy startupowe, sektor publiczny, nauka i oświata?
3. Jakimi najlepszymi praktykami powinny kierować się polskie startupy technologiczne w celu rozwoju produktów i usług z dziedziny sztucznej inteligencji?
4. Jakimi najlepszymi praktykami powinny kierować się jednostki i osoby związane z ekosystemami startupowymi i branżą Venture Capital w Polsce w celu wsparcia rozwoju sztucznej inteligencji?
5. Jakimi najlepszymi praktykami powinien kierować się polski sektor publiczny w celu wsparcia rozwoju sztucznej inteligencji?
6. Jakimi najlepszymi praktykami powinny kierować się polskie uczelnie wyższe w celu wsparcia badań naukowych nad sztuczną inteligencją?
7. Czy przychody startupów z branży sztucznej inteligencji różnią się pomiędzy Stanami Zjednoczonymi, Chinami i Polską?
8. Czy liczba pracowników zatrudnianych przez startupy z branży sztucznej inteligencji różni się pomiędzy Stanami Zjednoczonymi, Chinami i Polską?
9. Czy pomiędzy Stanami Zjednoczonymi, Chinami i Polską występują istotne różnice statystyczne w wartości finansowania startupów z branży sztucznej inteligencji?
10. Czy przeciętna wartość inwestycji w przeliczeniu na jednego inwestora różni się pomiędzy Stanami Zjednoczonymi, Chinami i Polską?

Struktura niniejszej pracy odpowiada postawionym pytaniom badawczym. Pierwszy rozdział to teoretyczne wprowadzenie do tematu ekosystemów startupowych oraz branży Venture Capital. Przedstawiono w nim statystyki opisujące wzrost inwestycji w firmy technologiczne na świecie, opisano mechanizmy inwestycji Venture Capital oraz płynące z nich korzyści dla startupów.

Drugi rozdział pracy polega na wprowadzeniu do teoretycznych aspektów sztucznej inteligencji ze szczególnym uwzględnieniem działania uczenia maszynowego oraz uczenia głębokiego. Opisane zostały w nim również praktyczne zastosowania sztucznej inteligencji na przykładzie konkretnych startupów oraz perspektywy dla rozwoju tej branży.

W trzecim rozdziale znalazła się kompleksowa analiza porównawcza ekosystemów startupowych, uwarunkowań prawnych, branży Venture Capital oraz startupów technologicznych wykorzystujących sztuczną inteligencję w Chinach, Stanach Zjednoczonych oraz Polsce. Przedstawiono również

rywalizację w zakresie rozwoju sztucznej inteligencji pomiędzy Chinami i Stanami Zjednoczonymi oraz wyciągnięte zostały wnioski na temat dobrych praktyk, które powinny kierować się jednostki, organizacje i państwa rozwijające technologię sztucznej inteligencji.

Czwarty rozdział dzieli się na dwie części. Pierwsza z nich to autorskie badanie statystyczne porównujące startupy z branży sztucznej inteligencji z Stanów Zjednoczonych, Chin i Polski w następujących aspektach: przychód, zatrudnienie, łączna wartość finansowania kapitałem, wartość finansowania kapitałem w przeliczeniu na jednego inwestora. Do badania została wybrana próba 3108 firm i wykorzystano dane z portalu *Crunchbase.com*. Wykonano testy niezależności chi-kwadrat oraz testy nieparametryczne: Kruskalla Wallisa oraz Mann Whitney U przy ustalonym poziomie istotności 0.05. W drugiej części rozdziału czwartego na podstawie całej pracy oraz dodatkowych źródeł wyciągnięto wnioski dla polskich startupów technologicznych, ekosystemów startupowych, sektora przedsiębiorstw, sektora publicznego oraz nauki i oświaty w zakresie rozwoju sztucznej inteligencji.

W pracy wykorzystano następujące źródła:

- publikacje naukowe i książki – w celu wyjaśnienia podstaw teoretycznych opisywanych zagadnień
- raporty – przedstawiające najaktualniejsze na temat branży sztucznej inteligencji, Venture Capital i ekosystemów startupowych na świecie
- strony internetowe – w celu przytoczenia dodatkowych informacji oraz aktualnych wiadomości ze świata
- dane statystyczne z portali *CB Insights* oraz *Crunchbase* – pozwalające na przeprowadzenie własnej analizy statystycznej opisywanych zjawisk

Z uwagi na charakterystykę języka mandaryńskiego, w niniejszej pracy do zapisu chińskich nazw własnych został wykorzystany alfabet łaciński oraz oryginalna transkrypcja z wykorzystaniem znaków uproszczonych.

# 1. Startupy technologiczne i fundusze Venture Capital

## 1.1. Pojęcie startupu w literaturze

Wartość produktów i usług wytworzonych przez globalne ekosystemy startupowe od 2017 roku do połowy 2019 roku wniosła prawie 3 biliony dolarów<sup>1</sup>. Kluczem do wyjaśnienia fenomenu wzrostu popularności startupów technologicznych na świecie jest zrozumienie czym właściwie charakteryzuje się ta forma przedsiębiorczości oraz jakie perspektywy otwierają się przed tego typu firmami.

Słowo startup – chociaż powszechnie używane w kręgach przedsiębiorców i naukowców – nie doczekało się jeszcze jednoznacznego wyjaśnienia. Definicja słowa startup przygotowana przez słownik Oxford Languages<sup>2</sup> zdawkowo wyjaśnia, że startup to po prostu „nowo założona firma”. Dodatkowych informacji można zaczerpnąć z portalu Investopedia<sup>3</sup>, który tłumaczy: „Termin startup odnosi się do firmy w pierwszych fazach rozwoju. Startupy są zakładane przez jednego lub więcej przedsiębiorców, którzy chcą utworzyć produkt lub usługę, na którą ich zdaniem występuje popyt. Zazwyczaj firmy te rozpoczynają działalność z wysokimi kosztami i ograniczonym przychodem, dlatego szukają kapitału z wielu źródeł, w tym Venture Capital.”

Literatura naukowa<sup>4</sup> wskazuje również, że cechami charakterystycznymi startupów jest:

- wykorzystanie nowych technologii – szczególnie technologii informacyjno-komunikacyjnych
- próba wprowadzenia na rynek nowego produktu lub usługi, często przy wykorzystaniu innowacyjnego modelu biznesowego, przy jednoczesnej niemożności przewidzenia reakcji klientów i konkurencyjnych firm, co wiąże się z dużym ryzykiem
- krótki okres działalności (zazwyczaj do 5 lat)
- wykorzystanie skalowalnego modelu biznesowego
- dążenie do szybkiego wzrostu.

Rozwój startupów zależny jest od wielu czynników, a uwarunkowania rozwoju można podzielić na endogeniczne i egzogeniczne.<sup>5</sup> Do egzogenicznych uwarunkowań należą prawne aspekty działalności innowacyjnej, programy rządowe, łatwość uzyskania wsparcia finansowego, gwarantowanego przez państwo i instytucje samorządowe, współpraca przedsiębiorstw ze strefą nauki, dopasowanie szkolnictwa wyższego do szybko zmieniających się warunków rynkowych, infrastruktura, szeroko

---

<sup>1</sup> <https://startupgenome.com/reports/gser2020>, s. 14, dostęp 13.03.2021

<sup>2</sup> Definicja Oxford Languages cytowana przez [google.com](https://www.google.com), dostęp 13.03.2021

<sup>3</sup> <https://www.investopedia.com/terms/s/startup.asp>, dostęp 13.03.2021

<sup>4</sup> A. Grycuk, *Wybrane narzędzia wspierania startupów w Polsce*. Studia BAS, nr 2(58) 2019, s. 155

<sup>5</sup> K. Szymańska, M. Kuranowski, *Uwarunkowania rozwoju start-upów w Polsce*, Przegląd Nauk Ekonomicznych, nr 29/2018, s.96



pojęta współpraca przedsiębiorstw, rynek regionalny, krajowy i zagraniczny, czynniki społeczne i kulturowe, ochrona wartości intelektualnej i dynamicznie zmieniające się otoczenie, w którym działa startup. Do drugiej grupy czynników wpływających na rozwój startupów – uwarunkowań endogenicznych – należą: zasoby ludzkie, elastyczność organizacji oraz jej struktur, doświadczenie w prowadzeniu biznesu, misja, wizja oraz strategia organizacji, zdolność adaptacji innowacji, umiejętność szybkiego reagowania na zmiany.

## 1.2. Ekosystemy startupowe na świecie

Wskutek zwiększającej się liczby startupów na świecie, pojawiło się również zapotrzebowanie na mechanizmy wspierające tego rodzaju firmy, co w efekcie spowodowało powstanie koncepcji tzw. ekosystemu startupowego (*ang. Startup ecosystem*). Ekosystem startupowy jest tworzony przez ludzi, przedsiębiorstwa i organizacje działające zazwyczaj w jednej lokalizacji, współpracujących jako system w celu tworzenia i wspierania istniejących startupów.

Zazwyczaj w ramach ekosystemów startupowych w jednej lokalizacji znajdują się i/lub współdziałają m.in.<sup>6</sup>:

- Startupy w różnych fazach rozwoju wraz z ich pracownikami
- Przedsiębiorcy
- Aniołowie biznesu (*ang. Business angels*)
- Mentorzy, doradcy
- Organizatorzy wydarzeń związanych ze startupami
- Uczelnie wyższe i studenci
- Inkubatory przedsiębiorczości i akceleratory startupowe
- Przestrzenie coworkingowe
- Konkursy dla startupów
- Osoby lub instytucje oceniające modele biznesowe
- Inwestorzy indywidualni
- Portale crowdfundingowe
- Fundusze Venture Capital

Organizacja Startup Genome przygotowała raport *The Global Startup Ecosystem Report 2020*<sup>7</sup> mający na celu próbę klasyfikacji światowych ekosystemów startupowych – w celu wyłonienia rejonów lub

---

<sup>6</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Startup\\_ecosystem](https://en.wikipedia.org/wiki/Startup_ecosystem), dostęp 13.03.2021

<sup>7</sup> <https://startupgenome.com/article/rankings-top-40>, dostęp 13.03.2021

miast najbardziej sprzyjających przedsiębiorcom szukającym wsparcia na różnych fazach rozwoju startupów.

Metodologia przyznawania ocen jest złożona<sup>8</sup>, natomiast finalna ocena jest wypadkową 6 głównych czynników:

1. Wydajność (*ang. Performance*) – ogólna wydajność ekosystemu (m.in. liczba i wartość firm wchodzących na giełdę, sukcesy startupów, wartość ekosystemu)
2. Finansowanie (*ang. Funding*) – metryki dotyczące dostępu do finansowania uwzględniając wartość i jakość mechanizmów finansujących
3. Dostęp do rynku (*ang. Market reach*) – dostęp do grupy odbiorców globalnych i lokalnych
4. Połączenia (*ang. Connectedness*) – dostęp do lokalnych i globalnych zasobów wiedzy domenowej
5. Talent (*ang. Talent*) – dostęp do wykwalifikowanych pracowników oraz jakość ich doświadczenia
6. Wiedza (*ang. Knowledge*) – liczba i jakość patentów naukowych w danym rejonie; wyniki badań naukowych prowadzonych przez naukowców i ośrodki R&D
7. \*Współczynnik wzrostu (*ang. growth index*) – czynnik dodatkowy, nie wpływający na ranking – wzrost wartości pierwszych ofert publicznych (*ang. IPO*), wzrost wartości finansowania (seed funding i Series A) między rokiem 2015, a 2017.

W pierwszej dziesiątce rankingu ekosystemów startupowych na świecie (*Top Startup Ecosystems*) plasują się takie miasta lub rejony jak: Dolina Krzemowa, Nowy Jork, Londyn, Pekin, Boston, Tel Awiw, Los Angeles, Szanghaj, Seattle, Sztokholm.

---

<sup>8</sup> Startup Genome, *The Global Startup Ecosystem Report 2020*, <https://startupgenome.com/reports/gser2020>, dostęp 14.05.2021, s. 184

**Tabela 1. Ranking ekosystemów startupowych na świecie według raportu Global Startup Ecosystem**

|                 | Ranking | Wydajność | Finansowanie | Połączenia | Dostęp do rynku | Wiedza | Talent | Współczynnik wzrostu |
|-----------------|---------|-----------|--------------|------------|-----------------|--------|--------|----------------------|
| Dolina Krzemowa | 1       | 10        | 10           | 7          | 10              | 10     | 10     | 7                    |
| Nowy Jork       | 2       | 10        | 10           | 10         | 9               | 5      | 10     | 7                    |
| Londyn          | 2       | 9         | 10           | 10         | 10              | 7      | 10     | 7                    |
| Pekin           | 4       | 10        | 9            | 1          | 10              | 10     | 10     | 9                    |
| Boston          | 5       | 9         | 9            | 9          | 9               | 5      | 9      | 7                    |
| Tel Awiw        | 6       | 9         | 9            | 8          | 10              | 4      | 9      | 6                    |
| Los Angeles     | 6       | 9         | 10           | 4          | 9               | 7      | 9      | 6                    |
| Szanghaj        | 8       | 10        | 8            | 1          | 8               | 10     | 9      | 9                    |
| Seattle         | 9       | 8         | 6            | 9          | 8               | 7      | 8      | 6                    |
| Sztokholm       | 10      | 8         | 5            | 5          | 8               | 3      | 7      | 4                    |
| Waszyngton      | 11      | 5         | 7            | 7          | 7               | 1      | 8      | 6                    |
| Amsterdam       | 12      | 6         | 7            | 10         | 7               | 1      | 7      | 6                    |
| Paryż           | 13      | 4         | 9            | 9          | 1               | 1      | 8      | 4                    |
| Chicago         | 14      | 5         | 6            | 6          | 6               | 1      | 8      | 7                    |
| Tokio           | 15      | 7         | 8            | 1          | 3               | 9      | 7      | 8                    |
| Berlin          | 16      | 7         | 7            | 10         | 2               | 1      | 7      | 7                    |
| Singapur        | 17      | 4         | 8            | 7          | 8               | 1      | 4      | 7                    |
| Toronto         | 18      | 5         | 8            | 8          | 6               | 2      | 6      | 8                    |
| Austin          | 19      | 5         | 6            | 7          | 5               | 7      | 6      | 8                    |
| Seul            | 20      | 7         | 3            | 1          | 9               | 10     | 5      | 4                    |
| San Diego       | 21      | 6         | 2            | 3          | 7               | 6      | 6      | 6                    |
| Shenzhen        | 22      | 7         | 6            | 1          | 1               | 9      | 5      | 9                    |
| Atlanta         | 23      | 4         | 1            | 4          | 6               | 1      | 6      | 6                    |
| Denver          | 24      | 3         | 5            | 6          | 5               | 4      | 5      | 5                    |
| Vancouver       | 25      | 6         | 1            | 5          | 5               | 2      | 4      | 7                    |
| Bongalore       | 26      | 4         | 7            | 8          | 1               | 8      | 2      | 5                    |
| Sydney          | 27      | 3         | 3            | 8          | 1               | 1      | 5      | 6                    |
| Hangzhou        | 28      | 8         | 2            | 1          | 1               | 9      | 3      | 9                    |
| Hong Kong       | 29      | 3         | 4            | 1          | 7               | 1      | 1      | 6                    |
| Sao Paulo       | 30      | 6         | 1            | 4          | 2               | 1      | 1      | 9                    |

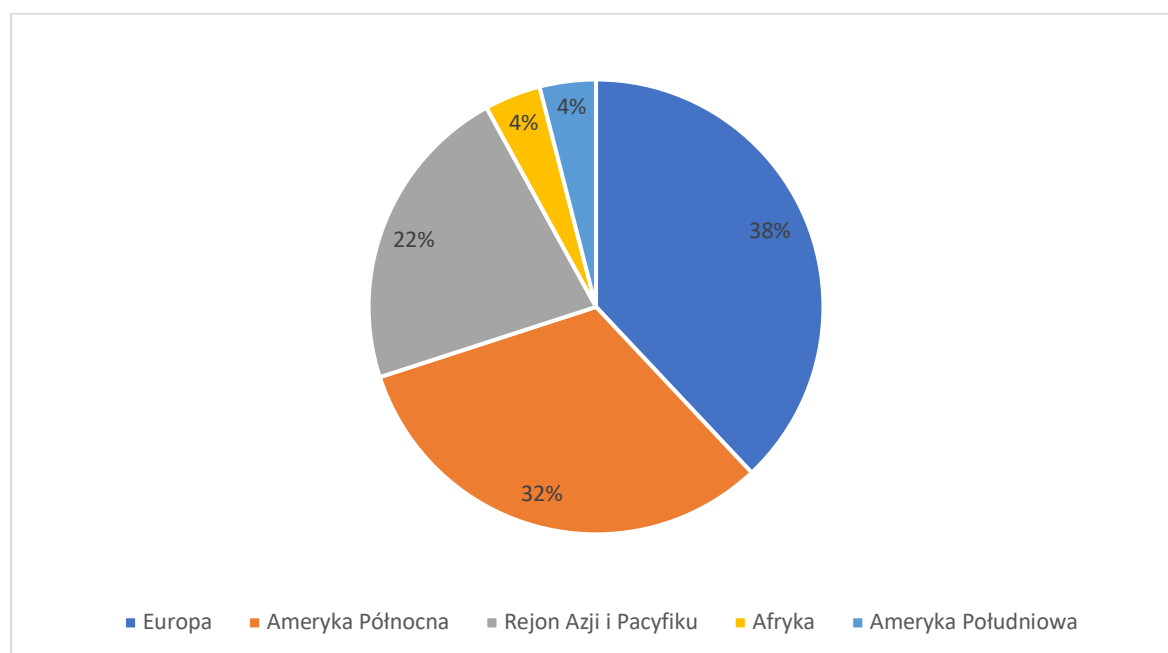
Źródło: Opracowanie własne na podstawie <https://startupgenome.com/reports/gser2020>, s. 27, dostęp 14.03.2021.

Znacznym beneficjentem globalnego rozwoju technologicznego jest przede wszystkim rejon Azji i Pacyfiku – udział miast z tego rejonu wśród największych ekosystemów startupowych na świecie urosł od 20% w roku 2012 do aż 30% w roku 2020. Wśród 12 miast azjatyckich, w zestawieniu znalazły się aż 4 chińskie miasta: Pekin (北京), Szanghaj (上海), Shenzhen (深圳) – znane z robotyki oraz zaawansowanych technologii przemysłowych oraz Hangzhou (杭州) – siedziba przedsiębiorstwa Alibaba Group (阿里巴巴集团). Warto zwrócić uwagę, że to właśnie chińskie miasta charakteryzują się najwyższym współczynnikiem wzrostu (*ang. Growth Index*) wśród wszystkich ujętych w rankingu.

W tyle nie zostaje Europa – według rankingu Top 100 Emerging Ecosystems Ranking<sup>9</sup>, wśród wzrastających ekosystemów startupowych aż 38% stanowią miasta europejskie, w tym Zurych (miejsce 3.), Helsinki (4.), Barcelona i Madryt (6. ex aequo) czy Manchester-Liverpool (9.).

<sup>9</sup> Startup Genome, *Top 100 Emerging Ecosystems Ranking*, <https://startupgenome.com/reports/gser2020>, s.44, dostęp 14.03.2021

**Rysunek 1. Udział wzrastających ekosystemów startupowych według regionu**



Źródło: Opracowanie własne na podstawie startuogenome.com, dostęp 16.03.2021.

### 1.3. Unicorny – prywatne firmy o wartości przewyższającej 1 miliard USD

Mając wstępne pojęcie o światowym ekosystemie startupowym, przyjrzyjmy się statystkom oceniającym tzw. unicorny, czyli prywatne firmy o wartości przewyższającej 1 miliard USD.<sup>10</sup>

**Tabela 2. Najwyżej wyceniane firmy o kapitale prywatnym na świecie**

| Miejsce | Firma         | Wycena (\$mld) | Kraj              | Sektor                       |
|---------|---------------|----------------|-------------------|------------------------------|
| 1       | Bytedance     | \$140,00       | Chiny             | Sztuczna inteligencja        |
| 2       | SpaceX        | \$74,00        | Stany Zjednoczone | Przemysł Kosmiczny           |
| 3       | Didi Chuxing  | \$62,00        | Chiny             | Transport                    |
| 4       | Instacart     | \$39,00        | Stany Zjednoczone | Logistyka i łańcuch dostaw   |
| 5       | Stripe        | \$36,00        | Stany Zjednoczone | Fintech                      |
| 6       | UiPath        | \$35,00        | Stany Zjednoczone | Sztuczna inteligencja        |
| 7       | Global Switch | \$31,00        | Wielka Brytania   | Hardware                     |
| 8       | Roblox        | \$29,50        | Stany Zjednoczone | Internet software            |
| 9       | Databricks    | \$28,00        | Stany Zjednoczone | Analiza i zarządzanie danymi |
| 10      | Rivian        | \$27,60        | Stany Zjednoczone | Transport                    |

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [https://www.cbinsights.com/reports/CB-Insights\\_Global-Unicorn-Club\\_2021.xlsx](https://www.cbinsights.com/reports/CB-Insights_Global-Unicorn-Club_2021.xlsx), dostęp 14.03.2021

<sup>10</sup> S. Hirst, K. Kastiel *Corporate Governance by Index Inclusion*, Boston University Law Review 2019, s. 1270, dostęp 14.03.2021

Największą firmą o kapitale prywatnym jest pekiński gigant internetowy Bytedance (字节跳动有限公司) – przedsiębiorstwo „stojące” m.in. za platformą społecznościową TikTok. W pierwszej dziesiątce plasuje się również chiński „odpowiednik” amerykańskiego Ubera - Didi Chuxing (滴滴出行). Niemniej jednak, w rankingu dominują firmy amerykańskie, takie jak SpaceX Elona Muska czy fintechowe przedsiębiorstwo Stripe.

Stripe nie jest oczywiście jedynym fintechowym unicornem na liście – w rzeczywistości aż 86 firm z prestiżowego *Klubu Jednorożców* (ang. *Unicorn Club*) działa właśnie w tej branży. Na liście znajduje się jedynie więcej firm internetowych (91). Drugim sektorem pod względem łącznej wyceny jest sztuczna inteligencja, pomimo faktu, że tylko 49 firm z tej branży znalazło się w rankingu.

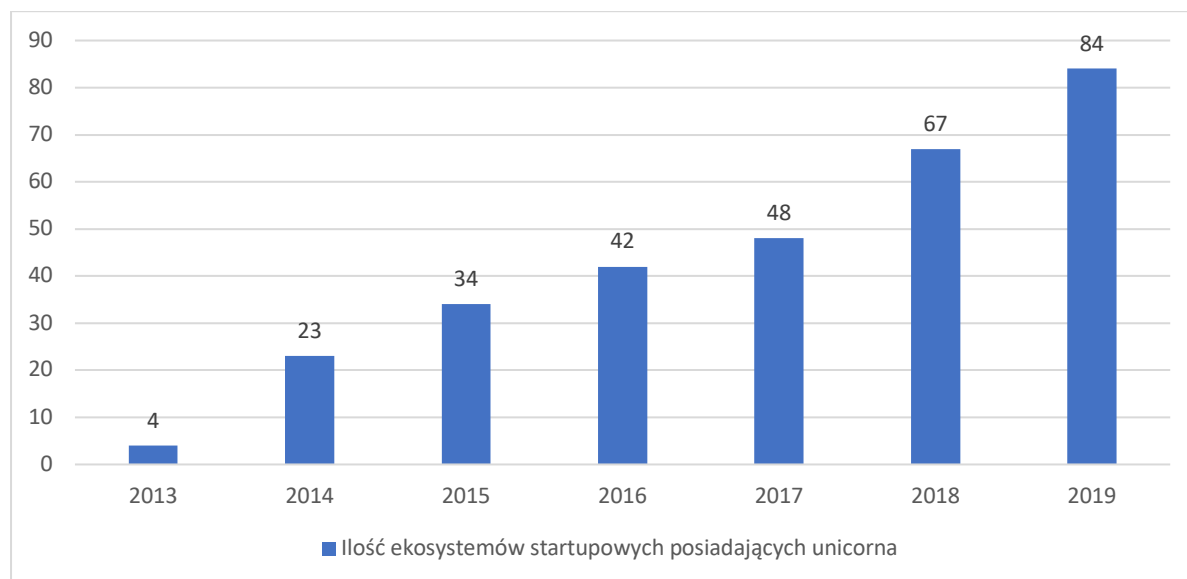
**Tabela 3. Firmy o kapitale prywatnym wycenie ponad 1mld USD według sektora**

| Sektor                       | Liczba firm | Wycena (\$mld) |
|------------------------------|-------------|----------------|
| Fintech                      | 86          | 301,21         |
| Sztuczna inteligencja        | 49          | 281,74         |
| Internet                     | 92          | 229,34         |
| Transport                    | 30          | 174,52         |
| E-commerce                   | 72          | 172,5          |
| Inne                         | 40          | 161,93         |
| Logistyka i łańcuch dostaw   | 31          | 120,64         |
| Zdrowie                      | 42          | 104,81         |
| Hardware                     | 22          | 101,53         |
| EdTech                       | 23          | 64,44          |
| Telekomunikacja              | 33          | 58,45          |
| Analiza i zarządzanie danymi | 19          | 56,78          |
| Retail                       | 19          | 45,29          |
| Cyberbezpieczeństwo          | 20          | 37,64          |
| Podróże                      | 12          | 27,45          |
| Edukacja                     | 1           | 2,4            |

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [https://www.cbinsights.com/reports/CB-Insights\\_Global-Unicorn-Club\\_2021.xlsx](https://www.cbinsights.com/reports/CB-Insights_Global-Unicorn-Club_2021.xlsx), dostęp 14.03.2021

Co ciekawe, w porównaniu z rokiem 2013, dwudziestojednokrotnie wzrosła do 2019 roku liczba ekosystemów startupowych, które wytworzyły przynajmniej jedną firmę, która urosła do statusu unicorna.

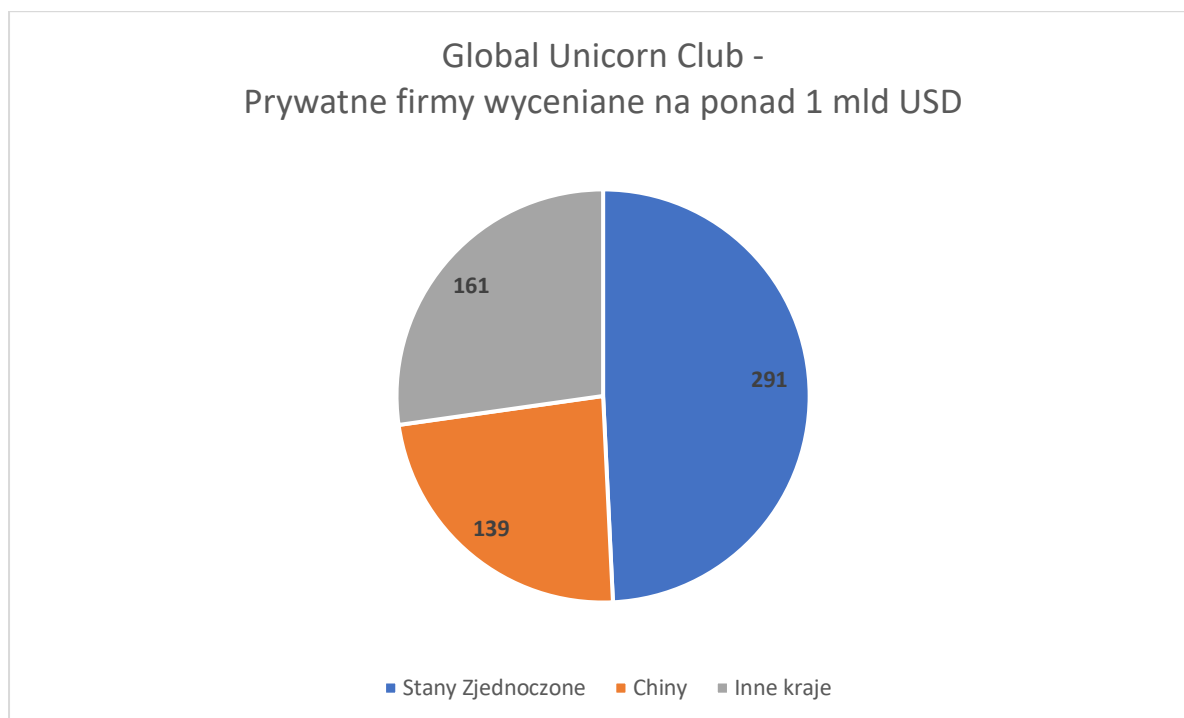
**Rysunek 2. Liczba ekosystemów startupowych na świecie posiadających przynajmniej jednego "unicorna"**



Źródło: Opracowanie własne na podstawie [startupgenome.com](http://startupgenome.com), dostęp 14.03.2021

Według stanu na dzień 14.03.2021 na świecie działa 591 firm o prywatnym kapitale, których wartość przekracza barierę 1mld USD. Pod względem geograficznym, w rankingu dominują dwie potęgi technologiczno-gospodarcze – USA (48% firm) oraz Chiny (28% firm).

**Rysunek 3. Global Unicorn Club – liczba prywatnych firm wycenianych na ponad 1 miliard USD według kraju**



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych CB Insights.

Jak widać, światowy ekosystem startupów rośnie dynamicznie, rokrocznie generując coraz większą wartość wytwarzanych produktów i usług. Rozwój technologii informacyjnych ułatwia dostęp do utalentowanych pracowników, zapewniając niespotykaną dotąd wymianę informacji i wiedzy między przedsiębiorcami i naukowcami. Uwarunkowania społeczno-ekonomiczne wielu krajów sprzyjają rozwojowi startupów, a dostęp do platform edukacyjnych pozwala studentom i entuzjastom rozwijać zainteresowania nowymi technologiami i uzyskać cenne wskazówki od doświadczonych mentorów.

Niemniej jednak, kluczem do rozwoju generujących wysokie koszty początkowe startupów jest dostęp do finansowania. Warto więc przyjrzeć się światowi Venture Capital, który pełni rolę motoru napędowego dla firm technologicznych na wszystkich fazach rozwoju.

#### 1.4. Mechanizm działania funduszy Venture Capital

Zgodnie z definicją National Venture Capital Association<sup>11</sup>, fundusze Venture Capital (*ang. Venture Capital firms*) to profesjonalne instytucje zarządzające kapitałem podwyższonego ryzyka, które wspierają najbardziej innowacyjne i obiecujące firmy. Zazwyczaj fundusze Venture Capital wspierają firmy:

- Które nie skorzystały z finansowania dłużnego (*ang. Debt financing*)
- Których działalność może zagrozić istniejącym na rynku usługom lub produktom
- Zwykle potrzebujące od 5 do 8 lat (lub dłużej) do osiągnięcia dojrzałości.

W praktyce Venture Capital jest sposobem finansowania rozwoju przedsiębiorstw, który – w przeciwieństwie do tradycyjnego finansowania długiem (*ang. Debt financing*) - polega na wprowadzeniu kapitału w formie „właścicielskiej”<sup>12</sup>. Dzięki temu inwestor indywidualny lub instytucjonalny staje się współwłaścicielem spółki, kupując w niej udziały. Cechą charakterystyczną jest fakt, że firma zasilana jest kapitałem na ściśle określony czas, a po jego upływie środki są wycofywane. W związku z tym, w zamian za podjęte ryzyko, inwestorzy oczekują szybkiego wzrostu wartości firmy, w którą inwestują.

Na rynku funduszy Venture Capital istotną rolę odgrywają 4 główne podmioty:

1. Przedsiębiorcy – pozyskujący środki finansowe i z różnych źródeł, które stanowią kapitał rozwojowy dla firm.
2. Bankierzy Inwestyjni – szukający firm, które można sprzedać.
3. Prywatni inwestorzy – szukający wysokich zwrotów z inwestycji.
4. Venture Capital – czyli instytucje łączące trzy wyżej wymienione grupy, tworzące dla nich rynek i w ten sposób odnoszące zyski.

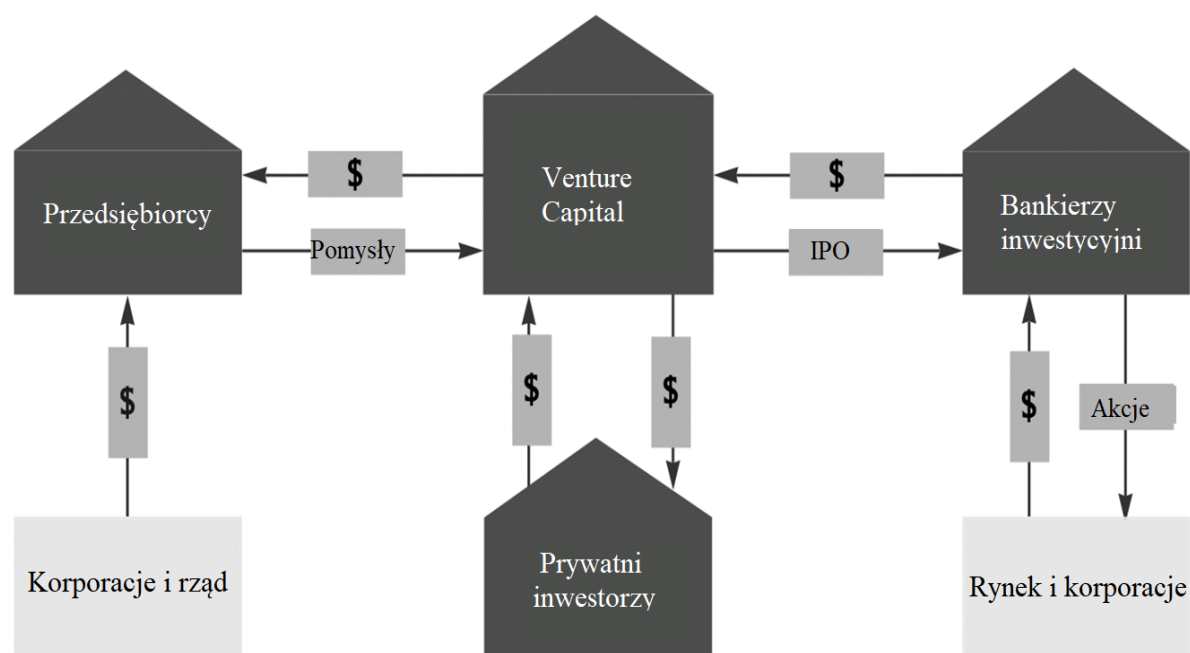
---

<sup>11</sup> <https://nvca.org/about-us/what-is-vc/>, dostęp 17.03.2021

<sup>12</sup> P. Tamowicz, *Venture Capital – kapitał na start*, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, 2004, s. 7



Rysunek 4. Jak działa rynek funduszy Venture Capital?



Źródło: Opracowanie własne na podstawie B. Zyder, How Venture Capital works? Harvard Business Review, November-December 1998, Reprint Number 98611.

### 1.5. Korzyści dla startupów ze wsparcia przez fundusze Venture Capital

Startupy i przedsiębiorcy muszą zazwyczaj spełnić określone warunki, żeby otrzymać kredyt – banki w ocenie zdolności kredytowej polegają na empirycznych danych finansowych wynikających z dokumentów takich jak rachunek zysków i strat czy zestawienia bilansowe. W rezultacie, startupy we wczesnych fazach rozwoju często nie kwalifikują się do uzyskania pożyczek, ponieważ nie posiadają aktywów mogących stanowić zabezpieczenie pożyczki.

Dla kontrastu, fundusze Venture Capital obierają inne podejście przy ocenie, czy warto wesprzeć kapitałem danego przedsiębiorcę. W ramach algorytmów wyceny startupów przez fundusze Venture Capital, brane pod uwagę są m.in. następujące zmienne<sup>13</sup>: struktura i stan branży, potencjał i wzrost branży, doświadczenie założyciela startupu w branży, zarządzaniu i środowisku startupowym, sieć kontaktów biznesowych, wielkość rynku czy dojrzałość firmy.

Następnie, na podstawie uzyskanej wyceny określana jest wartość firmy, a fundusz Venture Capital wnosi kapitał właścicielski uzyskując dzięki temu udziały. Dla przykładu, fundusz inwestujący 1 mln USD w startup wyceniony na 10 mln USD uzyska w nim 10% udziałów, licząc na dynamiczny wzrost wartości firmy w kolejnych latach.

<sup>13</sup> T. Miloud, A. Aspelund, M. Cabrol. *Startup valuation by venture capitalists: an empirical study*, Venture Capital, Taylor & Francis (Routledge), 2012, s.151-174.

Nie są to rzecz jasna precyzyjne metryki ewaluacyjne i inwestycje w startupy obarczone są wysokim ryzykiem. Niemniej jednak, empiryczne przypadki wzrostu pojedynczych firm (opisane dalej w tym rozdziale), jak również globalny rozwój ekosystemów startupowych zasilanych przez środki finansowe pozyskane od funduszy Venture Capital dowodzą, że rynek ten rośnie stale w siłę.

Warto dodać, że środki finansowe pozwalające na szybki rozwój nie są jedyną korzyścią dla startupów wynikającą ze współpracy z inwestorami Venture Capital. Zazwyczaj naturalnym następnikiem inwestycji jest również wsparcie merytoryczne, które fundusze Venture Capital zapewniają swoim „podopiecznym” startupom. Może ono przyjmować postać doradztwa biznesowego lub polegać na wsparciu w rekrutacji talentów do firmy czy wykorzystaniu kontaktów biznesowych do budowy sieci kontrahentów i poddostawców.

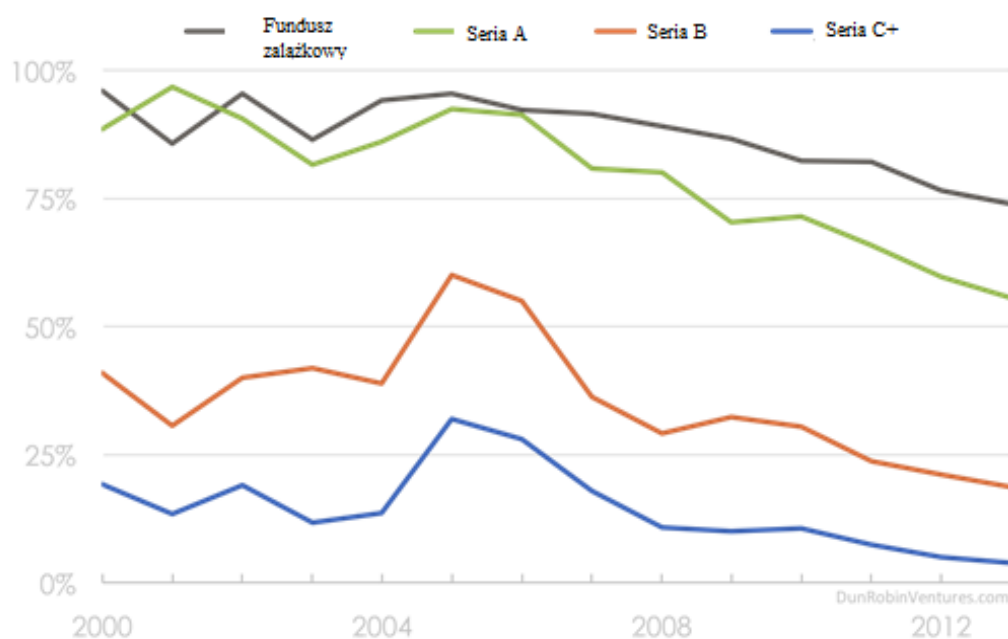
### 1.6. Cykl finansowania Venture Capital: od kapitału startowego do oferty publicznej

Zazwyczaj startup wsparty przez Venture Capital w trakcie cyklu życia przechodzi przez kilka rund finansowania. We wczesnych fazach kapitał alokowany jest w wytworzenie tzw. MVP (*ang. Minimum Viable Product*) – produktu posiadającego tylko konieczne funkcjonalności, zapewniające wartość dla użytkownika końcowego. Często dużą rolę w finansowaniu na tym etapie odkrywają Aniołowie Biznesu (*ang. Business Angels*) oraz środki zebrane samodzielnie przez założyciela startupu.

Początkowo kapitał wykorzystywany jest na rozwój produktu, eksplorację nowego rynku oraz eksplorację nowych segmentów klientów. W dalszych etapach cyklu rozwoju, startup kontynuuje zwiększanie przychodów, chociaż niekoniecznie jest już zyskowy. Środki pozyskane na tym etapie zazwyczaj pozwalają na ekspansję międzynarodową i przejęcia konkurencyjnych firm. Na końcu firma emituje akcje i wchodzi na giełdę lub zostaje przejęta w ramach transakcji M&A – co zapewnia zwrot inwestorom.

Nie ulega wątpliwości, że inwestycje na wczesnym etapie rozwoju startupu obarczone są wyższym ryzykiem. Z drugiej strony, dają one również szanse na wyższe zwroty. Rysunek 5 przedstawia odsetek upadku startupów w zależności od rundy finansowania – na podstawie danych firmy Dun Robin Ventures.

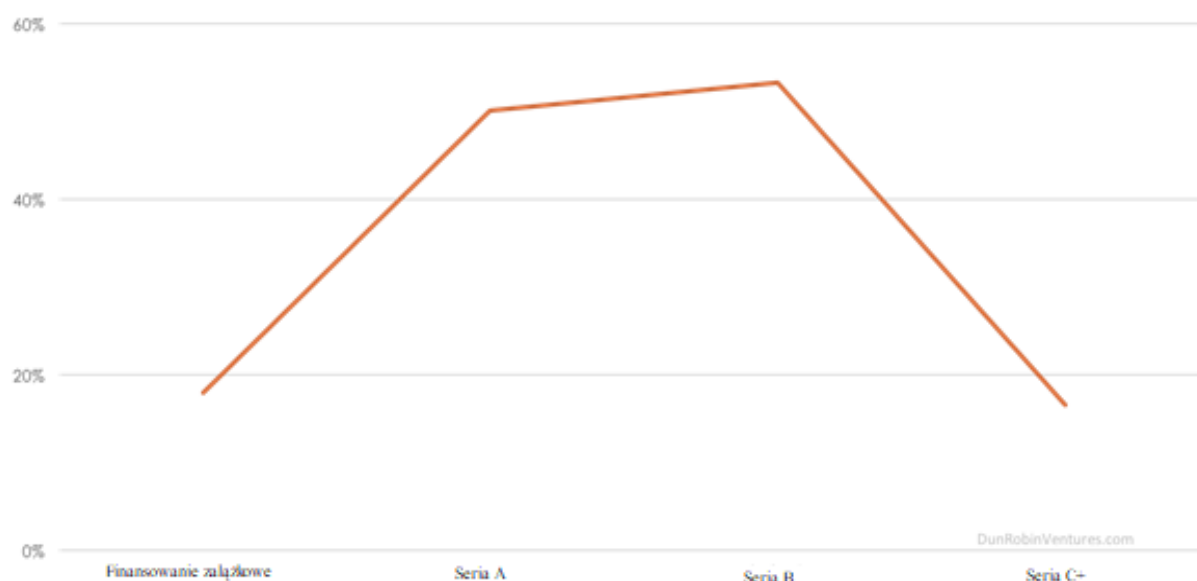
Rysunek 5. Odsetek upadku startupu w zależności od rundy finansowania.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie <https://medium.com/@bharatanant/evaluating-the-risk-reward-relationship-across-funding-rounds-5c951f21236b>, dostęp 17.03.2021

Ta sama firma obliczyła również uwzględniające ryzyko oczekiwane wartości zwrotu z inwestycji w startupy z podziałem na rundy finansowania. Na podstawie przygotowanego rysunku 5 można stwierdzić, że najwyższe oczekiwane stopy zwrotu z inwestycji wynoszą ponad 50% dla serii A i B, natomiast są niższe dla kapitału założkowego (*ang. Seed funding*) i serii C+.

Rysunek 6. Uwzględniające ryzyko oczekiwane stopy zwrotu z inwestycji w zależności od rundy finansowania



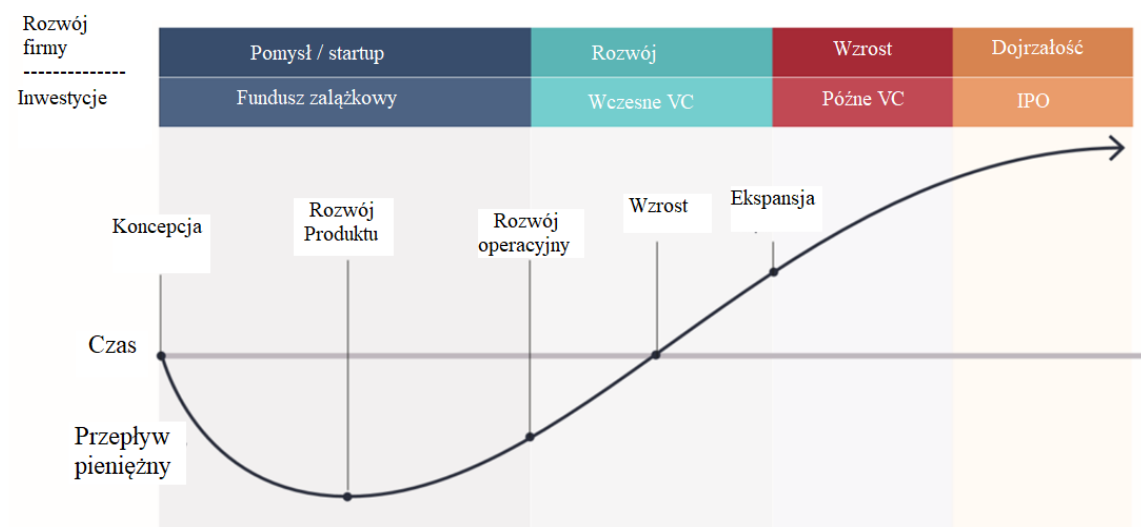
Źródło: Opracowanie własne na podstawie <https://medium.com/@bharatanant/evaluating-the-risk-reward-relationship-across-funding-rounds-5c951f21236b>, dostęp 17.03.2021

Dodatkowym punktem widzenia pozwalającym zrozumieć cykl finansowania startupów jest ujęcie w oparciu o przepływ środków finansowych (*ang. Cash flow*). Portal CB Insights podzielił finansowanie na 3 etapy:

- finansowanie załóżkowe (*ang. Seed funding*)
- finansowanie Venture Capital na wczesnym etapie (*ang. Early stage Venture Capital*)
- finansowanie Venture Capital na późnym etapie (*ang. Late stage Venture Capital*)

Na etapie pomysłu, przepływ pieniężny zazwyczaj jest ujemny, a rozwój produktu zasilany jest przez kapitał załóżkowy. Wczesna faza Venture Capital rozpoczyna się z chwilą, kiedy firma osiąga dojrzałość operacyjną, co zazwyczaj (choć niekoniecznie) związane jest również ze zbliżającym się momentem osiągnięcia zysków. Natomiast środki pozyskane w późnej fazie Venture Capital zazwyczaj stanowią dodatkowy kapitał pozwalający na ekspansję rynkową.

**Rysunek 7. Związek między finansowaniem a przepływem pieniężnym startupu**



Źródło: Opracowanie własne na podstawie [https://www.cbinsights.com/research/report/what-is-venture-capital/#what\\_is](https://www.cbinsights.com/research/report/what-is-venture-capital/#what_is), dostęp 17.03.2021

Tabela 4 podsumowuje zawarte w tym rozdziale dane dotyczące rund finansowania startupów przez fundusze Venture Capital.

**Tabela 4. Charakterystyka rund finansowania startupów.**

| <b>Etap finansowania</b> | <b>Typowa wartość finansowania</b> | <b>Przeznaczenie kapitału</b>                                                                                                                                                                          | <b>Przykłady Venture Capital inwestujących na tym etapie</b>                                                                | <b>Przykład inwestycji</b>                                                                                     |
|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Etap załączkowy          | Od 250.000 do 2.000.000 USD        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inwestycja w pomysł biznesowy</li> <li>• Wiele startupów po wykorzystaniu kapitału zebranego w ramach finansowania załączkowego doświadcza porażki</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Y Combinator</li> <li>• First Round Capital</li> <li>• Founders Fund</li> </ul>    | 2004r. – Peter Thiel (współzałożyciel PayPal) w zamian za 10,2% udziałów zainwestował 500.000 USD w Facebooka. |
| Seria A                  | Od 2 do 10 milionów USD            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rozwój produktu oraz modelu biznesowego pozwalający na wzrost firmy</li> </ul>                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sequoia Capital</li> <li>• Benchmark</li> <li>• Greylock</li> </ul>                | 2005r. – Accel i Breyer Series zainwestowały w Facebooka podnosząc jego wycenę do 100mln USD.                  |
| Seria B                  | Ponad 10 milionów USD              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zebrany kapitał wykorzystywany jest na szybki wzrost, sprzedaż i marketing oraz ekspansję geograficzną</li> </ul>                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sequoia Capital</li> <li>• Benchmark</li> <li>• IVP</li> </ul>                     | 2006r. – Greylock Partners i Meritech Capital Partners zainwestowali 27,5mln USD w Facebooka                   |
| Seria C                  | Od 10 do 500 milionów USD          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kapitał przeznaczany na podobne cele jak w przypadku serii B; ponad to firma często przygotowuje się do M&amp;A lub IPO</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Accel</li> <li>• Idinvest Partners</li> <li>• Balderton Capital</li> </ul>         | 2007r. – Microsoft przejął 1,6% udziałów Facebooka za 240mln USD                                               |
| Późna faza               | Ponad kilkadziesiąt milionów USD   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umacnianie pozycji wśród konkurencji</li> <li>• Osiągnięcie korzystnych warunków przy ofercie publicznej (IPO)</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• IDG Capital</li> <li>• Insight Partners</li> <li>• Tiger Global Capital</li> </ul> | 2011r. – DST i Goldman Sachs zainwestowały 1,5 mld USD w Facebook                                              |

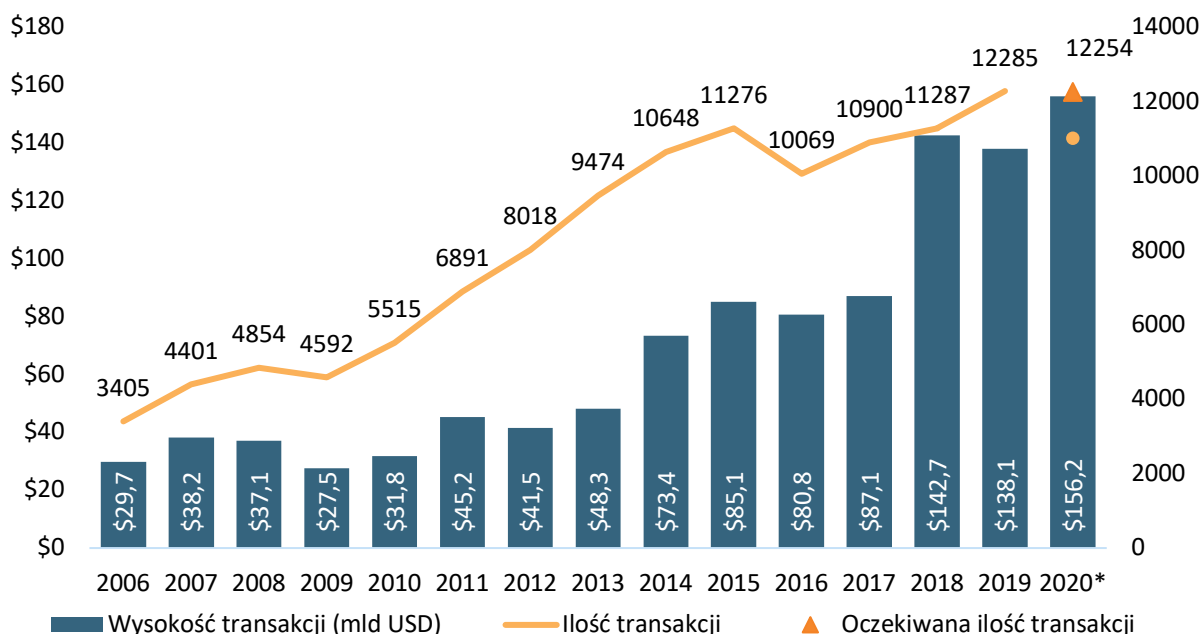
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [https://www.cbinsights.com/research/report/what-is-venture-capital/#what\\_is](https://www.cbinsights.com/research/report/what-is-venture-capital/#what_is), dostęp 17.03.2021

### 1.7. Wzrost branży Venture Capital

Amerykańska organizacja National Venture Capital Association rokrocznie publikuje raport opisujący rynek Venture Capital w Stanach Zjednoczonych. Jak pokazuje rysunek 8, od 2006 r. inwestycje w prywatne startupy zwiększają się. Obecnie poziom inwestycji Venture Capital osiąga drugi najwyższy

poziom w historii – inwestycje były wyższe jedynie w 2000r. podczas tzw. bańki internetowej (*ang. Dot-com bubble*).<sup>14</sup> W inwestycjach przoduje zachodnie wybrzeże USA, w tym Dolina Krzemowa, jak również Nowy Jork.

**Rysunek 8. Liczba i wartość inwestycji Venture Capital w Stanach Zjednoczonych**

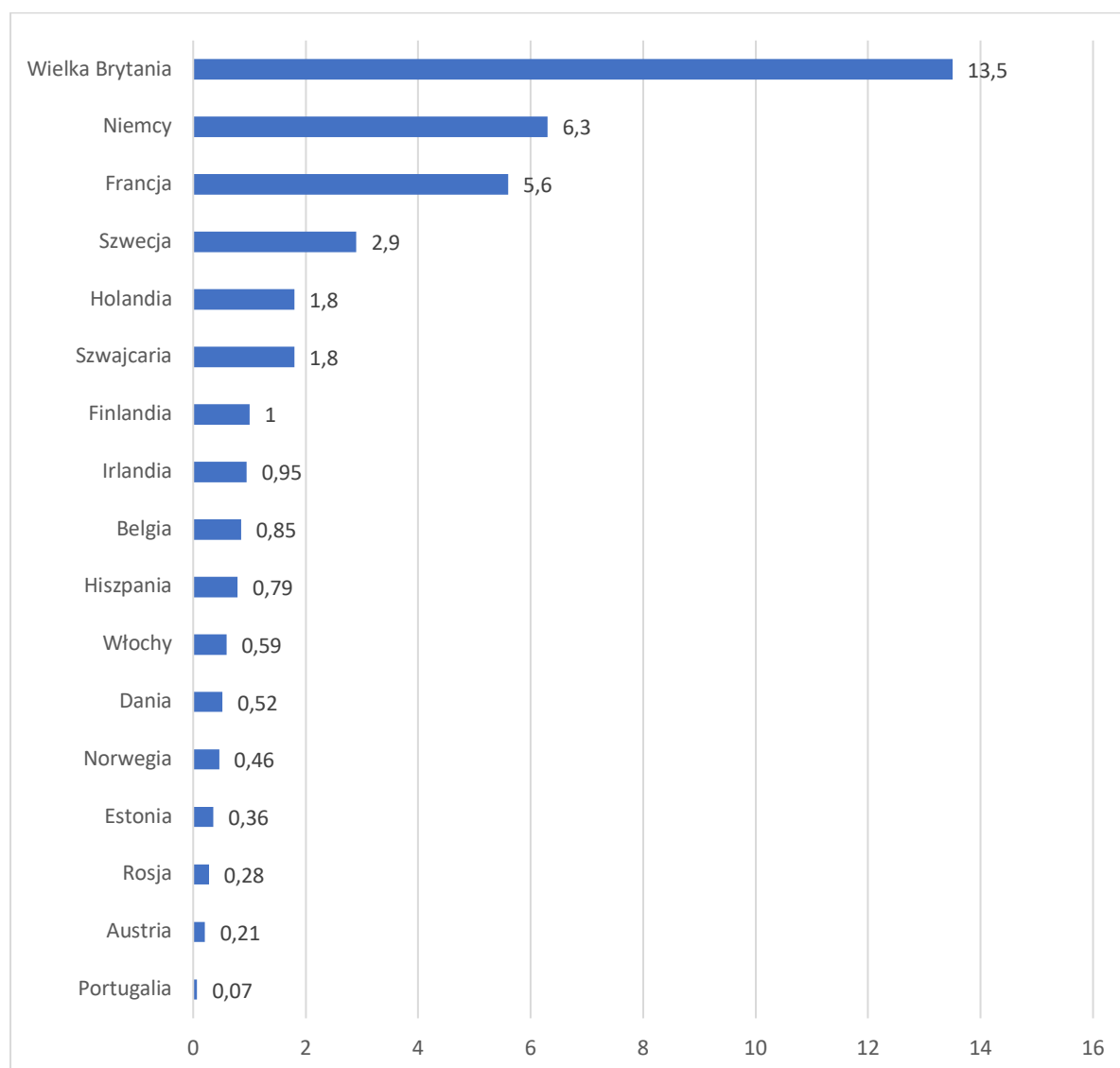


Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych National Venture Capital Association

Nieco inaczej sytuacja wygląda w przypadku Europy. Tutaj, chociaż branża Venture Capital również się rozwija, łączna wartość inwestycji jest nieporównywalnie niższa. Pod tym względem przoduje Wielka Brytania, gdzie inwestycje w 2020r. osiągnęły 13.5 mld euro, czyli ok. 10 razy mniej niż w USA. Pozostałe kraje, w których w 2020r. inwestycje przekroczyły 1 mld euro to Niemcy, Francja, Szwecja, Szwajcaria, Holandia i Finlandia.

<sup>14</sup> A. P. Ljungqvist, W. J. Wilhelm, Jr. *IPO Pricing in the dot-com bubble*, 2002

**Rysunek 9. Łączna wartość inwestycji Venture Capital w krajach europejskich w 2020r.**



Źródło: Opracowanie własne na podstawie <https://www.statista.com/statistics/879080/value-of-investments-by-venture-capital-europe/>, dostęp 20.03.2021

W Azji ekosystemy startupowe i przedsiębiorczość finansowana przez Venture Capital rozwijają się przede wszystkim w Indiach – gdzie inwestycje w 2020r. wyniosły 10 mld USD<sup>15</sup> oraz w Chinach – ok. 40 mld USD<sup>16</sup>.

<sup>15</sup> Bain&Company, *India Venture Capital Report 2020*, [https://www.bain.com/globalassets/noindex/2020/bain\\_report\\_india-venture-capital-report.pdf](https://www.bain.com/globalassets/noindex/2020/bain_report_india-venture-capital-report.pdf), dostęp 21.03.2021

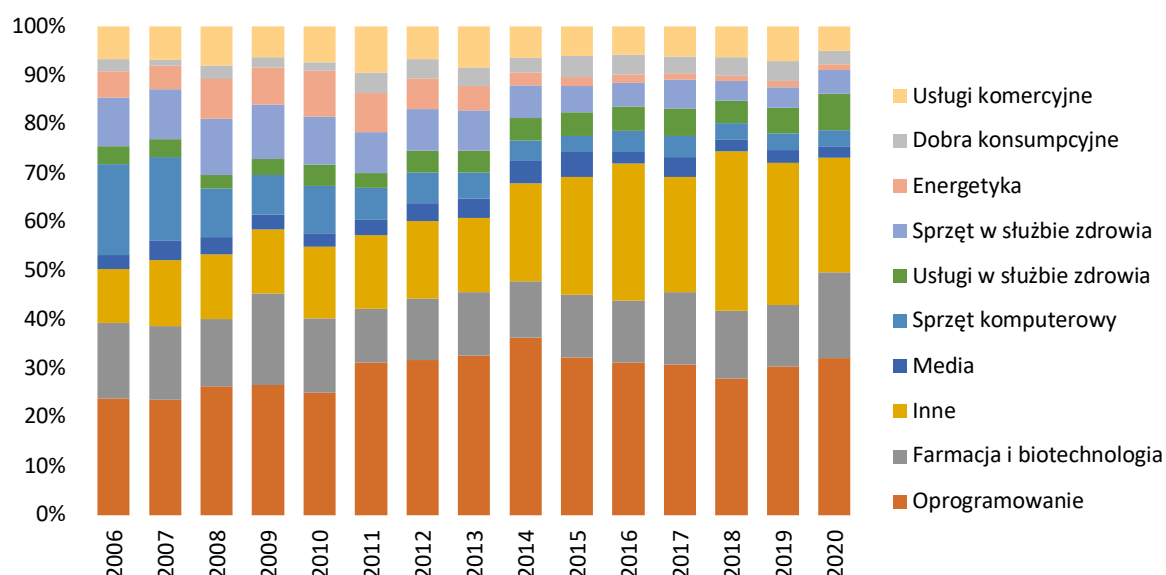
<sup>16</sup> <https://daxueconsulting.com/venture-capital-market-in-china/>, dostęp 21.03.2021



## 1.8. Trendy inwestycyjne wśród funduszy Venture Capital

Jednym z głównych czynników determinujących ocenę opłacalności inwestycji jest branża, w której działa startup oraz perspektywy jej rozwoju.

**Rysunek 10. Inwestycje Venture Capital w USA według sektora**



Źródło: National Venture Capital Association

Jak pokazuje rysunek 10, od 2006 roku nieustannie najbardziej preferowaną przez inwestorów branżą w USA jest oprogramowanie komputerowe (*ang. Software*).

Dalsze zagłębienie się w dane z wielu źródeł pozwala natomiast zrozumieć, że na pierwsze miejsce w wyścigu w walce o finansowanie powoli wysuwają się startupy działające w branży sztucznej inteligencji. W 2010r. łączna wartość inwestycji w prywatne firmy z tego sektora wyniosła 277,3 mln USD, a w ciągu kolejnych 3 lat osiągnęła poziom 1 mld USD rocznie.

Dynamiczny rozwój tego sektora i rosnąca liczba firm oferujących produkty i rozwiązania związane ze sztuczną inteligencją spowodowały, że do 2018 r. inwestycje wzrosły 10-krotnie i wyniosły 26,6 mld USD. Natomiast w 2020r. wartość ta jeszcze się podwoiła, a w sztuczną inteligencję zainwestowano aż 61,6 mld USD, pomimo spowolnienia w branży Venture Capital powstałego na skutek pandemii COVID-19.<sup>17</sup>

Jak pokazują powyższe dane, ten logarytmiczny wzrost finansowania startupów z branży sztucznej inteligencji zestawiony z liniowym wzrostem światowych inwestycji Venture Capital dowodzi, że sztuczna inteligencja odgrywa coraz większą rolę w naszym życiu oraz środowisku biznesowym. Co

<sup>17</sup> <https://insidebigdata.com/2020/07/28/artificial-intelligence-startups-raised-61-6bn-in-total-funding-a-35-jump-in-a-year/>, dostęp 21.03.2021

roku powstają fundusze Venture Capital, w których portfolio dominować mają właśnie startupy zajmujące się sztuczną inteligencją. Światowe korporacje – na przykład Amazon – uzyskują konkurencyjną przewagę dzięki wykorzystaniu sztucznej inteligencji w profilowaniu klientów czy analizie danych. Rozwiązania wykorzystujące sztuczną inteligencję dynamicznie implementowane są w każdej branży - niezależnie od otoczenia geograficznego.

W dalszym etapie pracy zostanie zdefiniowana sztuczna inteligencja, opisane jej narodziny i rozwój oraz podane zostaną praktyczne przykłady firm, które już teraz dominują na rynku dzięki zastosowaniu zaawansowanych rozwiązań wykorzystujących sztuczną inteligencję.

## 2. Podstawy teoretyczne i zastosowanie sztucznej inteligencji

### 2.1. Wstęp

Termin sztuczna inteligencja po raz pierwszy w literaturze pojawił się w 1955r.<sup>18</sup> i użyty był przez Johna McCarthy'ego w ramach wniosku z projektu badawczego. John McCarthy napisał wtedy<sup>19</sup>: „Badanie opiera się na domyśle, że każdy aspekt uczenia się lub innej właściwości inteligencji może w zasadzie być tak precyzyjnie opisany, że może być wykonana maszyna, która go symuluje. Będzie podjęta próba wskazania jak zrobić maszyny, używające języka, tworzące abstrakcje i pojęcia, rozwiązujące problemy zarezerwowane teraz dla ludzi, a ponadto samo ulepszające się.”<sup>20</sup> Od 1956r. sztuczna inteligencja jest przedmiotem licznych badań naukowych, a pod wpływem rozwoju nauki oraz technologii ewoluuje również nasza interpretacja tego pojęcia. Amerykańska korporacja technologiczna IBM<sup>21</sup> posługuje się obecnie następującą definicją sztucznej inteligencji: „W informatyce pojęcie sztuczna inteligencja używane jest w odniesieniu do *ludzkiej* inteligencji wykazywanej przez komputer, robota lub inną maszynę. W powszechnym użyciu pojęcie to odnosi się do zdolności komputera lub maszyny do imitacji możliwości ludzkiego mózgu – nauki na podstawie przykładów i doświadczenia, rozpoznawania obiektów, zrozumienia i odpowiedzi na słowa, podejmowania decyzji, rozwiązywania problemów – i w połączeniu z innymi możliwościami, do wykonywania czynności, które potrafi wykonywać człowiek – takich jak pozdrawianie gości hotelowych lub jazda samochodem”.

Badania nad sztuczną inteligencją od początku skupiały się na grupie ściśle określonych zastosowań: wyciąganiu wniosków, reprezentacji wiedzy, planowaniu, nauce, przetwarzaniu języka naturalnego, percepcji, poruszaniu i manipulowaniu przedmiotami. Do badań wykorzystywano interdyscyplinarną wiedzę ekspercką z dziedzin takich, jak matematyka, informatyka, statystyka, psychologia, lingwistyka, filozofia i wielu innych.<sup>22</sup>

W XXI w. zaobserwowano dynamiczne przyspieszenie badań nad sztuczną inteligencją jako skutek rozwoju mocy obliczeniowej w komputerach i operacji na dużych zbiorach danych (*ang. Big Data*) oraz lepszego zrozumienia teoretycznych podstaw sztucznej inteligencji. Dzięki temu sztuczna inteligencja

---

<sup>18</sup> K. Trzęsicki, *Idea Sztucznej Inteligencji*, Filozofia i Nauka, PAN 2020, s. 70

<sup>19</sup> J. McCarthy, M. L. Minsky, N. Rochester, C.E. Shannon, *A Proposal For The Dartmouth Summer Research Project On Artificial Intelligence*, 1955, <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>, dostęp 1.04.2021

<sup>20</sup> “The study is to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it. An attempt will be made to find how to make machines use language, form abstractions and concepts, solve kinds of problems now reserved for humans, and improve themselves.”

<sup>21</sup> <https://www.ibm.com/cloud/learn/what-is-artificial-intelligence>, dostęp 01.04.2021

<sup>22</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial\\_intelligence#cite\\_note-Problems\\_of\\_AI-20](https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence#cite_note-Problems_of_AI-20), dostęp 1.04.2021

znalazła znaczące zastosowanie w przemyśle technologicznym, pomagając rozwiązać problemy naukowe oraz usprawniając procesy i produkty biznesowe.

W 2017r. maszyna AlphaGo – zaprojektowana przez Google – dzięki wykorzystaniu zaawansowanych technologii sztucznej inteligencji pokonała w grze Go mistrza świata – chińczyka Ke Jie.<sup>23</sup> Chociaż gry zasady w Go są proste, to złożoność drzewa gry (*ang. Game-tree complexity*) wynosi aż  $10^{170}$ , co sprawia, że Go jest jedną z najtrudniejszych gier dla algorytmów komputerowych.<sup>24</sup> Było to na tyle znaczące wydarzenie, że na całym świecie wzbudziło zainteresowanie naukowców zajmujących się sztuczną inteligencją.

Rozwój i komercjalizacja sztucznej inteligencji mają też wpłynąć na dynamiczny rozwój gospodarczy. Firma PricewaterhouseCoopers szacuje, że wykorzystanie sztucznej inteligencji zwiększy globalne PKB o 15,7 biliona USD do roku 2030<sup>25</sup>. Prawie połowa tej wartości ma przypaść Chinom (7 bilionów USD), a ok 25% Ameryce Północnej (3,7 biliona USD).

Dane z portalu Google Scholar również potwierdzają tezę o dynamicznym rozwoju badań naukowych w zakresie sztucznej inteligencji. Liczba cytowań pracy zespołu Microsoftu "Deep Residual Learning for Image Recognition" wzrosła w 2020 r. z 25256 do 49301 – najwięcej ze wszystkich tekstów naukowych ujętych w rankingu. Wśród pięciu najczęściej cytowanych artykułów z czasopisma Nature (najbardziej wpływowe czasopismo naukowe według Google Scholar), aż trzy dotyczą sztucznej inteligencji – najpopularniejszy artykuł „Deep Learning” był cytowany 27375 razy, podczas gdy najpopularniejsza praca nie związana ze sztuczną inteligencją ma jedynie 6387 cytowań. Oprócz artykułów i badań naukowych, na popularności dynamicznie zyskują również konferencje naukowe.<sup>26</sup>

W związku z ogromnym potencjałem tej branży i technologii, warto zastanowić się, jak wyglądał rozwój sztucznej inteligencji, czemu zawdzięcza ona swoją popularność i jakie są perspektywy rozwoju. W dalszej części rozdziału opiszę również podstawowe zagadnienia teoretyczne w zakresie działania sztucznej inteligencji oraz pokażę praktyczne zastosowania tej technologii w środowisku korporacji i startupów.

## 2.2. Uczenie głębokie jako przełom w badaniach nad sztuczną inteligencją

W połowie lat 50. XX wieku rozpoczęto na większą skalę badania nad sztuczną inteligencją.<sup>27</sup> Do lat 80. XX w. badacze tej dziedziny nauki byli podzieleni na dwa obozy. Pierwszy z nich polegał na regułach.

---

<sup>23</sup> K. F. Lee, *Inteligencja Sztuczna, Rewolucja Prawdziwa*, Media Rodzina 2019, s.14

<sup>24</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Go\\_and\\_mathematics](https://en.wikipedia.org/wiki/Go_and_mathematics), dostęp 10.04.2021

<sup>25</sup> A. S. Rao, G Verweij, *Sizing the Price*, PwC, 27.06.2017

<sup>26</sup> <https://www.natureindex.com/news-blog/google-scholar-reveals-most-influential-papers-research-citations-twenty-twenty>, dostęp 10.04.2021

<sup>27</sup> K. F. Lee, *Inteligencja Sztuczna, Rewolucja Prawdziwa*, Media Rodzina 2019, s.19

Poplecznicy tego podejścia do badań nad sztuczną inteligencją usiłowali nauczyć komputer podejmować decyzję poprzez reguły logiczne (np. jeśli występuje cecha X, to przedmiot przypisany zostaje do klasy Y). Tego rodzaju systemy nazywane były również ekspertowymi, ponieważ wiedza ekspertów w określonych dziedzinach była kodowana w formie reguł logicznych, na podstawie których usiłowano rozwiązać problem.

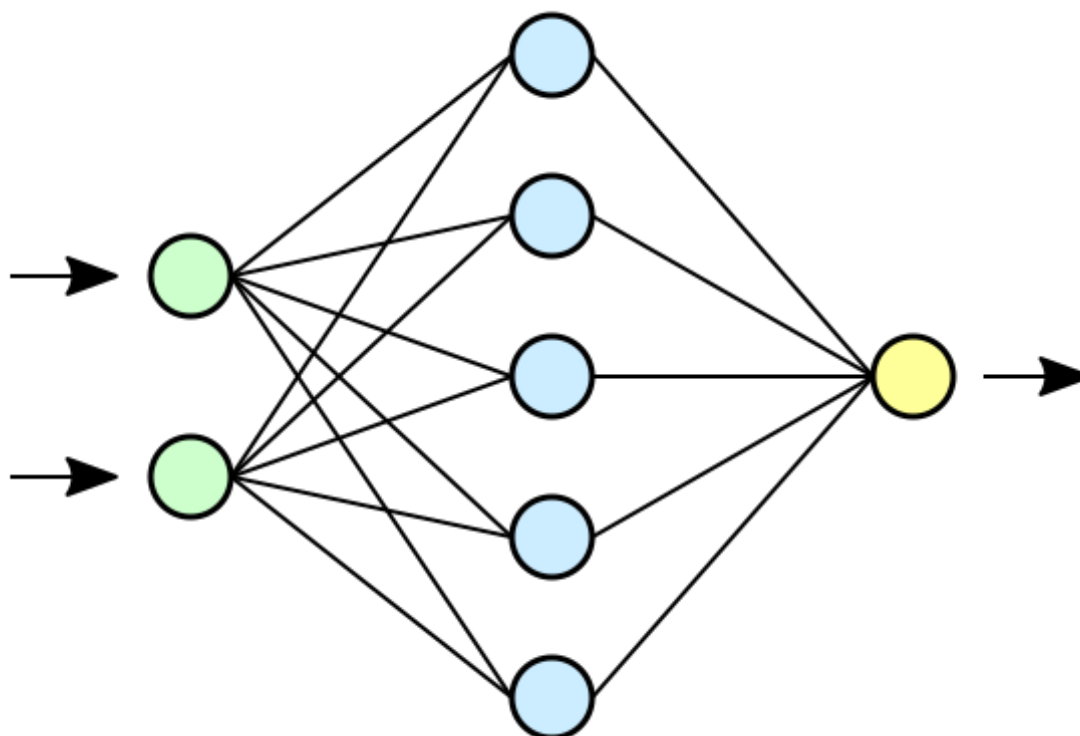
Druga grupa naukowców, faworyzująca tzw. sieci neuronowe przyjęła inne podejście. Naukowcy ci podjęli próbę imitacji architektury sieci neuronów w ludzkim mózgu poprzez utworzenie sztucznych sieci neuronowych przyjmujących i wysyłających informacje. W sztucznych sieciach neuronowych schematy połączeń wybierane są arbitralnie. Dużym plusem sieci neuronowych jest możliwość rozwiązywania praktycznych problemów bez odwołania do założeń teoretycznych problemu oraz bez matematycznej formalizacji. Ich największą zaletą jest możliwość uczenia na podstawie przykładów i możliwość automatycznego uogólniania wiedzy (tzw. generalizacja).<sup>28</sup>

Rysunek 11 przedstawia uproszczony schemat działania sieci neuronowych. Sieć taka uczy się poprzez analizę przykładów. Na początku do każdego wejścia przypisywane są równe lub losowe wagi. Następnie sprawdza się, czy odpowiedź sieci jest zgodna z pożądanym wynikiem (np. zmienna binarna przyjmująca wartość 1, gdy na obrazku jest kot, a w przeciwnym przypadku 0). W kolejnym kroku zmienia się wagi poszczególnych sieci, zbliżając się do wyniku, który chcemy uzyskać. Wraz ze wzrastającą ilością przetworzonych danych sieć jest w stanie udzielić coraz dokładniejszych odpowiedzi do zapytania. Na rysunku 11 wyróżnić można trzy warstwy neuronów: warstwa wejściowa (zielona), warstwa ukryta (niebieska) oraz warstwa wyjściowa (żółta). W zależności od poziomu skomplikowania modelu, można manipulować ilością warstw ukrytych, co pozwala zazwyczaj ujawnić głębsze zależności pomiędzy cechami.

---

<sup>28</sup> R. Tadeusiewicz, M. Szaleniec: *Leksykon sieci neuronowych*, Wydawnictwo Fundacji „Projekt Nauka” 2015, s. 94

Rysunek 11. Schemat jednokierunkowej sieci neuronowej.



Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Sieć\\_neuronowa](https://pl.wikipedia.org/wiki/Sieć_neuronowa), dostęp 7.04.2021

Przykładem ilustrującym różnice w obu podejściach jest problem identyfikacji, czy na zdjęciu znajduje się kot.<sup>29</sup> W ramach reguł decyzyjnych, treść obrazka rozpoznawana jest poprzez wnioskowanie na podstawie ustalonych reguł, np.: Jeśli na zdjęciu można znaleźć okrąg i dwa trójkąty, to może znajdować się na nim kot. Z kolei sieci neuronowe po przetworzeniu i analizie dużych ilości zdjęć kotów potrafią samodzielnie wywnioskować, które z cech są najmocniej związane z rzeczywistym występowaniem kotów na obrazku.

Można wyróżnić dwa czynniki determinujące sukces modeli opartych na sieciach neuronowych: dostępność danych oraz dostępność mocy obliczeniowej<sup>30</sup>. Nagły wzrost tych dwóch elementów pod koniec XX w. w znacznym stopniu przyczynił się do popularyzacji tej właśnie technologii. Jednakże, prawdziwy przełom technologiczny nastąpił dopiero na początku XXI w., kiedy Geoffrey Hinton wynalazł tzw. uczenie głębokie (*ang. Deep Learning*).<sup>31</sup> W 2012r. algorytm z wykorzystaniem tej technologii odniósł pierwszy sukces na konkursie rozpoznawania obrazów<sup>32</sup>, co zapoczątkowało

<sup>29</sup> K. F. Lee *Inteligencja Sztuczna, Rewolucja Prawdziwa*, Media Rodzina 2019, s. 21

<sup>30</sup> K. F. Lee *Inteligencja Sztuczna, Rewolucja Prawdziwa*, Media Rodzina 2019, s. 21

<sup>31</sup> K. F. Lee *Inteligencja Sztuczna, Rewolucja Prawdziwa*, Media Rodzina 2019, s. 22

<sup>32</sup> <http://image-net.org/challenges/LSVRC/2012/results.html>, dostęp 7.04.2021

popularyzację uczenia głębokiego i znacznie przyczyniło się do rozwoju takich odłamów sztucznej inteligencji, jak rozpoznawanie mowy czy obrazków.

Jak podaje amerykańska firma IBM<sup>33</sup>, tradycyjne modele sieci neuronowych uczą się na podstawie przetwarzania danych oznaczonych etykietami (np. kot, pies, słoń). Jest to tak zwane uczenie nadzorowane (*ang. Supervised learning*). Tymczasem modele wykorzystujące technologię uczenia głębokiego nie wymagają etykietowania danych wejściowych, są natomiast w stanie samodzielnie rozpoznawać różnice występujące pomiędzy danymi wejściowymi i dzięki temu dzielić je na kategorie. Proces ten to tzw. uczenie nienadzorowane (*ang. Unsupervised learning*).

Obecnie uczenie głębokie posiada wiele zastosowań, między innymi w finansach (analiza danych, wykrywanie oszustw), służbie zdrowia (radiologia) czy obsłudze klienta (chatboty, Apple Siri).<sup>34</sup>

### 2.3. Opis wybranych obszarów sztucznej inteligencji

W literaturze oraz w powszechnym użyciu pojawiają się różne podziały sztucznej inteligencji.<sup>35</sup> Jednym z nich jest podział ze względu na uniwersalność. W ramach tego podziału wyróżnić można następujące kategorie:

- Wąska sztuczna inteligencja (*ang. Narrow Artificial Intelligence*) – zastosowanie technologii sztucznej inteligencji do rozwiązania określonych zadań lub podtypów problemów, które sztuczna inteligencja potrafi rozwiązać lepiej, niż człowiek. Wąska sztuczna inteligencja jest w powszechnym użyciu (np. Google Translate).
- Ogólna sztuczna inteligencja (*ang. General Artificial Intelligence*) – samodzielne systemy, dysponujące wszechstronną wiedzą, które potrafią w pełni samodzielnie wykonywać zadania. Technologia Ogólnej sztucznej inteligencji nie została jeszcze wynaleziona, jednak potencjalnie byłaby dużym krokiem naprzód w zrozumieniu otaczającego nas świata.

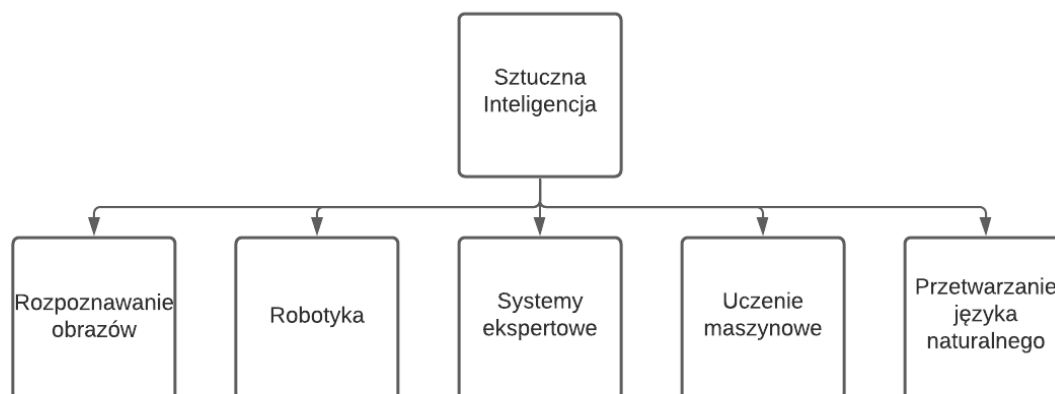
---

<sup>33</sup> <https://www.ibm.com/cloud/blog/ai-vs-machine-learning-vs-deep-learning-vs-neural-networks>, dostęp 7.04.2021

<sup>34</sup> <https://www.ibm.com/cloud/learn/deep-learning>, dostęp 7.04.2021

<sup>35</sup> <https://www.sztucznaInteligencja.org.pl/definicja/sztuczna-inteligencja/>, dostęp 8.04.2021

Rysunek 12. Podobszary sztucznej inteligencji.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie C. Jain, *Artificial Intelligence in Venture Capital Industry: Opportunities and Risks*, MIT 2018

Podział sztucznej inteligencji<sup>36</sup> ze względu na zastosowanie, przedstawiony na rysunku 12, dzieli ten dział nauki na następujące podkategorie:

- Uczenie maszynowe (*ang. Machine Learning*) – najbardziej popularna i mająca najpowszechniejsze praktyczne zastosowanie gałąź technologii sztucznej inteligencji. Jest to obszar poświęcony algorytmom, które ulepszają się automatycznie poprzez wykorzystanie danych.<sup>37</sup> System uczy się poprzez przetwarzanie tzw. danych treningowych, a decyzje podejmowane są dla tzw. danych testowych. Uczenie maszynowe dzieli się na uczenie nadzorowane i uczenie nienadzorowane (opisane w podrozdziale 2.2) oraz uczenie przez wzmacnianie (*ang. Reinforcement learning*). W ramach uczenia przez wzmacnianie program komputerowy działa w dynamicznym środowisku, w którym ma na celu osiągnięcie konkretnego celu (np. jazda samochodem lub gra z przeciwnikiem). Podczas interakcji w przestrzeni problemu program otrzymuje informację zwrotną (nagrodę), którą stara się zmaksymalizować.<sup>38</sup>
- Przetwarzanie języka naturalnego (*ang. Natural Language Processing, NLP*) – subkategoria rozpoznawania mowy, obszar badań nad sztuczną inteligencją mający na celu umożliwienie komputerom zrozumienia słów i tekstu w taki sposób, w jaki rozumieją go ludzie. Przetwarzanie języka naturalnego to nauka interdyscyplinarna, wykorzystująca lingwistykę w połączeniu z modelami statystycznymi, uczeniem maszynowym i uczeniem głębokim.<sup>39</sup> Najbardziej powszechne zastosowanie przetwarzania języka naturalnego to między innymi w

<sup>36</sup> C. Jain, *Artificial Intelligence in Venture Capital Industry: Opportunities and Risks*, MIT 2018, s.24

<sup>37</sup> T. Mitchell, *Machine Learning*. New York: McGraw Hill 1997, s.17

<sup>38</sup> C.M. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*, Springer 2016, s.3

<sup>39</sup> <https://www.ibm.com/cloud/learn/natural-language-processing>, dostęp 10.04.2021



tłumaczenie tekstów (Google Translate) czy systemy działające w oparciu o komendy głosowe (Google Maps, Amazon Alexa, Apple Siri).

- Systemy ekspertowe (*ang. Expert Systems*) – systemy komputerowe, które emulują w proces podejmowania decyzji przez człowieka<sup>40</sup>. Do działania wykorzystują co najmniej: program zadający pytania (interfejs, mechanizm wnioskowania, mechanizm wyjaśniający) oraz bazę danych, na podstawie której znajduwane są odpowiedzi (przy wykorzystaniu reguł „jeśli – to”). Systemy ekspertowe znajdują swoje zastosowanie między innymi przy diagnozie chorób.
- Rozpoznawanie obrazów (*ang. Computer Vision*) – obszar nauki zajmujący się badaniami nad tym, w jaki sposób komputery mogą osiągnąć zrozumienie tego, co przedstawiają obrazy lub filmy oraz mający na celu automatyzację zadań, które potrafi wykonać wzrok ludzki. Powodem, dla którego rozpoznawanie obrazów stanowi wyzwanie technologiczne, jest fakt, że jest to tak zwany odwrotny problem (*ang. Inverse problem*), ponieważ polega na odtworzeniu nieznanych informacji w celu znalezienia odpowiedzi na zadawane pytanie<sup>41</sup> (np. zrozumienie trójwymiarowej przestrzeni na podstawie zdjęcia 2D). Przykłady zastosowania rozpoznawania obrazów to między innymi rozpoznawanie twarzy, pojazdy autonomiczne czy medycyna.
- Robotyka (*ang. Robotics*) – dziedzina nauki działająca dzięki połączeniu inżynierii oraz informatyki. Dzięki wykorzystaniu algorytmów sztucznej inteligencji, praca robotów przemysłowych może być automatyzowana. Autonomiczne roboty wykorzystywane są między innymi do pakowania, transportu towarów czy obsługi klienta.<sup>42</sup> Wiele prac naukowych skupia się na połączeniu technologii sztucznej inteligencji i robotyki<sup>43</sup> oraz ich wpływowi na automatyzację przemysłu oraz rynek pracy.

---

<sup>40</sup> P. Jackson, *Introduction To Expert Systems*, Wyd. 3. Addison Wesley, 1998, s. 2.

<sup>41</sup> R. Szeliski, *Computer Vision: Algorithms and Applications*, Springer 2010, s.3

<sup>42</sup> <https://www.robotics.org/blog-article.cfm/How-Artificial-Intelligence-is-Used-in-Today-s-Robots/117>,  
dostęp 10.04.2021

<sup>43</sup> [https://scholar.google.pl/scholar?q=artificial+intelligence+robotics&hl=en&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholar](https://scholar.google.pl/scholar?q=artificial+intelligence+robotics&hl=en&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar),  
dostęp 10.04.2021

## 2.4. Przykładowe zastosowania sztucznej inteligencji według branży

Sztuczna inteligencja wykorzystywana jest we wszystkich sektorach gospodarki – rolnictwie, przemyśle oraz usługach. Szczególnie szerokie zastosowanie ma wąska sztuczna inteligencja, która wykorzystywana jest do wykonywania specyficznych czynności w celu wzbogacenia i ulepszenia procesu.<sup>44</sup> Tabela 5 przedstawia przykłady firm oferujących usługi lub produkty wykorzystujące sztuczną inteligencję z podziałem na branże.

**Tabela 5. Zastosowania sztucznej inteligencji według branży**

| Branża                  | Zastosowanie                                                                                                                                   | Przykładowe startupy i finansowanie <sup>45</sup>         |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Rolnictwo <sup>46</sup> | Wspomaganie podejmowania decyzji dzięki przetwarzaniu zdjęć wykonanych przez drony rolnicze                                                    | Urthecast <sup>47</sup> - 184,6 mln USD                   |
|                         | Rozpoznawanie chorób roślin, monitorowanie zdrowia plonów                                                                                      | Taranis <sup>48</sup> - 59,6 mln USD                      |
|                         | Systemy analizujące jakość gleby                                                                                                               | SpecLab <sup>49</sup> - 2,3 mln USD                       |
| Cyberbezpieczeństwo     | Zarządzanie ryzykiem w cyberprzestrzeni i raportowanie przy wykorzystaniu sztucznej inteligencji, systemy zarządzające bezpieczeństwem w sieci | Balbix <sup>50</sup> - 28,6mln USD                        |
|                         | Zabezpieczanie punktów końcowych ( <i>ang. Endpoint security</i> ), system antywirusowy                                                        | Cylance <sup>51</sup> - 297 mln USD                       |
| Edukacja                | Prywatne korepetycje przy wykorzystaniu sztucznej inteligencji                                                                                 | Squirrel AI Learning <sup>52</sup> (松鼠 AI) – 131,4mln USD |
|                         | Identyfikacja luk w wiedzy studentów szkół wyższych                                                                                            | Knewton <sup>53</sup> - 182,25 mln USD                    |
|                         | Przygotowanie prywatnych planów nauki na podstawie indywidualnych umiejętności                                                                 | Century <sup>54</sup> - 12,6 mln USD                      |

<sup>44</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Applications\\_of\\_artificial\\_intelligence#cite\\_note-99](https://en.wikipedia.org/wiki/Applications_of_artificial_intelligence#cite_note-99)

<sup>45</sup> Finansowanie na dzień 11.04.2021 na podstawie crunchbase.com

<sup>46</sup> Na podstawie [https://www.academia.edu/44130163/Artificial\\_Intelligence\\_AI\\_in\\_Agriculture](https://www.academia.edu/44130163/Artificial_Intelligence_AI_in_Agriculture)

<sup>47</sup> <https://www.urthecast.com>

<sup>48</sup> <https://taranis.ag>,

<sup>49</sup> <http://www.speclab.com.br>

<sup>50</sup> <https://www.balbix.com>

<sup>51</sup> <https://www.blackberry.com/us/en/cylance>

<sup>52</sup> <http://squirrelai.com>

<sup>53</sup> <https://www.knewton.com>,

<sup>54</sup> <https://www.century.tech>,

|                  |                                                                                                                       |                                                                                    |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | Wykorzystanie sztucznej inteligencji do pomocy uczniów w nauce matematyki                                             | Carnegie Learning <sup>55</sup> - 14 mln USD                                       |
|                  | Sugerowanie najbardziej adekwatnych materiałów do nauki na podstawie analizy danych zebranych od milionów uczniów     | Quizlet <sup>56</sup> - 62 mln USD<br>Zuoyebang (作业帮) <sup>57</sup> – 2,935mld USD |
| Finanse          | Bankowość- inteligentne zarządzanie kredytem na podstawie analizy i predykcji danych                                  | OakNorth <sup>58</sup> - 1 mld USD                                                 |
|                  | Księgowość, zarządzanie portfelem – platforma SaaS                                                                    | HighRadius <sup>59</sup> - 475 mln USD                                             |
|                  | Wycena kredytu i automatyzacja procesu pożyczkowego                                                                   | Upstart <sup>60</sup> – 144 mln USD                                                |
|                  | InsurTech – systemy udzielające ubezpieczeń wykorzystujące sztuczną inteligencję                                      | Lemonade <sup>61</sup> - 480 mln USD                                               |
| Sektor publiczny | Zarządzanie i optymalizacja ruchu drogowego przy wykorzystaniu sztucznej inteligencji                                 | Waycare <sup>62</sup> - 9,6 mln USD                                                |
|                  | Analiza i predykcja wpływu decyzji rządu na społeczeństwo                                                             | FiscalNote <sup>63</sup> - 210,2 mln USD                                           |
|                  | Ułatwianie samorządom lokalnym w podejmowaniu decyzji na podstawie danych statystycznych                              | Zencity <sup>64</sup> - 21,2 mln USD                                               |
|                  | Budowa i rozwój autonomicznych dronów wojskowych                                                                      | Citadel Defense <sup>65</sup> - 13,8 mln USD                                       |
| Opieka zdrowotna | Wspomaganie decyzji lekarskich przy wykorzystaniu analizy danych                                                      | Tempus <sup>66</sup> - 1,1 mld USD                                                 |
|                  | Diagnostyka medyczna przy wykorzystaniu historycznych danych pacjentów                                                | Paige <sup>67</sup> - 360 mln USD                                                  |
|                  | Wykorzystanie sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego do diagnostyki, leczenia oraz prewencji chorób u pacjentów | Sema4 <sup>68</sup> - 241 mln USD                                                  |

<sup>55</sup> <https://www.carnegielearning.com>,

<sup>56</sup> <https://quizlet.com/pl>

<sup>57</sup> <https://www.zuoyebang.cn>

<sup>58</sup> <https://www.oaknorth.com>,

<sup>59</sup> <https://www.highradius.com>

<sup>60</sup> <https://www.upstart.com>

<sup>61</sup> <https://www.lemonade.com/de/en>

<sup>62</sup> <http://www.waycaretech.com/>

<sup>63</sup> <http://www.fiscalnote.com/>

<sup>64</sup> <http://www.zencity.io/>

<sup>65</sup> <https://www.dronecitadel.com/>

<sup>66</sup> <https://www.tempus.com/>

<sup>67</sup> <https://www.paige.ai/>

<sup>68</sup> <https://sema4.com/>

|           |                                                                                                                           |                                                |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|           | Rozpoznawanie urazów na podstawie zdjęć rentgenowskich                                                                    | Qure AI <sup>69</sup> - 13 mln USD             |
| Prawo     | Wykorzystanie sztucznej inteligencji do podejmowania decyzji w sprawach sądowych                                          | Sądy w Chinach <sup>70</sup>                   |
|           | Wyszukiwanie spraw i orzeczeń sądowych z wykorzystywaniem przetwarzania języka naturalnego                                | Casetext <sup>71</sup> - 39,3 mln USD          |
| Usługi    | HR – zarządzanie pracownikami w firmie, rekrutacja nowych pracowników, wspomaganie rozwoju pracowników                    | Eightfold <sup>72</sup> - 176,8 mln USD        |
|           | Marketing – analiza i predykcja zachowania klientów w celu zwiększenia skuteczności kampanii marketingowych               | Near <sup>73</sup> - 134 mln USD               |
|           | Obsługa klienta – inteligentne boty rozumiejące intencje klienta, pozwalające na spersonalizowaną obsługę przez całą dobę | Interactions <sup>74</sup> - 162,8 mln USD     |
| Media     | Muzyka – tworzenie rekomendacji muzycznych na podstawie algorytmów analizujących teksty utworów                           | Musixmatch <sup>75</sup> - 19,3 mln USD        |
|           | Wiadomości – tworzenie tekstów opisujących wydarzenia lub historie                                                        | OpenAI <sup>76</sup> - 1 mld USD               |
|           | Sztuka – tworzenie sztuki 3D z wykorzystaniem sztucznej inteligencji                                                      | Artomatix <sup>77</sup> – 10,8 mln USD         |
| Przemysł  | Wytwarzanie oprogramowania dla autonomicznych robotów przemysłowych                                                       | Canvas Technology <sup>78</sup> - 15 mln USD   |
|           | Budowa robotów przemysłowych, które mogą zastąpić pracę ludzką                                                            | Rethink Robotics <sup>79</sup> - 149,5 mln USD |
| Transport | Rozwiązania dla samochodów autonomicznych                                                                                 | PonyAI <sup>80</sup> - 1,1 mld USD             |
|           | Autonomiczne drony dla przedsiębiorstw oraz sektora publicznego                                                           | Skydio <sup>81</sup> - 340 mln USD             |

Źródło: Opracowanie własne

<sup>69</sup> <http://qure.ai/>

<sup>70</sup> <https://www.scmp.com/news/china/politics/article/3124815/chinas-courts-use-data-analytics-and-blockchain-evidence>, dostęp 11.04.2021

<sup>71</sup> <http://www.casetext.com/>

<sup>72</sup> <https://eightfold.ai/products/talent-intelligence-suite/>

<sup>73</sup> <https://near.co>

<sup>74</sup> <https://www.interactions.com>

<sup>75</sup> <http://www.musixmatch.com/>

<sup>76</sup> <https://edition.cnn.com/2019/02/18/tech/dangerous-ai-text-generator/index.html>

<sup>77</sup> <http://artomatix.com/>

<sup>78</sup> <http://www.canvas.technology/>

<sup>79</sup> <http://www.rethinkrobotics.com/>

<sup>80</sup> <https://www.crunchbase.com/organization/pony-ai>

<sup>81</sup> <https://www.skydio.com/>

## 2.5. Wykorzystanie sztucznej inteligencji w biznesie w 2020r.

Firma McKinsey & Company przygotowała raport *The state of AI in 2020*<sup>82</sup>, w ramach którego przeanalizowała dane od 2935 ankietowanych pracowników reprezentujących różne regiony, branże i wielkości firm. Badanie odbyło się w czerwcu 2020r. Wśród badanych osób 50% udzieliło twierdzącej odpowiedzi na pytanie, czy sztuczna inteligencja jest wykorzystywana w ich firmie przynajmniej w jednym celu.

Wśród ankietowanych firm, sztuczna inteligencja najczęściej była wykorzystywana do tworzenia nowych produktów (24%) lub ich optymalizacji (21%), optymalizacji usług (24%), predykcji na podstawie danych (19%) oraz analityki przy sprzedaży i marketingu (17%). Więcej niż co piąta firma uznała, że ponad 5% zysku operacyjnego wynika z zastosowania sztucznej inteligencji.

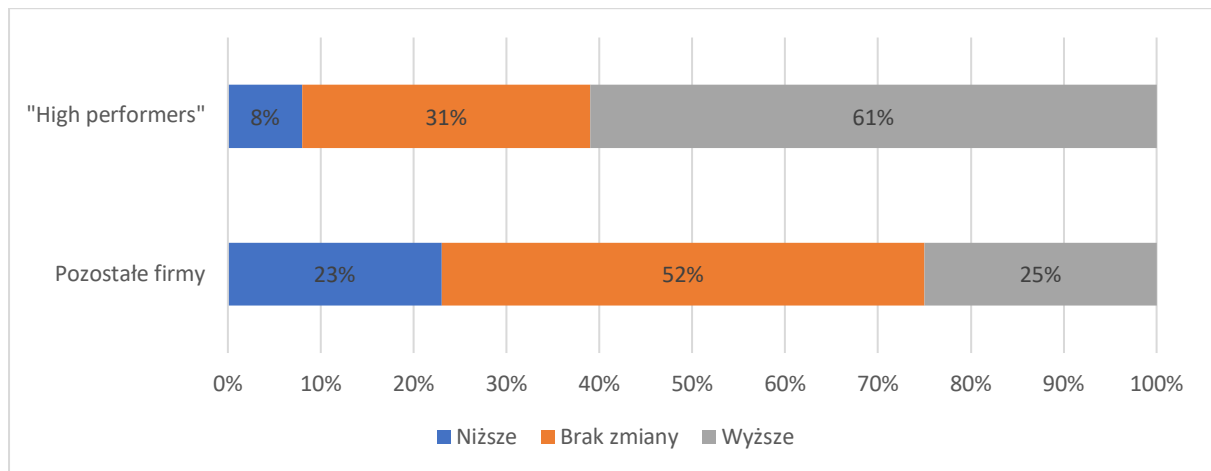
W raporcie firma McKinsey & Company wyróżniła również grupę firm, która ponad 20% zysku operacyjnego zawdzięcza zastosowaniu sztucznej inteligencji (tzw. *high performers*). Firmy te, w porównaniu do pozostałych, charakteryzowały się między innymi posiadaniem jasno określonej wizji i strategii wykorzystania sztucznej inteligencji (43% w stosunku do 17%) oraz czuły się komfortowo podejmując ryzyko przy inwestycjach w sztuczną inteligencję (65% w stosunku do 31%). Z badania można więc wywnioskować, że na wykorzystaniu sztucznej inteligencji najbardziej korzystają firmy świadome korzyści z tej technologii, których struktura i procesy są nakierowane na wykorzystanie sztucznej inteligencji.

Warto dodać, że niepewność związana z pandemią COVID-19 nie wpłynęły negatywnie na inwestycje firm w sztuczną inteligencję. Jak pokazuje rysunek 13, opieka zdrowotna to branża, w której najwięcej firm (44%) zwiększyło inwestycje w te technologie. Kolejne branże to motoryzacja (42%) oraz finanse (28%).

---

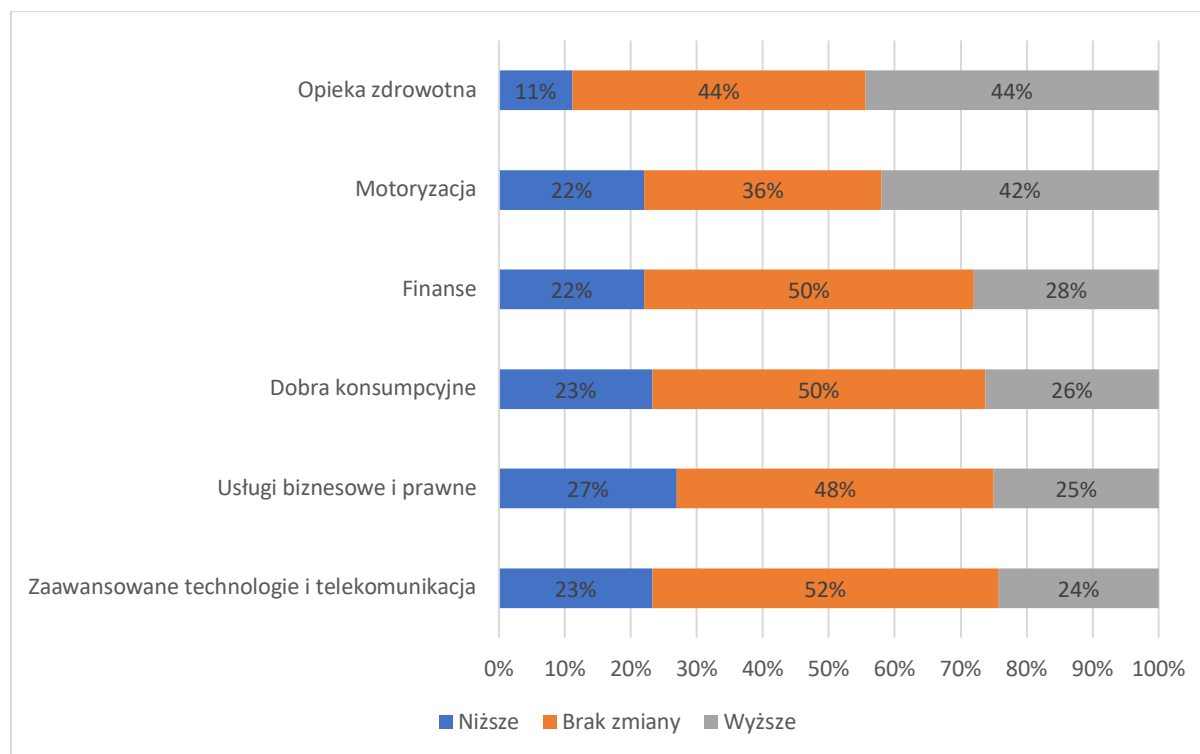
<sup>82</sup> <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/global-survey-the-state-of-ai-in-2020#>, dostęp 13.04.2021

**Rysunek 13. Przeciętna zmiana wartość inwestycji firm w sztuczną inteligencję podczas pandemii COVID-19**



Źródło: Opracowanie własne na podstawie <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/global-survey-the-state-of-ai-in-2020#>, dostęp 13.04.2021

**Rysunek 14. Przeciętna zmiana wartości inwestycji firm w sztuczną inteligencję podczas pandemii COVID-19 – według branży.**



Źródło: Opracowanie własne na podstawie <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/global-survey-the-state-of-ai-in-2020#>, dostęp 13.04.2021

## 2.6. Fundusze Venture Capital inwestujące w sztuczną inteligencję

Warto podkreślić szczególną rolę, jaką Fundusze Venture Capital odgrywają w rozwoju startupów wykorzystujących sztuczną inteligencję. W 2020r. łączna wartość inwestycji Venture Capital w tę właśnie branżę wyniosła 61,6 mld USD<sup>83</sup> - a więc ponad 200 razy więcej niż 10 lat wcześniej. Szacuje się, że zainteresowanie inwestorów sztuczną inteligencją zwiększy się jeszcze w kolejnych latach<sup>84</sup> - między innymi dzięki przejęciu firmy Nuance działającej w branży healthtech przez Microsoft za 19,7 mld USD ogłoszonym 12.04.2021.<sup>85</sup>

W celu uzyskania danych historycznych o finansowaniu startupów działających w branży sztucznej inteligencji, wykorzystałem dane z portalu Crunchbase<sup>86</sup>. Do analizy wybrałem firmy spełniające następujące kryteria:

<sup>83</sup> <https://insidebigdata.com/2020/07/28/artificial-intelligence-startups-raised-61-6bn-in-total-funding-a-35-jump-in-a-year/>, dostęp 13.04.2021

<sup>84</sup> <https://techcrunch.com/2021/04/13/expect-an-even-hotter-ai-venture-capital-market-in-the-wake-of-the-microsoft-nuance-deal/>, dostęp 13.04.2021

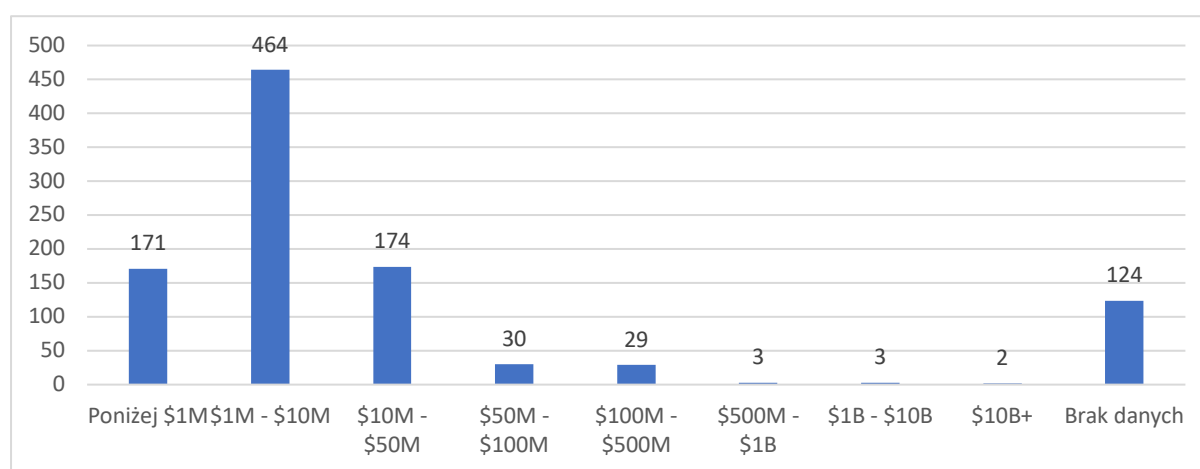
<sup>85</sup> <https://www.theverge.com/2021/4/12/22379414/microsoft-buys-nuance-ai-speech-tech>, dostęp 13.04.2021

<sup>86</sup> Crunchbase.com, dane na dzień 13.04.2021

- Sortowanie malejące według łącznego finansowania kapitałem
- Forma własności: prywatna
- Branża: sztuczna inteligencja
- Status działalności: aktywna

Na podstawie dostępnych danych, wybrałem 1000 firm o najwyższym finansowaniu. Łączna wartość inwestycji w te firmy wyniosła ok. 104 mld USD – a więc przeciętna wartość finansowania wyniosła ok. 104 mln USD. Wartość ta jest relatywnie wysoka biorąc pod uwagę przychody tych firm – aż 809 z 1000 z nich miało szacowany roczny przychód na poziomie poniżej 50 milionów USD.

**Rysunek 15. Przychody tysiąca startupów z branży sztucznej inteligencji o najwyższym finansowaniu**

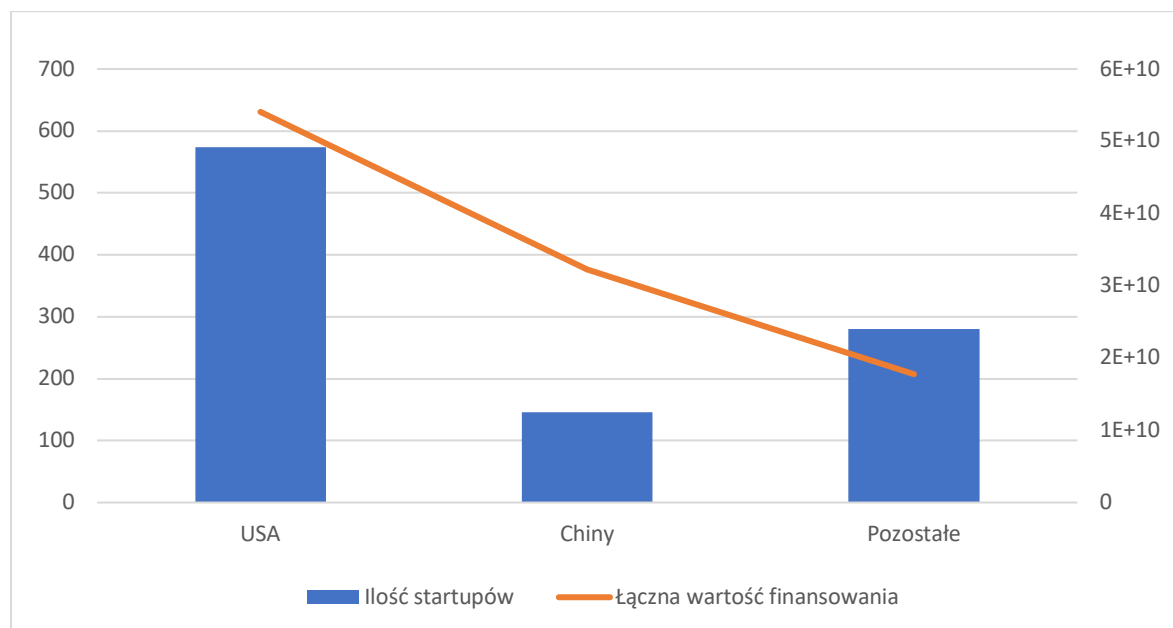


Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z Crunchbase.com, dane na dzień 13.04.2021

Widać więc, że inwestorzy widzą w sztucznej inteligencji ogromny potencjał, a przy inwestycjach mogą sugerować się szansą na zysk w długim terminie.



**Rysunek 16. Tysiąc startupów z branży sztucznej inteligencji o najwyższym finansowaniu - wartość finansowania i liczba startupów według kraju**



Źródło: Opracowanie własne na podstawie Crunchbase.com, dane na dzień 13.04.2021

Wśród 1000 startupów spełniających wyżej wymienione kryteria, ponad 50% pochodziło ze Stanów Zjednoczonych. Startupy z USA i Chin uzyskały ponad 80% finansowania (86mld USD) wśród wszystkich firm na świecie. Na podstawie powyższych danych nietrudno wyciągnąć więc wniosek, że światowe inwestycje w startupy działające w branży sztucznej inteligencji zostały w dużej mierze zdominowane przez te dwa kraje. W trzecim rozdziale pracy przeprowadzona zostanie dokładniejsza analiza tego zjawiska.

## 2.7. Perspektywy rozwoju sztucznej inteligencji

Niewątpliwie, sztuczna inteligencja to technologia przyszłości. Świadczy o tym zarówno dynamiczny rozwój tej branży na przestrzeni ostatnich 30 lat, jak i wysokie kwoty, które fundusze Venture Capital oraz prywatni inwestorzy przeznaczają na startupy działające właśnie w tej branży.

Podobnie eksperci oraz naukowcy dostrzegają potencjał w sztucznej inteligencji i przewidują, że jej dalszy rozwój będzie przebiegał równie dynamicznie, jak dotychczas. W pracy *Future Progress in Artificial Intelligence: A Survey of Expert Opinion*<sup>87</sup> opisano wyniki ankiety na temat przyszłości sztucznej inteligencji. Łącznie 170 respondentów pochodziło z 4 grup: część z nich uczestniczyło w jednej z dwóch konferencjach (PT-AI oraz AGI) poświęconej sztucznej inteligencji (115 osób), część

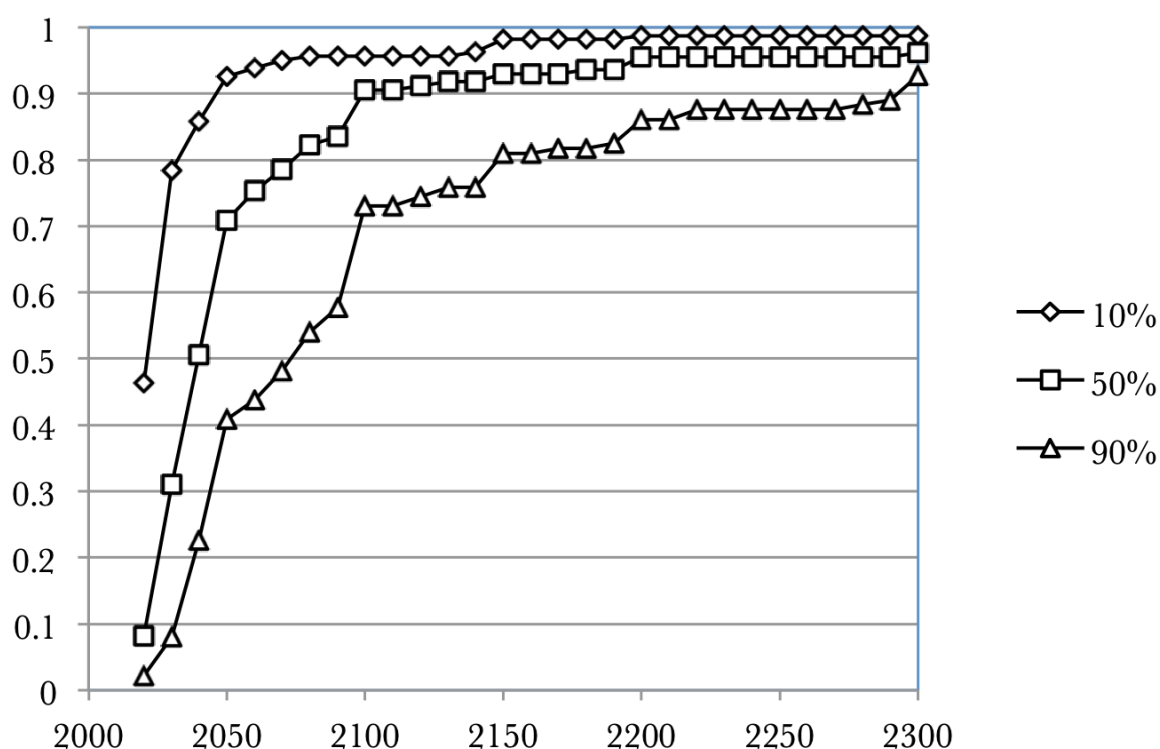
<sup>87</sup>M. C. Vincent, N. Bostrom, *Future progress in artificial intelligence: A survey of expert opinion*, Fundamental Issues of Artificial Intelligence, Springer 2016, s. 553-571.

należała do organizacji *Greek Association of Artificial Intelligence*<sup>88</sup> (26 osób), a część należała do grupy 100 naukowców (TOP100) o największej liczbie cytowań w dziedzinie sztucznej inteligencji na świecie (29 osób)<sup>89</sup>.

Ekspertom w dziedzinie sztucznej inteligencji zostały zadane pytania o „wysokopoziomową maszynową inteligencję” (*HLMI – High-level Machine Intelligence*). Zdefiniowana ona została jako inteligencja maszynowa, która potrafi poradzić sobie z większością ludzkich profesji przynajmniej tak dobrze, jak człowiek.<sup>90</sup> Poniżej znajdują się dwa pytania zadane ekspertom wraz z ich odpowiedziami na nie.

1. Do którego roku z prawdopodobieństwem 10%, 50% oraz 90% zostanie wynaleziona wysokopoziomowa inteligencja maszynowa?

**Rysunek 17. Odsetek ekspertów, którzy z 10%, 50%, 90% pewnością przewidują wynalezienie wysokopoziomowej inteligencji maszynowej do danego roku**



Źródło: Opracowanie własne na podstawie M. C. Vincent, N. Bostrom, *Future progress in artificial intelligence: A survey of expert opinion*, *Fundamental Issues of Artificial Intelligence*, Springer 2016, s. 553-571, s. 4/19

<sup>88</sup> <http://www.eetn.gr/>

<sup>89</sup> Dane na podstawie <http://academic.research.microsoft.com>, w maju 2013

<sup>90</sup> M. C. Vincent, N. Bostrom, *Future progress in artificial intelligence: A survey of expert opinion*, *Fundamental Issues of Artificial Intelligence*, Springer 2016, s. 553-571, s. 4/19

2. Załóż w celu odpowiedzi na to pytanie, że wysokopoziomowa inteligencja maszynowa będzie kiedyś istniała. Jak prawdopodobne jest to, że w ciągu 2 lat / 30 lat po niej zostanie wynaleziona inteligencja maszynowa, która zdecydowanie przekracza umiejętności każdego człowieka w większości dziedzin?

**Tabela 6. Prawdopodobieństwo wynalezienia superinteligencji w ciągu 2 lat / 30 lat po wysokopoziomowej inteligencji maszynowej.**

|                       | <b>Średnia</b> | <b>Mediana</b> | <b>Odchylenie standardowe</b> |
|-----------------------|----------------|----------------|-------------------------------|
| <b>W ciągu 2 lat</b>  | 10%            | 19%            | 24                            |
| <b>W ciągu 30 lat</b> | 75%            | 62%            | 35                            |

Źródło: Opracowanie własne na podstawie M. C. Vincent, N. Bostrom, Future progress in artificial intelligence: A survey of expert opinion, Fundamental Issues of Artificial Intelligence, Springer 2016, s. 553-571, s. 4/19

Podsumowując wyniki uzyskane z ankiety można zobaczyć, że eksperci są zdania, że przed naukowcami jest jeszcze daleka droga do wynalezienia tak zwanej ogólnej sztucznej inteligencji (*ang. general artificial intelligence*). Niemniej jednak, po wynalezieniu wysokopoziomowej inteligencji maszynowej – według ekspertów - krótka droga dzieli ludzkość do uzyskania superinteligencji, czyli programów, które większość czynności potrafią wykonać znacznie lepiej niż człowiek.

Ogólna sztuczna inteligencja to technologia przyszłości. Na dzień dzisiejszy naukowcy, przedsiębiorcy oraz korporacje skupiają się głównie na aplikacji wąskiej sztucznej inteligencji – spełniającej określone funkcje w wąskich dziedzinach w otaczającym nas świecie. Jak pokazują przytoczone w poprzednich rozdziałach statystyki, rozwijająca się branża Venture Capital połączona z trendami inwestycyjnymi i odkryciami naukowymi w dziedzinie sztucznej inteligencji stwarzają niepowtarzalne wręcz warunki do dalszego rozwoju i badań nad tą dziedziną, zaś na pierwszy plan w wyścigu o tytuł supermocarstwa sztucznej inteligencji wysuwają się dwa państwa – Chiny oraz USA. W kolejnym rozdziale porównam otoczenie prawne, biznesowe oraz środowisko naukowe tych dwóch państw w zestawieniu z resztą świata i postaram się wyciągnąć na tej podstawie wnioski, które mogą pomóc również Polsce w rozwoju tej technologii.

### 3. Porównanie potencjału rozwoju branży sztucznej inteligencji w Chinach, Stanach Zjednoczonych i Polsce

Trzeci rozdział niniejszej pracy zawiera porównanie potencjału rozwoju branży sztucznej inteligencji w trzech krajach. Do analizy porównawczej wybrane zostały Stany Zjednoczone – światowe mocarstwo w dziedzinie sztucznej inteligencji oraz Chiny – państwo wyjątkowo szybko rozwijające się w tym obszarze. Dodanie trzeciego państwa – Polski – pozwoli uzyskać odpowiedź na pytanie w jaki sposób Polska i inne mniejsze państwa mogą brać przykład i wyciągać wnioski z rywalizacji mocarstw technologicznych w celu przyspieszenia wdrożenia sztucznej inteligencji na własnym terytorium.

#### 3.1. Uwarunkowania prawne i inwestycje rządowe w dziedzinie sztucznej inteligencji

##### 3.1.1. Chiny

W maju 2017r. mistrz świata w grze Go – Ke Jie został trzykrotnie pokonany przez zaprojektowaną przez Google maszynę AlphaGo.<sup>91</sup> Niedługo później, w lipcu 2017r. Rada Państwa Chińskiej Republiki Ludowej (中华人民共和国国务院) opublikowała dokument *New Generation Artificial Intelligence Development Plan*<sup>92</sup> (新一代人工智能发展规划). Dokument ten nakreśla chińską strategię na budowę i rozwój branży sztucznej inteligencji wartą ponad 150 miliardów dolarów, dzięki czemu Chiny mają stać się światowym mocarstwem sztucznej inteligencji do 2030r. Dzięki temu rozwój sztucznej inteligencji stał się narodowym priorytetem w Chinach i został również zawarty w „Wizji Chin” prezydenta Xi Jinpinga. (习近平)<sup>93</sup> Był to pierwszy raz, kiedy temat sztucznej inteligencji został poruszony oficjalnie przez Komunistyczną Partię Chin (中国共产党), jednak uznaje się go za kontynuację „13. Planu Pięcioletniego” (五年计划)<sup>94</sup> oraz narodowego planu na innowację przemysłu „Made in China 2025” (中国制造 2025).<sup>95</sup>

---

<sup>91</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/AlphaGo\\_versus\\_Ke\\_Jie](https://en.wikipedia.org/wiki/AlphaGo_versus_Ke_Jie), dostęp 17.04.2021

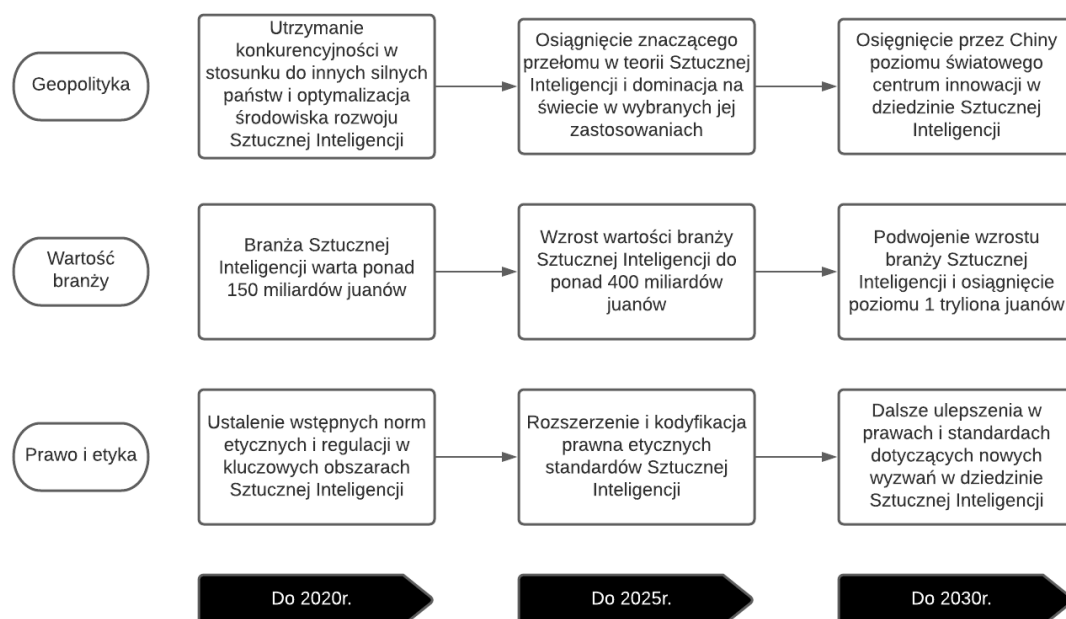
<sup>92</sup> <https://flia.org/notice-state-council-issuing-new-generation-artificial-intelligence-development-plan/>, dostęp 17.04.2021

<sup>93</sup> <https://www.scmp.com/business/china-business/article/2115935/chinas-xi-jinping-highlights-ai-big-data-and-shared-economy>, dostęp 17.04.2021

<sup>94</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Five-year\\_plans\\_of\\_China#Fourteenth\\_plan\\_\(2021–2025\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Five-year_plans_of_China#Fourteenth_plan_(2021–2025)), dostęp 17.04.2021

<sup>95</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Made\\_in\\_China\\_2025](https://en.wikipedia.org/wiki/Made_in_China_2025), dostęp 17.04.2021

Rysunek 18. Chiński plan rozwoju sztucznej inteligencji



Źródło: Opracowanie własne na podstawie H. Roberts, J. Cowls, J. Morley, M. Taddeo, V. Wang, L. Floridi, *The Chinese approach to artificial intelligence: an analysis of policy, ethics, and regulation*, AI&Society 2020, s.61

Przedstawione w New Generation Artificial Intelligence Development Plan (新一代人工智能发展规划) ramy czasowe przewidywały, że do 2020 r. chińskie firmy oraz ośrodki badawcze będą na tym samym poziomie, co Stany Zjednoczone. Do 2025 r. w Chinach mają mieć miejsce przełomy w poszczególnych aspektach sztucznej inteligencji, natomiast do 2030r. Chiny mają zostać światowym centrum innowacji w dziedzinie sztucznej inteligencji. Tego typu kierunek nadany przez Komunistyczną Partię Chin ma duże znaczenie dla lokalnych samorządów w Chinach, które dysponują środkami finansowymi – na przykład niedługo później rząd miasta Tianjin (天津市) ogłosił plany utworzenia funduszu o wartości 5 miliardów USD na wsparcie branży sztucznej inteligencji.<sup>96</sup> Za koordynację i wdrażanie strategii odpowiedzialne jest Ministerstwo Nauki i Technologii (中华人民共和国科学技术部).

12. grudnia 2017 r. Ministerstwo Przemysłu i Technologii Informatycznych (中华人民共和国工业和信息化部) opublikowało również dokument *Three-Year Action Plan for Promoting Development of a New Generation Artificial Intelligence Industry*<sup>97</sup> zawierający wskazówki do osiągnięcia postawionych celów. Trzyletni plan nakreślał 4 główne zadania dla branży: postawienie sobie celów w produkcji inteligentnych produktów: robotów, pojazdów, systemów do identyfikacji obrazów; osiągnięcie

<sup>96</sup> <https://www.nytimes.com/2017/07/20/business/china-artificial-intelligence.html>, dostęp 17.04.2021

<sup>97</sup> <https://www.newamerica.org/cybersecurity-initiative/digichina/blog/translation-chinese-government-outlines-ai-ambitions-through-2020/>, dostęp 17.04.2021

przełomu w fundamentach sztucznej inteligencji, np. czipach sieci neuronowych; umacnianie rozwoju „inteligentnego przemysłu”; budowa publicznego systemu wsparcia, np. budowa „inteligentnego Internetu nowej generacji” (*ang. intelligent next-generation Internet*). Wsparcie dla rozwoju sztucznej inteligencji przejawiają również samorządy lokalne i uniwersytety.<sup>98</sup>

Chińskie instytucje i firmy w ramach dyskusji na temat sztucznej inteligencji poruszają również kwestie etyczne. W maju 2019 współpracujące ze sobą instytucje: Beijing Academy of Artificial Intelligence (北京智源人工智能研究院), Peking University (北京大学), Tsinghua University (清华大学), Chinese Academy of Sciences (中国科学院) oraz firmy: Baidu (百度), Alibaba (阿里巴巴) i Tencent (腾讯) – opublikowały dokument *Beijing AI Principles*, który podkreśla, że rozwój sztucznej inteligencji powinien służyć wartościom takim jak prywatność, godność, wolność, autonomia i jednocześnie wzmacniać międzynarodową współpracę, unikając „wyścigu zbrojeń AI”.<sup>99</sup>

Istotną kwestią wpływającą na rozwój sztucznej inteligencji w Chinach jest również prywatność. W celu maksymalizacji efektywności algorytmów sztucznej inteligencji, potrzebne są duże zbiory danych, które można poddać przetwarzaniu. W 2018r. współwłaściciel Baidu Robin Li (李彦宏), powiedział: „Chińczycy są mniej wrażliwi wobec kwestii prywatności. Jeśli mogą wymienić prywatność za wygodę, bezpieczeństwo i efektywność, zrobią to w wielu przypadkach”.<sup>100</sup> Wypowiedź ta wzbudziła kontrowersje wśród chińskiego społeczeństwa – według ankiety Internet Society of China 54% osób uznaje, że nadużycia na tle prywatności w Chinach są poważnym problemem<sup>101</sup>.

W odpowiedzi Chiny wprowadziły różne środki ochrony prywatności<sup>102</sup> - m.in. w czerwcu 2018 wprowadzono standard ochrony prywatności, a firmy takie jak Alipay (支付宝) i Tencent Cloud (腾讯云) uzyskały odpowiednie certyfikacje. Niemniej jednak, w Chinach sądownictwo jest nadzorowane przez władzę ustawodawczą – a więc siła ochrony prywatności zależy od Komunistycznej Partii Chin, która jednocześnie za cel stawia sobie rozwój sztucznej inteligencji. Do tego zaś potrzebna jest oczywiście duża ilość danych – w efekcie gromadzone są duże ilości danych o społeczeństwie, a ochrona prywatności widoczna jest bardziej na poziomie ‘społecznym’ niż na poziomie jednostki.

---

<sup>98</sup> <https://futureoflife.org/ai-policy-china/?cn-reloaded=1>, dostęp 17.04.2021

<sup>99</sup> <https://www.baai.ac.cn/news/beijing-ai-principles-en.html>, dostęp 17.04.2021

<sup>100</sup> H. Roberts, J. Cowls, J. Morley, M. Taddeo, V. Wang, L. Floridi, *The Chinese approach to artificial intelligence: an analysis of policy, ethics, and regulation*, AI&Society 2020, s.69

<sup>101</sup> <https://www.technologyreview.com/2018/03/28/67113/chinas-citizens-do-care-about-their-data-privacy-actually/>, dostęp 17.04.2021

<sup>102</sup> H. Roberts, J. Cowls, J. Morley, M. Taddeo, V. Wang, L. Floridi, *The Chinese approach to artificial intelligence: an analysis of policy, ethics, and regulation*, AI&Society 2020, s.69

Bardzo korzystne dla funkcjonowania sztucznej inteligencji uwarunkowania prawne zestawione ze wsparciem rządu na poziomie państwowym i lokalnym dla tej technologii stwarzają niemalże idealne warunki do rozwoju tej technologii.

### 3.1.2. Stany Zjednoczone

Donald Trump wydał 11. lutego 2019 dekret prezydencki rozpoczynający inicjatywę *American AI Initiative*<sup>103</sup>. Dekret zawierał informację o tym, że Rząd Federalny odgrywa istotną rolę nie tylko w umacnianiu działań R&D w obszarze sztucznej inteligencji, ale również w promowaniu zaufania, szkoleniu ludzi przy zmieniającym się rynku pracy i obronie narodowych interesów, bezpieczeństwa i wartości.

Dokument *American AI Initiative* podkreśla 5 najważniejszych zasad:

- Napędzanie przełomów technologicznych
- Wspieranie rozwoju odpowiednich standardów technicznych
- Szkolenie pracowników w zakresie umiejętności rozwijania i stosowania technologii sztucznej inteligencji
- Ochrona amerykańskich wartości, w tym wolności obywatelskich i prywatności oraz wspieranie zaufania publicznego do technologii sztucznej inteligencji
- Ochrona przewagi technologicznej Stanów Zjednoczonych w dziedzinie sztucznej inteligencji przy jednoczesnym promowaniu międzynarodowego środowiska wspierającego innowacyjność

Na podstawie dekretu prezydenckiego, obowiązek koordynacji inicjatywy spoczywa na Komisji Specjalnej ds. Sztucznej Inteligencji przy Narodowym Urzędzie Nauki i Technologii (*ang. National Science and Technology Council Select Committee on Artificial Intelligence*). Wszystkie jednostki, które rozwijają technologię sztucznej inteligencji poprzez udzielanie grantów edukacyjnych lub regulacje, muszą przestrzegać sześciu celów strategicznych: promowanie trwałych inwestycji w badania i rozwój w dziedzinie sztucznej inteligencji; zwiększanie dostępu do federalnych danych, modeli i zasobów obliczeniowych; zmniejszanie barier w korzystaniu z technologii sztucznej inteligencji; zapewnienie, że standardy techniczne minimalizują podatność na ataki złośliwych podmiotów; szkolenie amerykańskich naukowców zajmujących się sztuczną inteligencją; wdrożenie planu działania w celu ochrony interesów gospodarczych i bezpieczeństwa narodowego Stanów Zjednoczonych. Co więcej, szefowie każdej jednostki są zobowiązani do rocznego zwiększania budżetu na sztuczną inteligencję.

---

<sup>103</sup> <https://trumpwhitehouse.archives.gov/ai/executive-order-ai/>, dostęp 17.04.2021

W maju 2019 Stany Zjednoczone dołączyły do pozostałych krajów<sup>104</sup>, przyjmując zasady OECD dotyczące sztucznej inteligencji (*ang. OECD AI Principles*).<sup>105</sup> Poza stwarzaniem korzystnych warunków prawnych, Stany Zjednoczone przeznaczają również środki finansowe na bezpośrednie inwestycje w sztuczną inteligencję. Rząd Stanów Zjednoczonych zainwestował prawie miliard dolarów w sztuczną inteligencję (niezwiązaną z obronnością),<sup>106</sup> a w 2021r. ma zainwestować ponad 6 miliardów dolarów w badania związane ze sztuczną inteligencją.<sup>107</sup>

W porównaniu do Chin, przepisy dotyczące prywatności oraz ochrony danych osobowych są w Stanach Zjednoczonych bardziej surowe. Obecnie Stany Zjednoczone cały czas borykają się z wprowadzeniem odpowiednich regulacji prawnych<sup>108</sup> pozwalających na kompromis pomiędzy ochroną prywatności, a wykorzystaniem dostępnych zasobów i repozytoriów danych do efektywnego trenowania algorytmów sztucznej inteligencji. Niemniej jednak, amerykańskie firmy z pewnością doświadczają na tym polu większych trudności w porównaniu z przedsiębiorstwami z Państwa Środka.

### 3.1.3. Polska

W porównaniu do Chińskiej Republiki Ludowej oraz Stanów Zjednoczonych, rząd Polski relatywnie późno podjął pierwsze działania mające na celu określenie narodowej strategii na rozwój sztucznej inteligencji. 21. Sierpnia 2019r. ogłoszone zostały konsultacje społeczne projektu „Polityki Rozwoju Sztucznej Inteligencji w Polsce na lata 2019-2027”.<sup>109</sup> W konsultacjach wzięło udział łącznie 46 podmiotów. We wrześniu 2020r. dokument został przyjęty przez Komitet Rady Ministrów ds. Cyfryzacji<sup>110</sup>. 12. Stycznia 2021r. Rada Ministrów uchwaliła ustawę ustanawiającą „Politykę dla Rozwoju Sztucznej inteligencji w Polsce od roku 2020.”<sup>111</sup>

Dokument ten określa działania i cele dla Polski w perspektywie krótkoterminowej (do 2023r.), średnioterminowej (do 2027r.) i długoterminowej (po 2027r.). Wymienione w dokumencie cele zostały podzielone na sześć obszarów:<sup>112</sup>

---

<sup>104</sup> <https://www.oecd.org/science/forty-two-countries-adopt-new-oecd-principles-on-artificial-intelligence.htm>, dostęp 17.04.2021

<sup>105</sup> <https://www.oecd.org/going-digital/ai/principles/>, dostęp 17.04.2021

<sup>106</sup> <https://oecd.ai/dashboards/policy-initiatives/2019-data-policyInitiatives-24536>, dostęp 17.04.2021

<sup>107</sup> [https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2021/2/10/federal-ai-spending-to-top-\\$6-billion](https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2021/2/10/federal-ai-spending-to-top-$6-billion), dostęp 17.04.2021

<sup>108</sup> K. F. Lee, *Inteligencja Sztuczna, Rewolucja Prawdziwa*, Media Rodzina 2019, s.154

<sup>109</sup> <https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/konsultacje-spoeczne-projektu-polityki-rozwoju-sztucznej-inteligencji-w-polsce-na-lata-2019--2028>, dostęp 17.04.2021

<sup>110</sup> <https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/rozwoj-sztucznej-inteligencji-w-polsce--wazna-decyzja>, dostęp 17.04.2021

<sup>111</sup> <https://monitorpolski.gov.pl/M2021000002301.pdf>, dostęp 17.04.2021

<sup>112</sup> <https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/rozwoj-sztucznej-inteligencji-w-polsce--wazna-decyzja>, dostęp 17.04.2021



- 1) Sztuczna inteligencja i społeczeństwo – działania, które mają sprawić, że Polacy będą beneficjentami gospodarki opartej na danych oraz będą świadomi tego, że podnoszenie własnych kompetencji cyfrowych jest konieczne
- 2) Sztuczna inteligencja i innowacyjne firmy – działania polegające na wsparciu polskich startupów poprzez tworzenie mechanizmów pozwalających na ich rozwój oraz współpracę z rządem
- 3) Sztuczna inteligencja i nauka – wspieranie środowiska naukowego i badawczego w projektowaniu rozwiązań wykorzystujących sztuczną inteligencję m.in. dzięki działaniom przygotowującym kadry ekspertów sztucznej inteligencji
- 4) Sztuczna inteligencja i edukacja – kształcenie cyfrowe na poziomie od szkoły podstawowej do uczelni wyższych oraz organizacja kursów dla osób zagrożonych utratą miejsc pracy wskutek rozwoju sztucznej inteligencji
- 5) Sztuczna inteligencja i współpraca międzynarodowa – wsparcie polskiego biznesu w zakresie technologii sztucznej inteligencji i pomoc w ekspansji międzynarodowej
- 6) Sztuczna inteligencja i sektor publiczny – pomoc sektorowi publicznemu w realizacji zamówień na rzecz sztucznej inteligencji, lepszej koordynacji działań oraz wspieraniu programów rządowych w zakresie cyfryzacji i sztucznej inteligencji

Warto dodać, że Unia Europejska, a w tym Polska, przyjęła bardzo surowe prawo poprzez przyjęcie RODO (Rozporządzenie Ogólne o Ochronie Danych Osobowych). W efekcie wprowadzone zostały liczne ograniczenia w gromadzeniu, przetwarzaniu i zarządzaniu prywatnymi danymi osobowymi<sup>113</sup>. Może to implikować potencjalne trudności w wykorzystaniu danych do budowy algorytmów uczenia maszynowego. W rezultacie, sztuczna inteligencja z pewnością może być wykorzystywana w wielu wąskich zastosowaniach – między innymi marketingu czy profilowaniu klientów, jednak jej wykorzystanie na poziomie całego społeczeństwa (np. rozpoznawanie twarzy i profilowanie obywateli) może wzbudzać duże kontrowersje.

### 3.2. Potencjał naukowy w dziedzinie sztucznej inteligencji

Indeks Nature (*ang. Nature Index*) to baza artykułów naukowych opublikowanych w niezależnie wybranej grupie 82 czasopism naukowych o wysokiej wartości, zawierająca informacje o przynależności autorów. Baza danych jest opracowywana przez organizację Nature Research i pomaga przybliżyć współpracę autorów na poziomie instytucjonalnym, krajowym oraz regionalnym.<sup>114</sup>

W ramach przygotowywanych rankingów, Indeks Nature posługuje się następującymi metrykami:<sup>115</sup>

---

<sup>113</sup> K. F. Lee, *Inteligencja Sztuczna, Rewolucja Prawdziwa*, Media Rodzina 2019, s.154

<sup>114</sup> <https://www.natureindex.com/faq>

<sup>115</sup> <https://www.natureindex.com/using-the-index>, dostęp 17.04.2021

- Liczba (*ang. Count*) – liczba artykułów
- Udział (*ang. Share*) – metryka biorąca pod uwagę udział poszczególnego kraju lub instytucji w powstaniu danego artykułu. Na przykład, artykuł stworzony przez współpracujących naukowców z Polski i Chin w proporcji 1:1 zapewni po 0,5 pkt „udziału” dla każdego z krajów.

Tabela 7 przedstawia ranking 10 państw o najwyższym udziale artykułów w dziedzinie sztucznej inteligencji według Nature Index 2020. Jak widać, ranking jest zdominowany przez Stany Zjednoczone, których udział (5214,57) jest ponad pięciokrotnie wyższy, niż w przypadku drugiego państwa w rankingu – Wielkiej Brytanii. Chiny zajmują w rankingu 4. miejsce z wynikiem 744.21. Warto dodać, że Stany Zjednoczone mają znacznie niższy współczynnik artykułów międzynarodowych w porównaniu do pozostałych krajów. Na tej podstawie można wysnuć wniosek, że poziom naukowy w dziedzinie sztucznej inteligencji w Stanach Zjednoczonych jest relatywnie wysoki – pozwalający na samodzielne publikacje w czasopismach wysokiej jakości.

**Tabela 7. Dziesięć państw o najwyższym udziale artykułów w dziedzinie sztucznej inteligencji według Nature Index 2020**

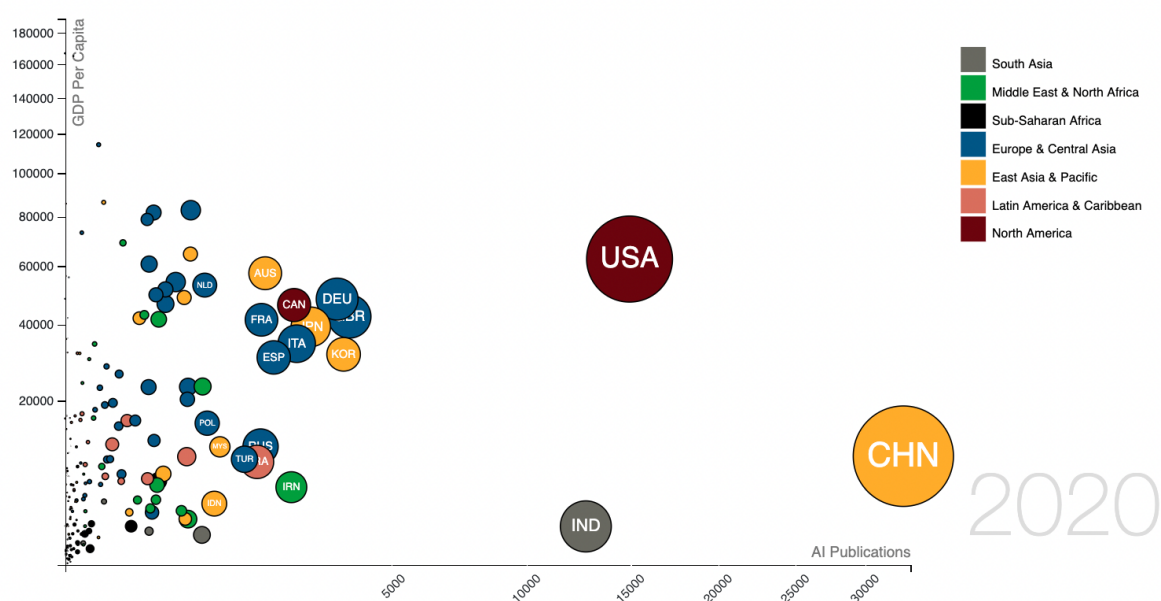
| Ranking | Kraj              | Udział 2015–2019 | Liczba 2015–2019 | Artykuły międzynarodowe (%) |
|---------|-------------------|------------------|------------------|-----------------------------|
| 1       | Stany Zjednoczone | <b>5214.57</b>   | 7020             | 50.6%                       |
| 2       | Wielka Brytania   | <b>979.67</b>    | 2073             | 80.3%                       |
| 3       | Niemcy            | <b>800.99</b>    | 1756             | 80.5%                       |
| 4       | Chiny             | <b>744.21</b>    | 1446             | 74.6%                       |
| 5       | Francja           | <b>355.34</b>    | 1000             | 87.5%                       |
| 6       | Kanada            | <b>354.11</b>    | 826              | 79.3%                       |
| 7       | Szwajcaria        | <b>332.62</b>    | 890              | 84.3%                       |
| 8       | Japonia           | <b>306.71</b>    | 651              | 74.2%                       |
| 9       | Australia         | <b>231.00</b>    | 650              | 85.8%                       |
| 10      | Holandia          | <b>207.41</b>    | 646              | 88.2%                       |

Źródło: Opracowanie własne na podstawie <https://www.natureindex.com/supplements/nature-index-2020-ai/tables/countries>, dostęp 18.04.02021

Statystyką pozwalającą na inny punkt widzenia na temat potencjału naukowego państw w dziedzinie sztucznej inteligencji jest łączna liczba publikacji naukowych. Rysunek 19, pokazuje stosunek PKB per capita do ilości publikacji w dziedzinie sztucznej inteligencji w 2020 r. Na jego podstawie można pokusić się o dwa wnioski. Po pierwsze, biorąc pod uwagę wskaźnik PKB per capita Chiny zajmują relatywnie wysoką pozycję w stosunku do Stanów Zjednoczonych. Po drugie, Chińska Republika Ludowa produkuje ogromną liczbę artykułów naukowych w dziedzinie sztucznej inteligencji – ponad 30 tysięcy w 2020r. Niemniej jednak, relatywnie niewiele z nich zostaje ujętych w rankingu Nature Index. Z uwagi na brak dodatkowych danych trudno jednoznacznie stwierdzić z czego wynika ta zależność, jednak można przypuszczać, że chińskie artykuły naukowe są gorszej jakości w stosunku do

tych ze Stanów Zjednoczonych. Według raportu *Artificial Intelligence Index - 2019 Annual Report*<sup>116</sup> przygotowanego przez Uniwersytet Stanforda, Chiny wyprzedziły Stany Zjednoczone w ilości publikacji w dziedzinie sztucznej inteligencji już w 2006 r. Niemniej jednak, wpływ cytowań amerykańskich artykułów jest nadal wyższy o ok. 50%.

**Rysunek 19. Liczba publikacji w dziedzinie sztucznej inteligencji w stosunku do PKB per capita według kraju**



Źródło: <https://oecd.ai/data-from-partners?selectedTab=AIResearch>, dostęp 18.04.2021

Powyższe rozważania mogą zostać również potwierdzone przez ranking instytucji badawczych na świecie w dziedzinie sztucznej inteligencji. Pod względem łącznej liczby publikacji zdecydowanie dominują organizacje pochodzące z Chin.

<sup>116</sup> [https://hai.stanford.edu/sites/default/files/ai\\_index\\_2019\\_report.pdf](https://hai.stanford.edu/sites/default/files/ai_index_2019_report.pdf), dostęp 18.04.2021, strona 5

**Tabela 8. Ranking organizacji badawczych na świecie pod względem łącznej liczby publikacji w dziedzinie sztucznej inteligencji**

| Ranking | Organizacja badawcza                                     | Lokalizacja       | Ilość publikacji 2015–2019 |
|---------|----------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| 1       | Tsinghua University                                      | Chiny             | 11,867                     |
| 2       | University of Chinese Academy of Sciences                | Chiny             | 8,835                      |
| 3       | Shanghai Jiao Tong University                            | Chiny             | 8,796                      |
| 4       | Beihang University                                       | Chiny             | 8,605                      |
| 5       | Zhejiang University                                      | Chiny             | 8,337                      |
| 6       | Harbin Institute of Technology                           | Chiny             | 8,315                      |
| 7       | Nanyang Technological University                         | Singapur          | 6,985                      |
| 8       | University of Electronic Science and Technology of China | Chiny             | 6,954                      |
| 9       | Stanford University                                      | Stany Zjednoczone | 6,609                      |

Źródło: Opracowanie własne na podstawie <https://www.natureindex.com/supplements/nature-index-2020-ai/tables/dimensions-overall>, dostęp 18.04.2021

Natomiast zestawienie 10 instytucji naukowych (*ang. Academic institutions*), których osiągnięcia naukowe w dziedzinie sztucznej inteligencji mierzone są metrykami Nature Index, ponownie wskazuje dominację Stanów Zjednoczonych w tej dziedzinie.

**Tabela 9. Ranking instytucji naukowych ze względu na udział publikacji naukowych w dziedzinie sztucznej inteligencji według Nature Index**

| Ranking | Instytucja                                                       | Lokalizacja       | Udział 2015-2019 | Liczba 2015-2019 |
|---------|------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| 1       | <a href="#">Harvard University</a>                               | Stany Zjednoczone | 330.77           | 937              |
| 2       | <a href="#">Stanford University</a>                              | Stany Zjednoczone | 257.90           | 629              |
| 3       | <a href="#">Massachusetts Institute of Technology (MIT)</a>      | Stany Zjednoczone | 209.04           | 620              |
| 4       | <a href="#">University of Oxford</a>                             | Wielka Brytania   | 132.34           | 495              |
| 5       | <a href="#">University of Cambridge</a>                          | Wielka Brytania   | 130.68           | 485              |
| 6       | <a href="#">UCL</a>                                              | Wielka Brytania   | 129.70           | 415              |
| 7       | <a href="#">Columbia University in the City of New York (CU)</a> | Stany Zjednoczone | 127.56           | 386              |
| 8       | <a href="#">New York University (NYU)</a>                        | Stany Zjednoczone | 117.40           | 353              |
| 9       | <a href="#">University of Washington (UW)</a>                    | Stany Zjednoczone | 110.68           | 338              |
| 10      | <a href="#">Princeton University</a>                             | Stany Zjednoczone | 107.92           | 254              |

Źródło: Opracowanie własne na podstawie <https://www.natureindex.com/supplements/nature-index-2020-ai/tables/academic>, dostęp 18.04.2021

Pomimo tego, że w badaniach nad sztuczną inteligencją dominują instytucje badawcze, znaczącą rolę odgrywają również firmy. Wśród prac zgłoszonych na dwie najbardziej prestiżowe w konferencje w dziedzinie sztucznej inteligencji w 2020 roku (ICML<sup>117</sup> oraz NeurIPS<sup>118</sup>), 21,1% prac pochodziło z jednostek biznesowych, a nie naukowych lub akademickich<sup>119</sup>. Udział prac<sup>120</sup> z podziałem na przedsiębiorstwa wyglądał następująco: Google – USA (220,1), Microsoft – USA (66,5), Facebook- USA (48,5), IBM – USA (29,7), Huawei (华为) – Chiny (14,3), NVIDIA – USA (13,9), Amazon – USA (13,5),

<sup>117</sup> <https://icml.cc/Conferences/2020>

<sup>118</sup> <https://nips.cc/Conferences/2020/>

<sup>119</sup> <https://chuvpilo.medium.com/ai-research-rankings-2020-can-the-united-states-stay-ahead-of-china-61cf14b1216>, dostęp 18.04.2021

<sup>120</sup> W przypadku współpracy kilku instytucji na jedną pracę udział liczony jest analogicznie do wskaźnika Nature Index.

Samsung – Korea Płd. (11,1), Alibaba (阿里巴巴) – Chiny (10.5) oraz Tencent (腾讯) – Chiny (9,2). Widać więc, że firmy ze Stanów Zjednoczonych mają bardzo dużą przewagę technologiczną nad konkurencją.

Mówiąc o potencjale naukowym, warto również zwrócić uwagę na wyniki *per capita*. Do państw o relatywnie wysokiej – w przeliczeniu na mieszkańca - liczbie artykułów naukowych poświęconych uczeniu głębokiemu opublikowanych na arXiv można zaliczyć Singapur, Szwajcarię, Australię, Holandię oraz Luksemburg.<sup>121</sup>

Polska nie znalazła się w rankingu 25 państw i regionów o najwyższym udziale publikacji naukowych w dziedzinie sztucznej inteligencji według Indeksu Nature<sup>122</sup>, uwzględniającego jakość artykułów. Niemniej jednak, w latach 2015-2019 w Polsce wydano łącznie 15869 publikacji, dzięki czemu Polska znalazła się na 21. miejscu na świecie w rankingu liczby publikacji naukowych za ten okres<sup>123</sup>.

### 3.3. Rywalizacja w dziedzinie sztucznej inteligencji pomiędzy Stanami Zjednoczonymi, a Chinami

W książce *Inteligencja Sztuczna, Rewolucja Prawdziwa* Kai Fu Lee przewiduje, że rewolucja w sztucznej inteligencji dzielić się będzie na cztery następujące po sobie fale:<sup>124</sup>

- Sztuczna Inteligencja Internetowa
- Sztuczna Inteligencja Biznesowa
- Sztuczna Inteligencja Percepcyjna
- Sztuczna Inteligencja Autonomiczna

Początki Sztucznej Inteligencji Internetowej sięgają 2012 roku. Wtedy właśnie firmy internetowe zaczęły ulepszać algorytmy, które proponują treści pokazywane użytkownikom Internetu. Dzięki temu propozycje wyświetlane w Internecie są lepiej dostosowane do użytkowników. Dzięki temu sklepy e-commerce mogą oferować produkty, które cechują się wyższą szansą na zakup, a treści wyświetlane np. przez portal Youtube z wyższym prawdopodobieństwem zainteresują odbiorcę. Rozwój Sztucznej Inteligencji Internetowej spowodował znaczny wzrost przychodów firm Internetowych, które gromadzą dane na temat aktywności w sieci.

---

<sup>121</sup> *Artificial Intelligence Index Report 2019*, Stanford University, [https://hai.stanford.edu/sites/default/files/ai\\_index\\_2019\\_report.pdf](https://hai.stanford.edu/sites/default/files/ai_index_2019_report.pdf), s. 5, dostęp 18.04.2021

<sup>122</sup> <https://www.natureindex.com/supplements/nature-index-2020-ai/tables/countries>, dostęp 18.04.2021

<sup>123</sup> <https://www.natureindex.com/supplements/nature-index-2020-ai/tables/dimensions-countries>, dostęp 18.04.2021

<sup>124</sup> K.F. Lee, *Inteligencja Sztuczna, Rewolucja Prawdziwa*, Media Rodzina 2019, s.132

Sztuczna Inteligencja Biznesowa wykorzystuje dane zebrane przez firmy, które dzięki rozwojowi algorytmów mogą zostać teraz przetworzone w efektywny sposób. Wiele instytucji, między innymi finansowych, od kilkunastu lat zbiera dane zebrane od swoich użytkowników. Dzięki rozwojowi Sztucznej Inteligencji Biznesowej są oni w stanie wyciągać teraz na tej podstawie wnioski w celu ulepszenia jakości swoich usług. Przykładowymi instytucjami, które w ten sposób mogą odnieść korzyści są między innymi banki, które zebrane informacje wykorzystują do oceny zdolności kredytowej lub firmy ubezpieczeniowe, które w ten sposób obniżają ryzyko działalności i zwiększają zyski.

Rewolucja w Sztucznej Inteligencji Percepcyjnej to proces, który toczy się obecnie. Niegdyś jedynymi łącznikami pomiędzy światem wirtualnym oraz realnym były urządzenia cyfrowe, takie jak komputer lub smartfon z dostępem do Internetu. Obecnie, dzięki Sztucznej Inteligencji Percepcyjnej, maszyny zaczynają przetwarzać dane z otaczającego nas świata oraz rozumieć go. Kamery są w stanie rozpoznać zarejestrowany obraz i na tej podstawie podejmować optymalne decyzje. Podobnie, systemy takie jak Apple Siri czy Amazon Echo dzięki uczeniu głębokiemu rozumieją wypowiedane przez nas słowa. Realne przykłady Sztucznej Inteligencji Percepcyjnej można dostrzec również w miejscach, w których płatności są przyjmowane i potwierdzane dzięki innowacyjnym technologiom wykorzystującym skanowanie twarzy.

Czwarta fala – Sztuczna Inteligencja Autonomiczna będzie możliwa dzięki rozwojowi trzech powyższych aspektów. W momencie, w którym maszyny – między innymi samochody i roboty – zaczną rozumieć otaczający nas świat, będą w stanie działać autonomicznie i samodzielnie podejmować decyzje. Sztuczna Inteligencja Autonomiczna nie jest jeszcze rozwinięta, jednak urządzenia tego typu można już dostrzec w otaczającym nas świecie – między innymi amerykańska firma Traptic stworzyła robota zdolnego do samodzielnego zbierania truskawek.

Szacowany potencjał USA i Chin w wyżej wymienionych obszarach został przedstawiony na rysunku 20.

**Rysunek 20. Szacowany stosunek potencjału USA i Chin w poszczególnych dziedzinach sztucznej inteligencji w 2018 i 2023**



Źródło: Opracowanie własne na podstawie K. F. Lee, *Inteligencja Sztuczna, Rewolucja Prawdziwa*, Media Rodzina 2019, s.167

Chiny oraz Stany Zjednoczone są obecnie na podobnym poziomie w zakresie Sztucznej Inteligencji Internetowej, która zdominowana jest przez gigantyczne przedsiębiorstwa – takie jak Facebook, Google, WeChat (微信), Baidu (百度) czy Microsoft. Kai Fu Lee szacuje, że do 2023 Chiny mogą objąć delikatną przewagę w tym obszarze – mają więcej użytkowników Internetu oraz w większym stopniu zaimplementowały płatności bezgotówkowe, co daje większą szansę na ulepszenie algorytmów.

Sztuczna Inteligencja Biznesowa to obszar, w którym Stany Zjednoczone są zdecydowanie silniejsze. Amerykańskie korporacje od wielu lat zbierają ustrukturyzowane dane, które teraz można wykorzystać dzięki algorytmom uczenia głębokiego. Natomiast z uwagi na chińską kulturę biznesową, wiele firm z Państwa Środka wykorzystuje własne systemy księgowe do zapisu danych finansowych lub korzysta z

nieskalowalnych modeli do gromadzenia danych na temat klientów. Dzieje się tak dlatego, że Chińskie firmy z reguły są mniej skłonne do opłacania usług consultingowych. W zakresie Sztucznej Inteligencji Biznesowej Chiny mają szansę zrobić znaczny postęp w dziedzinach, które nie wymagają wykorzystania ustrukturyzowanych danych – między innymi w medycynie czy kredytach konsumenckich. Przykładowymi firmami działającymi w tych branżach są RXThinking (大数据医达), która na podstawie danych zebranych z tysięcy wywiadów lekarskich i symptomów pacjentów pomaga w diagnozie medycznej oraz Smart Finance Group, która wytworzyła algorytmy oceniające zdolność kredytową przy mikropożyczkach na podstawie analizy danych zebranych ze smartfonów użytkowników – takich jak poziom naładowania baterii, historia wysłanych wiadomości na platformie Wechat itp. Warto dodać, że Sztuczna Inteligencja Biznesowa to branża stwarzająca szerokie potencjalne szanse na rozwój startupów.

Sztuczna Inteligencja Percepcyjna to branża, w której według Kaifu Lee w 2018 roku większy potencjał miały Chiny, a do 2023 roku mogą osiągnąć one jeszcze większą przewagę nad Stanami Zjednoczonymi. Dużą wagę w rosnącej roli Chin w tej dziedzinie stanowi szeroko rozwinięty przemysł online to offline oraz uwarunkowania prawne. Chiny powszechnie wykorzystują i z chęcią implementują rozwiązania technologiczne w świecie realnym. Stwarza to potencjał do rozwoju np. startupów zajmujących się edukacją online to offline. Rozwój Sztucznej Inteligencji Percepcyjnej wymaga jednak skanowania ogromnej ilości danych ze świata rzeczywistego, co jest często sprzeczne z prawnymi uwarunkowaniami i ochroną prywatności w Stanach Zjednoczonych oraz Europie. Natomiast w Chinach rząd stwarza dogodne możliwości do rozwoju tego typu usług i produktów poprzez zbieranie dużych ilości danych między innymi poprzez monitoring ulic miejskich.

Ostatnia fala – Sztuczna Inteligencja Autonomiczna w 2018 r. posiadała znacznie większy potencjał Stanach Zjednoczonych. W branży inteligentnych pojazdów ogromną przewagę technologiczną mają amerykańskie firmy: Tesla oraz Google. Niemniej jednak, programy pilotażowe takie jak projekt autonomicznego miasta Xiong'an (雄安新区)<sup>125</sup> oraz wsparcie finansowe stwarzają potencjał do szybkiego zbierania danych przez chińskie firmy związane z autonomicznymi pojazdami – takie jak Momenta czy Pony.ai – i w efekcie szybkiego rozwoju algorytmów. Natomiast w zakresie produkcji dronów liderem na świecie bez wątpienia jest chińska firma DJI, której udział w rynku w samych Stanach Zjednoczonych wynosi ponad 75%.<sup>126</sup> Trudno ocenić, które państwo osiągnie przewagę w

---

<sup>125</sup> <https://www.china-briefing.com/news/xiongan-new-area-beijing-tianjin-hebei/>, dostęp 21.04.2021

<sup>126</sup> <https://www.thedronegirl.com/2021/03/15/djis-market-share-2020/>, dostęp 21.04.2021



d dziedzinie Sztucznej Inteligencji Autonomicznej. Rozwój technologiczny przemawia za Stanami Zjednoczonymi, natomiast polityka i wsparcie rządu stwarza w tej dziedzinie szansę dla Chin.

Jak widać, rywalizacja w branży sztucznej inteligencji między Chinami i Stanami Zjednoczonymi jest zacięta. USA posiadają obecnie przewagę technologiczną, która jest jednak niwelowana dzięki dużym zbiorom danym, które w posiadaniu mają chińskie firmy. Z pewnością w kolejnych latach wyścig technologiczny będzie przyspieszał.

Polska jest zdecydowanie w tyle za wyżej wymienionymi dwoma państwami – warto więc, żeby firmy polskie obserwowały dobre praktyki w dziedzinie technologii, a politycy przyglądali się aspektom prawnym, dzięki czemu Polska będzie miała potencjalnie większe szanse na rozwój.

### 3.4. Kultura biznesu i środowisko startupowe

Środowiska startupowe w Chinach oraz Stanach Zjednoczonych różnią się pod wieloma względami. W obu krajach zauważalna jest dynamika prowadzenia biznesu, modele biznesowe, charakter produktów i usług oferowanych konsumentom. Analogicznie, inne jest również otoczenie, w którym funkcjonują startupy zajmujące się sztuczną inteligencją. Sukces i efektywność algorytmów uczenia maszynowego wykorzystujących uczenie głębokie uwarunkowana jest trzema czynnikami: mocą obliczeniową, dostępnością do utalentowanych inżynierów oraz przede wszystkim dostępnością dużej ilości danych do tworzenia modeli treningowych. Stany Zjednoczone dysponują wyższym potencjałem naukowym (czego dowodzi rozdział 4.2), jednakże to Chiny cechują się znacznie lepszym dostępem do danych<sup>127</sup> – zarówno dzięki polityce rządowej (opisanej w rozdziale 4.1), jak i sposobowi działania przedsiębiorstw. Dzięki temu chińskie startupy mogą osiągnąć znaczną przewagę nad konkurentami z oceanu, która w kolejnych latach może rosnąć dzięki rozszerzaniu istniejących repozytoriów o coraz dokładniejsze dane mapujące zachowania klientów, rozprzestrzenianie chorób itp. Dzieje się tak dlatego, że startupy z Doliny Krzemowej gromadzą dane na temat aktywności użytkowników w sieci, zapisując historię wyszukiwania, odwiedzonych stron, pobranych plików, obejrzanych filmów itp. Tymczasem chińskie startupy, oprócz interakcji online, zapamiętują również dane z rzeczywistego świata – na przykład dane dotyczące zakupów, kupionych posiłków czy transportu.<sup>128</sup>

Powyższy trend szerzej został opisany przez Kai Fu Lee w książce *Inteligencja Sztuczna, Rewolucja Prawdziwa*. W Chinach wiele firm funkcjonuje w tzw. modelu o2o, czyli online to offline. Polega on na przekształceniu aktywności internetowej na usługi w świecie rzeczywistym. Pierwszą powszechnie znaną tego typu firmą był amerykański Uber, którego model szybko został skopiowany przez jego

---

<sup>127</sup> K. F. Lee, *Inteligencja Sztuczna, Rewolucja Prawdziwa*, Media Rodzina 2019, s.29

<sup>128</sup> K. F. Lee, *Inteligencja Sztuczna, Rewolucja Prawdziwa*, Media Rodzina 2019, s.76

chińskiego odpowiednika – Didi Chuxing (滴滴出行). Niedługo później okazało się, że chińskie miasta i chińskie społeczeństwo to idealne miejsce do rozwoju tego typu usług. Skorzystało na tym wiele startupów, między innymi dostawca żywności Meituan Dianping (美团点评).

KaiFu Lee działalność startupów rozdziela również na „podejście ciężkie” oraz „podejście lekkie”.<sup>129</sup> Podejście lekkie, którym kieruje się wiele startupów amerykańskich polega na oferowaniu usług online. Amerykanie starają się stworzyć łatwo skalowalne platformy internetowe, które specjalizują się w wąskiej działalności, kwestie logistyczne pozostawiając zewnętrznym jednostkom (np. AirBNB). Natomiast chińskie firmy charakteryzują się podejściem ciężkim – działalność online przenoszą również do świata realnego, starając się przejąć kontrolę nad całym łańcuchem dostarczanych usług. KaiFu Lee podaje przykłady Didi Chuxing (滴滴出行), która po pokonaniu Ubera na rynku chińskim rozpoczęła inwestycje w warsztaty naprawy samochodów oraz sieć stacji benzynowych. Podobnym przykładem jest również platforma Tujia (途家), która oferuje podobne usługi do AirBNB, rozszerzając je jednak między innymi o usługi sprzątnięcia oraz administrację nieruchomości.

Prawdziwy potencjał modeli biznesowych o2o (online to offline) w Chinach może zostać odkryty dzięki niezwykle popularnym w Chinach płatnościom mobilnym. W 2018r. w Chinach wykonano łącznie ponad 60 mld transakcji mobilnych<sup>130</sup>, a 95% rynku zdominowane jest przez dwie firmy – Alipay i Wechat Pay.<sup>131</sup> Dane dotyczące płatności mobilnych zebrane w ten sposób pozwalają na tworzenie obszernych map aktywności konsumenckiej – znacznie dokładniejszych, niż dane zebrane w USA dzięki kartom płatniczym<sup>132</sup>, co stwarza szansę szybkiego rozwoju dla przedsiębiorstw działających na pograniczu sztucznej inteligencji oraz sprzedaży detalicznej czy obrotu nieruchomościami.

Oprócz wymienionych powyżej czynników, samo środowisko startupowe w Stanach Zjednoczonych i Chinach różni się pod względem kultury konkurencji. Startupy z Doliny Krzemowej charakteryzują się optymistycznym podejściem do technologii, a w swojej działalności kierują się misją. W przeciwieństwie do nich, chińskie firmy relatywnie często kopiuje i ulepsza pomysły swoich konkurentów, dążąc w swojej działalności przede wszystkim do osiągnięcia zysku.

W Polsce środowisko startupowe nie jest tak rozwinięte jak w wyżej wymienionych krajach. Chiński rynek jest relatywnie zamknięty, do Polski dociera też niewiele informacji z Państwa Środka. Można więc powiedzieć, że inspiracją dla Polskich przedsiębiorców są przede wszystkim Stany Zjednoczone

---

<sup>129</sup> K. F. Lee, *Inteligencja Sztuczna, Rewolucja Prawdziwa*, Media Rodzina 2019, s.93

<sup>130</sup> Y. Huang, X. Wang, X. Wang, *Mobile Payments in China: Practise and its effects*, Peking University 2020, s. 2

<sup>131</sup> <https://www.chinabankingnews.com/2020/01/21/chinas-mobile-payments-market-grows-over-15-alipays-market-share-exceed-half/>, dostęp 20.04.2021

<sup>132</sup> K. F. Lee, *Inteligencja Sztuczna, Rewolucja Prawdziwa*, Media Rodzina 2019, s.100

oraz rynki Europy Zachodniej i to do tych ekosystemów podobne są otoczenie i kultura startupowa w Polsce.

### 3.5. Największe ekosystemy startupowe w Chinach i Stanach Zjednoczonych

Pomimo różnic dzielących Chiny i Stany Zjednoczone, oba te kraje posiadają wyjątkowo wydajne ekosystemy startupowe. Warto zwrócić uwagę, że w trzech z czterech wymienionych ekosystemów dominujące branże to Sztuczna inteligencja i Big Data, co stanowi kolejny dowód na to, że te branże mają ogromny potencjał. Wszystkie ekosystemy posiadają świetne możliwości finansowania – w Stanach Zjednoczonych główną rolę odgrywa w tym aspekcie kapitał prywatny, natomiast w Państwie Środka istotne okazuje się również wsparcie rządowe. W Chinach znacząco niższe (prawie trzykrotnie) są natomiast koszty zatrudnienia pracowników posiadających umiejętności techniczne. Całość została przedstawiona w tabeli 10. W analizie nie uwzględniono Polski, z uwagi na słabo rozwinięte ekosystemy startupowe.

**Tabela 10. Porównanie największych ekosystemów startupowych w Chinach i Stanach Zjednoczonych**

| Państwo           | Ekosystem       | Opis                                                                                                                                                                             | Dominujące branże                                                                                                                      | Pozostałe statystyki                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stany Zjednoczone | Dolina Krzemowa | Łączna wartość tego ekosystemu wynosi 677mld USD. Firmy zajmują się głównie szeroko pojętymi nowymi technologiami i mają świetny dostęp do finansowania.                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sztuczna inteligencja i Big Data</li> <li>Fintech</li> <li>Nauki o życiu</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Łączne roczne finansowanie na wczesnym etapie: 18mld USD</li> <li>Mediana wartości dla finansowania załączkowego – 1mln USD</li> <li>Przeciętne roczne zarobki informatyka – 123 tys USD</li> </ul> |
|                   | Nowy Jork       | Największy na świecie ekosystem – ponad 9000 startupów, 8 mln mieszkańców miasta, z czego ponad 1mln posiada dyplom ukończenia studiów w dziedzinie inżynierii lub nauk o życiu. | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sztuczna inteligencja i Big Data</li> <li>Cyberbezpieczeństwo</li> <li>Nauki o życiu</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Łączne roczne finansowanie na wczesnym etapie: 8,3 mld USD</li> <li>Mediana wartości dla finansowania załączkowego – 850 tys USD</li> <li>Przeciętne roczne zarobki</li> </ul>                      |

|       |          |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |          |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         | informatyka – 98 tys USD                                                                                                                                                                                                                      |
| Chiny | Pekin    | W Pekinie co roku studia kończy 200 tysięcy studentów, a wielu z nich zasila ekosystem startupowy. W Pekinie znajduje się hub technologiczny Zhongguancun (中关村), a firmy mają dobry dostęp do finansowania z sektora publicznego. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sztuczna inteligencja i Big Data</li> <li>• Fintech</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Roczne finansowanie na wczesnym etapie: 7,5 mld USD</li> <li>• Mediana wartości dla finansowania załączkowego – 2 mln USD</li> <li>• Przeciętne roczne zarobki informatyka – 34 tys USD</li> </ul>   |
|       | Szanghaj | Szanghaj znany jest z dobrego dostępu do finansowania dzięki ponad 5000 aniołom biznesu. Znajduje się tam również Zhangjiang Hi-Tech Park (张江高科技园区) określany jak chińska Dolina Krzemowa.                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• EdTech</li> <li>• Gaming</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Roczne finansowanie na wczesnym etapie: 8,7 mld USD</li> <li>• Mediana wartości dla finansowania załączkowego – 1,5 mln USD</li> <li>• Przeciętne roczne zarobki informatyka – 30 tys USD</li> </ul> |

Źródło: Opracowanie własne na podstawie raportu *The Global Startup Ecosystem Report 2020*, <https://startupgenome.com/reports/gser2020>

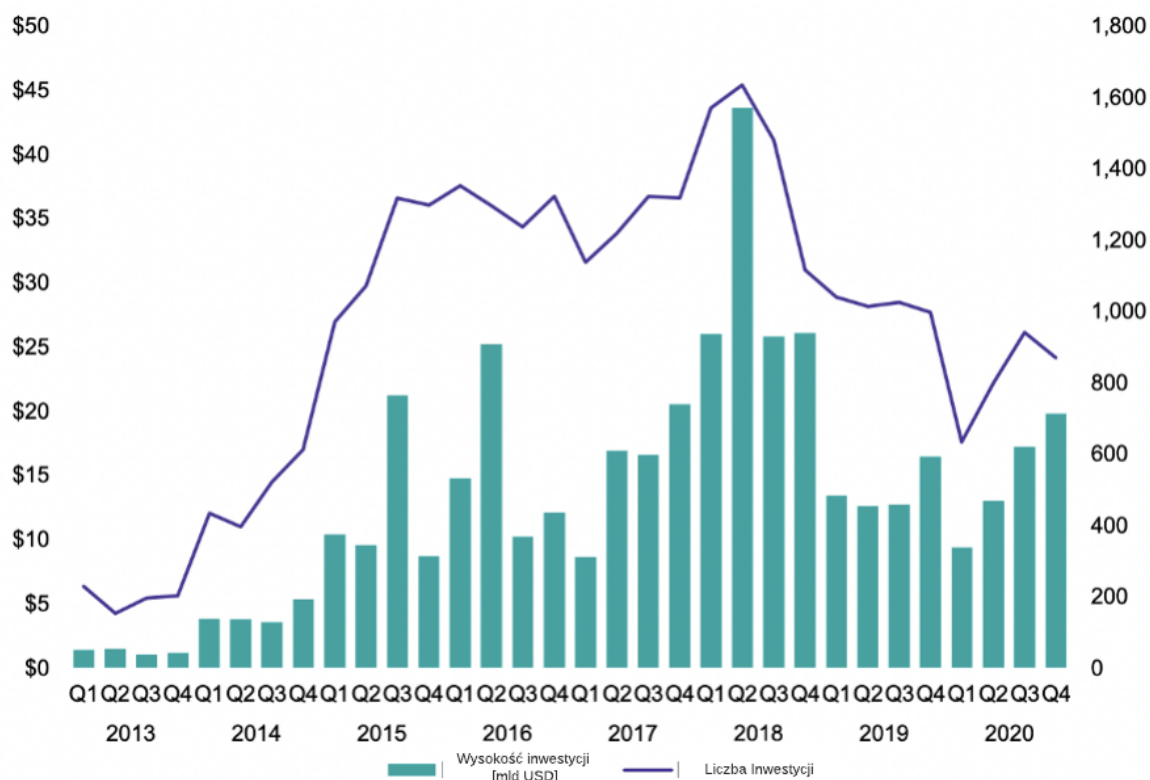
### 3.6. Charakterystyka środowiska Venture Capital

Podobnie jak w przypadku ekosystemów startupowych, opisując środowisko Venture Capital w Chinach i w Stanach Zjednoczonych można wyróżnić zarówno podobieństwa, jak i różnice. Współpracy obu państw przeszkodziła między innymi wojna handlowa. Niemniej jednak, w 2018r. wartość przepływów Venture Capital pomiędzy Chinami, a Stanami Zjednoczonymi wyniosła 22 miliardy dolarów i po raz pierwszy w historii przekroczyła bezpośrednie inwestycje zagraniczne (18 miliardów dolarów).<sup>133</sup> Na przestrzeni lat zarówno Chiny, jak i USA wyprodukowały wiele startupów o wartości

<sup>133</sup> <https://www.nasdaq.com/articles/how-venture-capital-in-the-us-and-china-is-shifting-2020-02-28>, dostęp 22.04.2021

przewyższającej 1 miliard dolarów – globalny udział unicornów z tych dwóch państw wynosi ponad 70%.<sup>134</sup> Niemniej jednak, Venture Capital w obu państwach przeżywa również kryzysy czy trudności.

**Rysunek 21. Łączna wartość inwestycji VC w Chinach w latach 2013 - 2020**



Źródło: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2021/01/venture-pulse-q4-2020-report-asia.pdf>

Branża Venture Capital w Chinach jest relatywnie świeża. W 2013 roku łączne inwestycje wynosiły poniżej 5 miliardów USD, jednak w kolejnych latach nastąpił wyraźny wzrost inwestycji, które swój szczyt osiągnęły w drugim kwartale 2018 roku, kiedy wyniosły około 45 miliardów dolarów.

Inwestycje Venture Capital w Chinach zmniejszyły się gwałtownie po 2018 roku. Według New York Times<sup>135</sup>, przyczyny tego zjawiska można upatrywać w niepewności gospodarczej po niskim wzroście przyroście PKB w 2018 roku. Niemniej jednak, warto zwrócić uwagę, że po zaliczeniu dołka na początku 2020 roku inwestycje regularnie rosną, pomimo globalnej pandemii COVID-19. Nie wszystkie inwestycje chińskich funduszy Venture Capital są też lokalne – firmy te aktywnie szukają również okazji na innych wschodzących rynkach azjatyckich.<sup>136</sup>

Trudno znaleźć jednoznaczne dane pokazujące, które branże są dominujące pod względem inwestycji Venture Capital w Państwie Środka. Można jednak wyciągnąć takie wnioski na podstawie danych

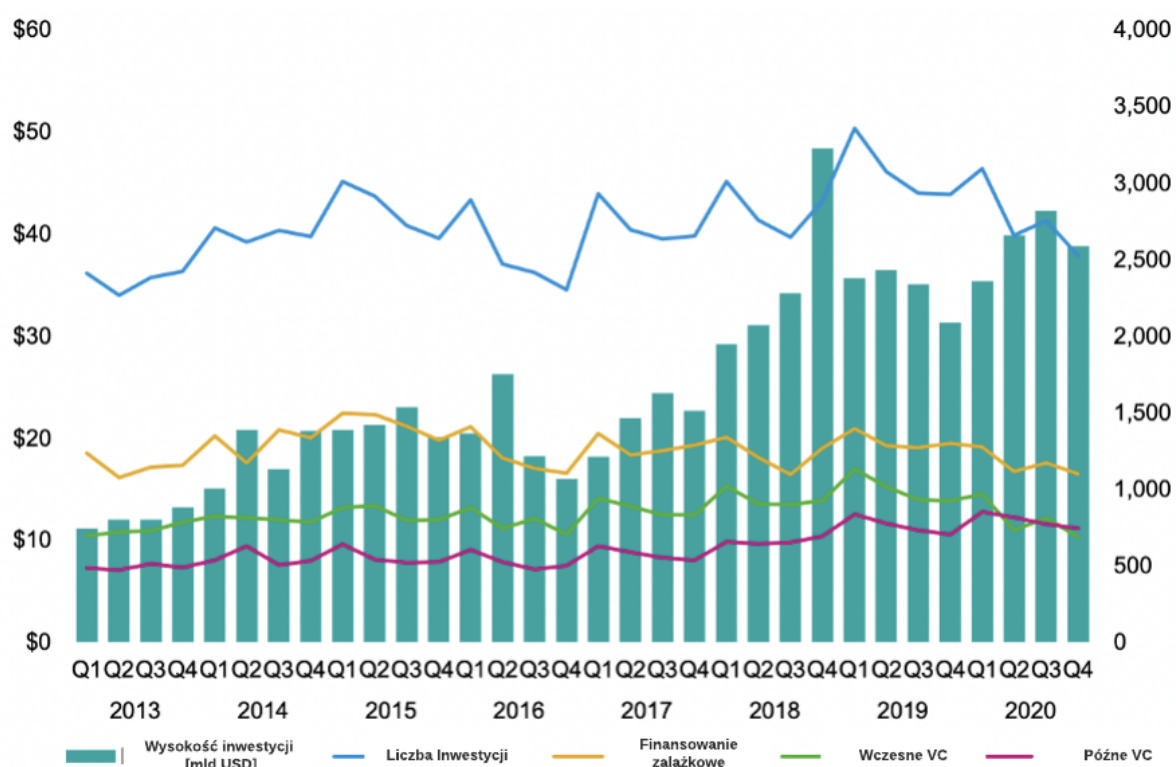
<sup>134</sup> Własne obliczenia na podstawie danych CB Insights

<sup>135</sup> <https://www.nytimes.com/2018/10/18/business/china-economy-third-quarter.html>, dostęp 22.04.2022

<sup>136</sup> <https://www.nasdaq.com/articles/how-venture-capital-in-the-us-and-china-is-shifting-2020-02-28>, dostęp 22.04.2022

zagregowanych dla całej Azji – ponieważ udział Chin stanowi dużą część inwestycji na całym kontynencie. W 2020r. najbardziej popularnymi branżami były: oprogramowanie komputerowe, farmacja i biotechnologia oraz dobra konsumpcyjne (*ang. Consumer goods*).<sup>137</sup> Popularny był również sektor EdTech dzięki rundom finansowania dla ZuoyeBang (作业帮) – 1,6 mld USD oraz Yuanfudao (猿辅导) – 1mld USD. Zainteresowanie inwestorów wzbudziły również firmy biotechnologiczne takie jak LianBio (联拓) – 310 mln USD czy RecBio (瑞科生物) – 224 mln USD.

**Rysunek 22. Wartość inwestycji Venture Capital w Stanach Zjednoczonych w latach 2013 - 2020**



Źródło: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2021/01/venture-pulse-q4-2020-report-us.pdf>

Amerykańskie inwestycje Venture Capital są z pewnością stabilniejsze i dojrzsze. W przeciwieństwie do Chin, Stany Zjednoczone mają już doświadczenie w przezwyciężaniu kryzysów gospodarczych oraz w branży Venture Capital, takich jak *dotcom bubble* z 2000 roku.<sup>138</sup> Od 2013 roku wartość inwestycji rośnie w sposób stabilny, a co roku odnotować można podobną liczbę inwestycji na każdym etapie finansowania.

<sup>137</sup> <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2021/01/venture-pulse-q4-2020-report-asia.pdf>, dostęp 23.04.2021

<sup>138</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Dot-com\\_bubble](https://en.wikipedia.org/wiki/Dot-com_bubble), dostęp 23.04.2021

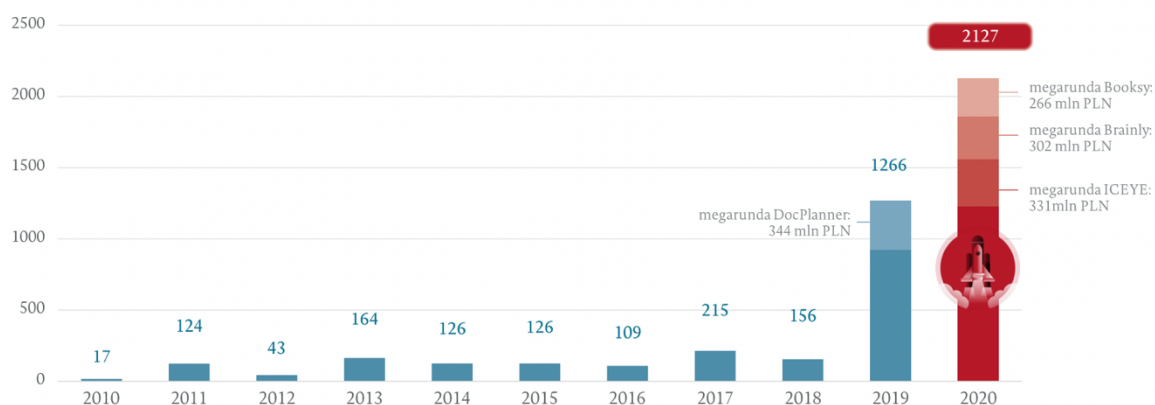
Popularne sektory, podobnie jak w przypadku Chin, to oprogramowanie komputerowe, farmacja i biotechnologia oraz dobra konsumpcyjne (*ang. Consumer goods*).<sup>139</sup> Pandemia COVID-19 spowodowała również wzrost inwestycji w firmy związane z szeroko pojętą ochroną zdrowia – fitness, wellness, diagnostyka medyczna online. W 2021r. prognozowane jest utrzymanie wzrostowych trendów inwestycyjnych w takich sektorach jak Cyberbezpieczeństwo, ochrona zdrowia, Fintech, biotechnologia.

**Rysunek 23. Wartość inwestycji Venture Capital w Polsce w latach 2010-2020**

## Inwestycje VC w Polsce 2010 – 2020

PFR Ventures | INOVO | VENTURE PARTNERS

Wartość inwestycji (mln PLN)



(1) Źródło dla archiwalnych danych 2010-2018: Invest Europe

(2) Celowo w zestawieniu osobno prezentujemy megarundy Booksy, Brainly, DocPlanner, ICEYE, które zaburzają statystyczny obraz (zobacz: [obserwacja odstająca](#))

Źródło: <https://pfr.pl/aktualnosci/transakcje-na-polskim-ryнку-vc-w-2020.html>

Venture Capital w Polsce do roku 2018 był na bardzo wczesnym etapie rozwoju. Do tego czasu inwestycje ani razu nie przekroczyły pułapu 250mln zł. Dopiero w 2019 roku zainwestowano 1,26 miliarda złotych, a w 2020r. wartość ta wzrosła jeszcze o 70%, kiedy przez rynek Venture Capital w Polsce przepłynęło 2,1 miliarda złotych. Wśród wszystkich inwestycji, 5 najwyższych stanowiło ponad połowę zainwestowanych pieniędzy we wszystkie firmy. Najwyższe inwestycje w minionym roku to ICEYE (331 mln zł), Brainly (302 mln zł) oraz Booksy (266 mln zł). Istotną rolę w statystkach dotyczących Venture Capital odgrywa również Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, które zainwestowało łącznie w 146 firm na etapie załączkowym. Wśród wszystkich transakcji co czwarta spółka pochodziła z sektora ochrony zdrowia. Kolejne popularne branże to oprogramowanie korporacyjne (15%), Fintech (9%), Marketing (6%) oraz Transport (5%).

<sup>139</sup> <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2021/01/venture-pulse-q4-2020-report-us.pdf>, dostęp 23.04.2021



Dojrzałość branży Venture Capital w Polsce, jak również w inwestycji jest zdecydowanie niższa niż w przypadku Chin czy Stanów Zjednoczonych. Niemniej jednak, trend widoczny w ostatnich dwóch latach daje nadzieję, że Polski ekosystem startupowy wyprodukuje w końcu pierwszego unicorna.

### 3.7. Największe startupy w branży sztucznej inteligencji

W celu lepszego zrozumienia środowiska startupów zajmujących się sztuczną inteligencją w poszczególnych krajach, warto przyjrzeć się największym firmom, które oferują tego typu produkty lub usługi. Tabela 11 zawiera zestawienie firm prywatnych o najwyższym finansowaniu, które swoją działalność opierają przede wszystkim na technologiach wykorzystujących sztuczną inteligencję lub uczenie maszynowe. W tabeli nie uwzględniono firm, które wykorzystują sztuczną inteligencję jako jeden z wielu sposobów do podwyższenia jakości swoich usług.

**Tabela 11. Najlepiej dofinansowane startupy z branży sztucznej inteligencji w Chinach, Stanach Zjednoczonych oraz Polsce**

| Państwo | Nazwa                        | Szacowany<br>przychód    | Data<br>otwarcia | Łączne<br>finansowanie | Profil działalności                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------|------------------------------|--------------------------|------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Chiny   | SenseTime<br>(商汤科技)          | \$100 - \$500<br>mln USD | 2014             | 2,6 mld USD            | SenseTime rozwija i zapewnia algorytmy dla wielu branż związanych ze sztuczną inteligencją, między innymi motoryzacja, finanse, edukacja, nieruchomości, smart cities.                                                                                                                   |
| Chiny   | Horizon<br>Robotics<br>(地平线) | \$10 - \$50<br>mln USD   | 2015             | 1,6 mld USD            | Horizon Robotics działa w branży motoryzacyjnej, dostarczając produkty i usługi ściśle powiązane z pojazdami autonomicznymi, między innymi: asystent prowadzenia samochodu, autonomiczne roboty dostarczające produkty, rozwiązania AI zwiększające bezpieczeństwo jazdy. <sup>140</sup> |
| USA     | Argo AI                      | \$10 - \$50<br>mln USD   | 2016             | 3.6 mld USD            | Argo AI to firma tworząca platformę dla pojazdów autonomicznych. Firma zapewnia software, hardware, mapy oraz                                                                                                                                                                            |

<sup>140</sup> <https://en.horizon.ai/company/company-profile/>, dostęp 24.04.2021



|        |             |                     |      |              |                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------|-------------|---------------------|------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |             |                     |      |              | wsparcie rozwiązań w chmurze.                                                                                                                                                                                                                            |
| USA    | Pony.AI     | \$10 - \$50 mln USD | 2016 | 1.1 mld USD  | Pony.AI to startup wytwarzający rozwiązania dla samochodów autonomicznych. Do jego inwestorów należą między innymi Sequoia Capital oraz Toyota.                                                                                                          |
| Polska | Synerise    | \$1 - \$10 mln USD  | 2013 | 19,2 mln USD | Synerise to platforma dla klientów biznesowych, która zapewnia analizę klientów, analizę pozostałych danych w czasie rzeczywistym oraz inne rozwiązania wykorzystujące sztuczną inteligencję do zwiększenia sprzedaży i polepszenia relacji z klientami. |
| Polska | Infermedica | \$1 - \$10 mln USD  | 2012 | 15 mln USD   | Infermedica wykorzystuje sztuczną inteligencję do oceny objawów u pacjentów i wykrywania chorób. Dzięki analizie danych oraz współpracy z lekarzami firma jest w stanie dostarczyć wysokiej jakości algorytmy (93%+ skuteczności).                       |

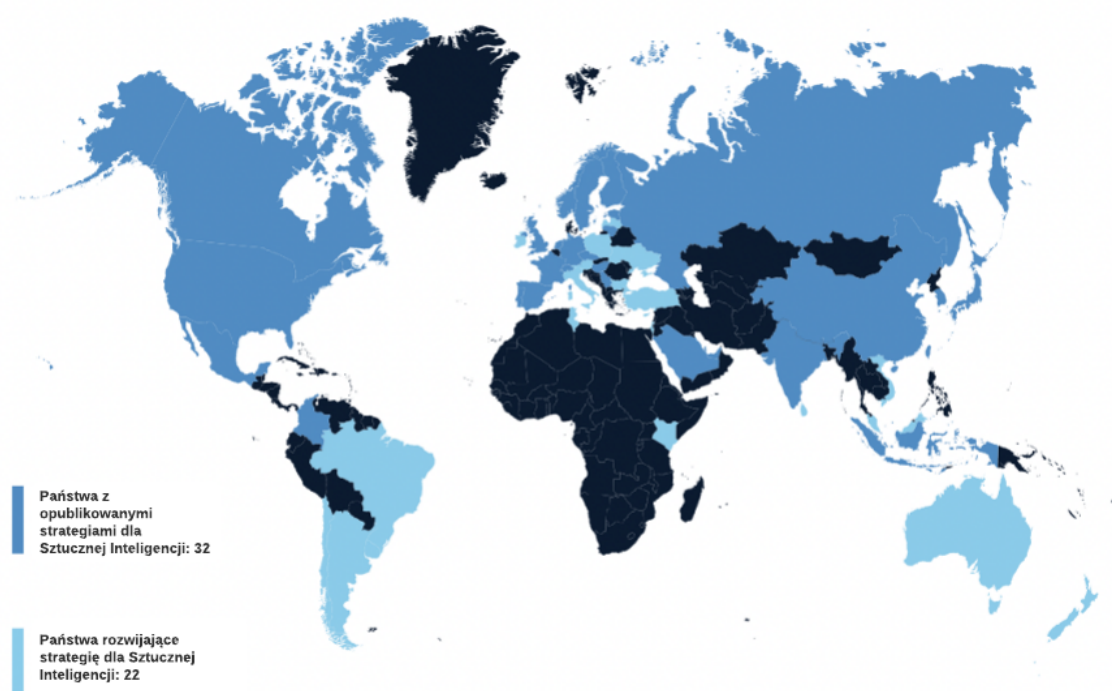
Źródło: Opracowanie własne, na podstawie danych z crunchbase.com na dzień 24.04.2021

Jak widać w podstawie tabeli 11, najlepiej dofinansowane startupy na świecie wykorzystujące sztuczną inteligencję specjalizują się w projektowaniu i rozwijaniu rozwiązań w dziedzinie pojazdów autonomicznych. Można na tej podstawie wyciągnąć wniosek, że branża ta jest bardzo kapitałochłonna z uwagi na wysokie koszty działalności R&D. W Polsce, która charakteryzuje się mniejszym potencjałem naukowym w dziedzinie sztucznej inteligencji oraz mniej prężnym systemem Venture Capital, popularne są inne wykorzystania sztucznej inteligencji, takie jak branża medyczna oraz marketing i sprzedaż.

### 3.8. Współpraca międzynarodowa w celu rozwoju sztucznej inteligencji

Pierwszym krajem, który opublikował w 2017 roku narodową strategię rozwoju sztucznej inteligencji była Kanada. Od tego czasu do końca 2020 roku 32 kraje opublikowały tego typu dokumenty, a kolejne 22 państwa je przygotowują.

**Rysunek 24. Państwa posiadające lub rozwijające narodowe strategie rozwoju sztucznej inteligencji**



Źródło: [https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Indexd-Report\\_Master.pdf](https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Indexd-Report_Master.pdf), dostęp 24.04.2021

Sztuczna inteligencja stwarza zarówno wiele wyzwań, jak i możliwości. Wraz z rozwojem tej dziedziny wzrasta również liczba międzynarodowych inicjatyw, które mają na celu rozwiązać istotne problemy w tym zakresie. Część państw wystosowuje do organizacji międzynarodowych prośby o sformułowanie międzynarodowych norm i standardów, a niektóre podejmują partnerstwa lub umowy bilateralne. Między innymi w 2018r. Komisja Europejska opublikowała dokument *Coordinated Plan on Artificial Intelligence*, który opisuje działania, do których zobowiązały się państwa członkowskie UE oraz Norwegia i Szwajcaria w celu wzrostu inwestycji w sztuczną inteligencję. W ramach strategii przygotowano finansowanie o wartości przynajmniej 1 mld euro rocznie na badania naukowe oraz przynajmniej 4,9 mld euro na pozostałe aspekty strategii. W tabeli 12 znajduje się zestawienie pozostałych inicjatyw mających na celu rozwiązanie problemów i sprostanie wyzwaniom stawianym

przez sztuczną inteligencję przygotowane na podstawie raportu Artificial Intelligence Index Report 2021 z Uniwersytetu Standforda.<sup>141</sup>

**Tabela 12. Międzynarodowe grupy robocze poruszające problem sztucznej inteligencji**

| Nazwa                                                                                      | Gospodarz          | Państwa uczestniczące                                                                                                                                                                                               | Tematyka                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Global Partnership on AI (GPAI)                                                            | OECD               | Australia, Brazylia, Kanada, Francja, Niemcy, Indie, Włochy, Japonia, Meksyk, Holandia, Nowa Zelandia, Korea Południowa, Polska, Singapur, Słowenia, Hiszpania, Wielka Brytania, Stany Zjednoczone, Unia Europejska | Odpowiedzialna sztuczna inteligencja, zarządzanie danymi innowacje i komercjalizacja, przyszłość pracy                  |
| OECD Network of Experts on AI (ONE AI)                                                     | OECD               | Państwa członkowskie OECD                                                                                                                                                                                           | Klasyfikacja sztucznej inteligencji, Implementacja sztucznej inteligencji godnej zaufania, prawo sztucznej inteligencji |
| High-Level Expert Group on Artificial Intelligence (HLEG)                                  | Komisja Europejska | Państwa członkowskie UE                                                                                                                                                                                             | Wskazówki etyczne do tworzenia godnej zaufania sztucznej inteligencji                                                   |
| Ad Hoc Expert Group (AHEG) for the Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence | UNESCO             | Państwa członkowskie UNESCO                                                                                                                                                                                         | Kwestie etyczne związane z rozwojem i wykorzystaniem sztucznej inteligencji                                             |

Źródło: [https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report\\_Master.pdf](https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report_Master.pdf), dostęp 24.04.2021

Grupy robocze składają się z ekspertów oraz decydentów z państw członkowskich, którzy spotykają się w celu omówienia danego problemu związanego ze sztuczną inteligencją oraz wysuwają rekomendacje w jaki sposób go zaadresować. Zestawienie grup roboczych znajduje się w tabeli 12.

Oprócz grup roboczych, organizowane są również spotkania i szczyty mające na celu poruszenie problemów związanych ze sztuczną inteligencją:

- AI for Good Global Summit – globalny szczyt poświęcony bezpiecznemu rozwojowi technologii sztucznej inteligencji oraz równemu dostępowi do korzyści z jej wykorzystania
- AI Partnership for Defense – spotkanie przedstawicieli Australii, Kanady, Danii, Estonii, Finlandii, Francji, Izraela, Japonii, Norwegii, Korei Południowej, Szwecji, Wielkiej Brytanii i

<sup>141</sup> [https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report\\_Master.pdf](https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report_Master.pdf), dostęp 24.04.2021

Stanów Zjednoczonych poświęcone zasadą etycznego wykorzystania sztucznej inteligencji w obronności

- China-ASEAN AI Summit – szczyt państw Azji Wschodniej poświęcony infrastrukturze, gospodarce cyfrowej i rozwojowi opartemu na innowacjach

W końcu, nawiązane zostały umowy bilateralne pogłębiające współpracę w zakresie sztucznej inteligencji pomiędzy: Indiami i Zjednoczonymi Emiratami Arabskimi (2018), Indiami i Niemcami (2019), Stanami Zjednoczonymi i Wielką Brytanią (2020), Indiami i Japonią (2020) oraz Francją i Niemcami (2019).

## 4. Porównanie wartości inwestycji w startupy z branży sztucznej inteligencji w Stanach Zjednoczonych, Chinach i Polsce

### 4.1. Badanie statystyczne

W celu bliższego przeanalizowania wartości inwestycji w startupy z branży sztucznej inteligencji w Polsce, Chinach oraz Stanach Zjednoczonych, przeprowadziłem badanie statystyczne. Badanie ma na celu odpowiedź na następujące pytania badawcze:

- Czy przychody startupów z branży sztucznej inteligencji różnią się pomiędzy państwami?
- Czy liczba pracowników zatrudnianych przez startupy z branży sztucznej inteligencji różni się pomiędzy państwami?
- Czy pomiędzy państwami występują istotne różnice statystyczne w wartości finansowania startupów z branży sztucznej inteligencji?
- Czy przeciętna wartość inwestycji w przeliczeniu na jednego inwestora różni się pomiędzy państwami?

#### 4.1.1. Metodologia badania

Do badania zostały wykorzystane dane z portalu Crunchbase.com na temat firm o następującej charakterystyce:

- Forma własności: Firmy prywatne
- Firmy aktywne (prowadzące działalność na dzień 25.04.2021)
- Branża: Sztuczna inteligencja
- Lokalizacja siedziby firmy: Polska lub Chiny lub Stany Zjednoczone
- Łączne finansowanie kapitałem: powyżej 100.000 USD

W bazie danych znalazło się łącznie 3108 firm spełniających powyższe kryteria, w tym 2369 ze Stanów Zjednoczonych, 703 z Chin oraz 36 z Polski.

Do badania zostały wybrane próby o następującej liczebności:

- 466 firm z USA – 20% losowo wybranych firm spośród dostępnych. Taki dobór próby był podyktowany faktem, że firmy z USA stanowiły zdecydowaną większość próby i pozwolił na wyrównanie dysproporcji liczebnych pomiędzy grupami.
- 275 firm z Chin – 40% losowo wybranych firm spośród dostępnych. Nie wykorzystano wszystkich dostępnych danych z uwagi na fakt, że zarówno w Chinach, jak i w Stanach Zjednoczonych znajdowały się obserwacje o bardzo odstających wartościach od średniej i

mediany dla niektórych zmiennych. Poprzez losowe odrzucenie części firm z Chin zostało obniżone ryzyko zdarzenia, że firmy z USA o wartościach odstających zostaną odrzucone, a firmy z Chin nie (a więc jest mniejsze ryzyko zdarzenia, że wartości średnie zmiennych będą sztucznie zawyżone dla firm z Chin).

- 36 firm z Polski – z uwagi na małą liczbę rekordów wykorzystano 100% dostępnych danych.

Każda z obserwacji wykorzystanych do analizy posiadała następujące zmienne:

**Tabela 13. Opis zmiennych wykorzystanych do analizy statystycznej**

| Etykieta                                        | Rodzaj skali | Wartości                                                                                                                                                                             | Opis                                                                                                     |
|-------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nazwa firmy                                     | Nominalna    | Tekstowe                                                                                                                                                                             | Nazwa firmy                                                                                              |
| Państwo                                         | Nominalna    | 1 – USA; 2 – Chiny; 3 – Polska                                                                                                                                                       | Państwo, w którym firma ma zlokalizowaną główną siedzibę                                                 |
| Przychód – przedział                            | Porządkowa   | 1 – poniżej \$1M;<br>2 - \$1M – \$10M;<br>3 - \$10M - \$50M;<br>4 - \$50M - \$100M;<br>5 - \$100M - \$500M;<br>6 - \$500M - \$1Mld;<br>7 - \$1Mld - \$10Mld;<br>8 - \$10Mld+;<br>NA; | Zmienna porządkowa wskazująca na wartość rocznego przychodu                                              |
| Przychód [USD]                                  | Ilorazowa    | 500.000; 5.500.000;<br>30.000.000; 75.000.000;<br>300.000.000;<br>750.000.000;<br>5.500.000.000;<br>15.000.000.000; NA;                                                              | Zmienna utworzona poprzez wybór środkowych wartości dla przedziałów zmiennej <i>Przychód - przedział</i> |
| Liczba pracowników                              | Porządkowa   | 1 – 1-10;<br>2 – 11-50;<br>3 – 51-100;<br>4 – 101-250;<br>5 – 251-500;<br>6 – 501-1000;<br>7 – 1001-5000;<br>8 – 5001-10000;<br>9 – 10001+;<br>NA;                                   | Zmienna porządkowa wskazująca liczbę pracowników w firmie                                                |
| Łączna kwota finansowania firmy kapitałem [USD] | Ilorazowa    | Wartości liczbowe w przedziale [100.000; 1.357.000.000]                                                                                                                              | Zmienna ciągła wskazująca na łączną kwotę finansowania kapitałem od początku istnienia firmy             |

|                                                                    |           |                                                        |                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Liczba inwestorów                                                  | Ilorazowa | Wartości liczbowe w przedziale [1;39]                  | Liczba inwestorów, którzy zainwestowali w daną firmę                                                                   |
| Średnia kwota finansowania kapitałem przez jednego inwestora [USD] | Ilorazowa | Wartości liczbowe w przedziale [7.692,31; 240.000.000] | Łączna kwota finansowania kapitałem od początku istnienia firmy / Liczba inwestorów, którzy zainwestowali w daną firmę |

Źródło: Opracowanie własne.

W celu przeprowadzenia badania wykonano testy chi kwadrat oraz testy nieparametryczne (Mann-Whitney U, Kruskal Wallis) przy użyciu oprogramowania SPSS.

#### 4.1.2. Przedstawienie wyników badań

##### Pytanie 1. Czy przychody startupów z branży sztucznej inteligencji różnią się pomiędzy państwami?

W pierwszej kolejności przeanalizowano, czy przychody startupów z branży sztucznej inteligencji zależą od państwa, z którego pochodzi firma. W badaniu uwzględniono łącznie 426 firm z USA i 201 z Chin. Z uwagi na zbyt małą liczbę obserwacji dla Polski w ramach ustalonych przedziałów, uniemożliwiająca wykonanie testu chi kwadrat, firmy z Polski nie zostały uwzględnione w badaniu. Dodatkowo, obserwacje o wartościach zmiennej *Przychód – przedział* większych lub równych 5 zostały zgrupowane do jednej grupy (etykieta \$100M+), żeby wykonanie testu chi kwadrat było możliwe.

| Tabela krzyżowa Przychód - przedział * Państwo |                |             |        |        |        |
|------------------------------------------------|----------------|-------------|--------|--------|--------|
|                                                |                | Państwo     |        |        |        |
|                                                |                |             | USA    | Chiny  | Ogółem |
| Przychód - przedział                           | Mniej niż \$1M | Liczebność  | 157    | 67     | 224    |
|                                                |                | % z Państwo | 36.9%  | 33.3%  | 35.7%  |
|                                                | \$1M - \$10M   | Liczebność  | 219    | 101    | 320    |
|                                                |                | % z Państwo | 51.4%  | 50.2%  | 51.0%  |
|                                                | \$10M - \$50M  | Liczebność  | 35     | 23     | 58     |
|                                                |                | % z Państwo | 8.2%   | 11.4%  | 9.3%   |
|                                                | \$50M - \$100M | Liczebność  | 5      | 3      | 8      |
|                                                |                | % z Państwo | 1.2%   | 1.5%   | 1.3%   |
|                                                | \$100M+        | Liczebność  | 10     | 7      | 17     |
|                                                |                | % z Państwo | 2.3%   | 3.5%   | 2.7%   |
| Ogółem                                         | Liczebność     | 426         | 201    | 627    |        |
|                                                | % z Państwo    | 100.0%      | 100.0% | 100.0% |        |

| Testy Chi-kwadrat                                                                                          |                    |    |                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----|--------------------------------------|
|                                                                                                            | Wartość            | df | Istotność asymptotyczna (dwustronna) |
| Chi-kwadrat Pearsona                                                                                       | 2.805 <sup>a</sup> | 4  | .591                                 |
| N ważnych obserwacji                                                                                       | 627                |    |                                      |
| a. 10.0% komórek (1) ma liczebność oczekiwaną mniejszą niż 5. Minimalna liczebność oczekiwana wynosi 2.56. |                    |    |                                      |

P-value wynosi 0.591, zatem przy poziomie istotności 0.05 nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej, że przychody firm z branży sztucznej inteligencji nie różnią się pomiędzy firmami z Chin i Stanów Zjednoczonych.

W celu dodania do analizy również Polski oraz wyciągnięcia wniosków dla wszystkich firm z populacji, można wykonać analizę wariancji lub nieparametryczny test Kruskala-Wallisa dla zmiennej Przychód [USD].

| Statystyki opisowe (DESCRIPTIVES) |         |            |                 |                  |
|-----------------------------------|---------|------------|-----------------|------------------|
| Przychód [USD]                    | Państwo | Statystyka |                 | Błąd standardowy |
|                                   | USA     | Średnia    | 26661971.830986 | 13147551.7999223 |
|                                   |         | Skośność   | 19.462          | .118             |
|                                   |         | Kurtoza    | 392.078         | .236             |
|                                   | Chiny   | Średnia    | 17930348.258706 | 3882689.0489244  |
|                                   |         | Skośność   | 4.758           | .172             |
|                                   |         | Kurtoza    | 21.843          | .341             |
|                                   | Polska  | Średnia    | 4661290.322581  | 1292531.7110509  |
|                                   |         | Skośność   | 3.008           | .421             |
|                                   |         | Kurtoza    | 9.261           | .821             |

Ponieważ rozkłady zmiennej charakteryzują się wysoką kurtozą oraz skośnością, nie możemy przyjąć założenia o normalności rozkładów. W związku z tym należy wykonać test nieparametryczny.

| Rangi          |         |     |               |
|----------------|---------|-----|---------------|
| Przychód [USD] | Państwo | N   | Średnia ranga |
|                | USA     | 426 | 325.54        |
|                | Chiny   | 201 | 345.44        |
|                | Polska  | 31  | 280.58        |
|                | Razem   | 658 |               |

| Wartość testowana <sup>a,b</sup> |       |
|----------------------------------|-------|
| Przychód [USD]                   |       |
| H Kruskala-Wallisa               | 4.449 |
| df                               | 2     |
| Istotność asymptotyczna          | .108  |
| a. Test Kruskala-Wallisa         |       |
| b. Zmienna grupująca: Państwo    |       |

P-value wynosi 0.108, zatem przy poziomie istotności 0.05 nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej, że nie ma różnic w badanej cesze pomiędzy grupami. Można więc przyjąć, że rozkłady zmiennej *Przychód [USD]* mają taki sam rozkład dla każdej z grup.

**Pytanie 2. Czy liczba pracowników zatrudnianych przez startupy z branży sztucznej inteligencji różni się pomiędzy państwami?**

Podobnie jak w przypadku pierwszego badania, próba firm z Polski była zbyt mała, żeby wykonać test chi kwadrat. W związku z tym do badania wzięto pod uwagę firmy z USA (464) oraz Chin (275). Wartości zmiennej *Liczba pracowników* przyjmujące wartość większą lub równą 6 zostały zgrupowane razem (etykieta 501+) z uwagi na małą liczbę obserwacji dla poszczególnych wartości zmiennych.



| Tabela krzyżowa Liczba pracowników * Państwo |             |             |        |        |        |
|----------------------------------------------|-------------|-------------|--------|--------|--------|
|                                              |             | Państwo     |        |        |        |
|                                              |             |             | USA    | Chiny  | Ogółem |
| Liczba pracowników                           | 1-10        | Liczebność  | 135    | 53     | 188    |
|                                              |             | % z Państwo | 29.1%  | 19.3%  | 25.4%  |
|                                              | 11-50       | Liczebność  | 235    | 112    | 347    |
|                                              |             | % z Państwo | 50.6%  | 40.7%  | 47.0%  |
|                                              | 51-100      | Liczebność  | 49     | 41     | 90     |
|                                              |             | % z Państwo | 10.6%  | 14.9%  | 12.2%  |
|                                              | 101-250     | Liczebność  | 30     | 48     | 78     |
|                                              |             | % z Państwo | 6.5%   | 17.5%  | 10.6%  |
|                                              | 251-500     | Liczebność  | 12     | 16     | 28     |
|                                              |             | % z Państwo | 2.6%   | 5.8%   | 3.8%   |
|                                              | 501+        | Liczebność  | 3      | 5      | 8      |
|                                              |             | % z Państwo | 0.6%   | 1.8%   | 1.1%   |
| Ogółem                                       | Liczebność  | 464         | 275    | 739    |        |
|                                              | % z Państwo | 100.0%      | 100.0% | 100.0% |        |

| Testy Chi-kwadrat                                                                                         |                     |    |                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----|--------------------------------------|
|                                                                                                           | Wartość             | df | Istotność asymptotyczna (dwustronna) |
| Chi-kwadrat Pearsona                                                                                      | 39.552 <sup>a</sup> | 5  | .000                                 |
| N ważnych obserwacji                                                                                      | 739                 |    |                                      |
| a. 8,3% komórek (1) ma liczebność oczekiwaną mniejszą niż 5. Minimalna liczebność oczekiwana wynosi 2,98. |                     |    |                                      |

Wartość p-value wynosi 0.00, zatem przy poziomie istotności 0.05 można odrzucić hipotezę zerową mówiącą, że liczba pracowników zatrudnianych przez firmy z branży sztucznej inteligencji nie jest zależna od państwa. Dodatkowo, patrząc na wartości % z *Państwo* przedstawione w tabeli można wyciągnąć wniosek, że w wybranej próbie firmy chińskie z branży sztucznej inteligencji mają przeciętnie więcej pracowników.

| Miary symetryczne         |           |         |                       |
|---------------------------|-----------|---------|-----------------------|
|                           |           | Wartość | Istotność przybliżona |
| Nominalna przez Nominalna | Phi       | .231    | .000                  |
|                           | V Kramera | .231    | .000                  |
| N ważnych obserwacji      |           | 739     |                       |

Wartość współczynnika V Kramera równa 0.231 sugeruje, że ta zależność nie jest silna.

**Pytanie 3. Czy pomiędzy państwami występują istotne różnice statystyczne w wartości finansowania startupów z branży sztucznej inteligencji?**

**Pytanie 4. Czy przeciętna wartość inwestycji w przeliczeniu na jednego inwestora różni się pomiędzy państwami?**

W celu odpowiedzi na powyższe pytania, należy wykonać analizę wariancji ANOVA lub test nieparametryczny Kruskala Wallisa.

| Statystyki opisowe (DESCRIPTIVES)                                  |         |          |               |                  |
|--------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------------------|
|                                                                    | Państwo |          | Statystyka    | Błąd standardowy |
| Łączna kwota finansowania firmy kapitałem [USD]                    | USA     | Średnia  | 23608373.3798 | 3022486.49759    |
|                                                                    |         | Skośność | 6.285         | .113             |
|                                                                    |         | Kurtoza  | 49.944        | .226             |
|                                                                    | Chiny   | Średnia  | 31352952.6945 | 6760906.29555    |
|                                                                    |         | Skośność | 8.098         | .147             |
|                                                                    |         | Kurtoza  | 81.075        | .293             |
|                                                                    | Polska  | Średnia  | 2527543.5278  | 679820.14262     |
|                                                                    |         | Skośność | 2.973         | .393             |
|                                                                    |         | Kurtoza  | 9.290         | .768             |
| Średnia kwota finansowania kapitałem przez jednego inwestora [USD] | USA     | Średnia  | 4527786.2434  | 644126.13248     |
|                                                                    |         | Skośność | 12.050        | .115             |
|                                                                    |         | Kurtoza  | 194.093       | .229             |
|                                                                    | Chiny   | Średnia  | 5462821.5068  | 746354.48572     |
|                                                                    |         | Skośność | 4.487         | .148             |
|                                                                    |         | Kurtoza  | 21.888        | .295             |
|                                                                    | Polska  | Średnia  | 906142.2057   | 184119.98897     |
|                                                                    |         | Skośność | 2.381         | .398             |
|                                                                    |         | Kurtoza  | 6.242         | .778             |

Rozkłady obu zmiennych w każdej grupie charakteryzują się wysoką skośnością oraz kurtozą, dlatego nie można przyjąć założenia o normalności rozkładów. W związku z tym należy wykonać testy nieparametryczne.

| Rangi                                                              |         |     |               |  |
|--------------------------------------------------------------------|---------|-----|---------------|--|
|                                                                    | Państwo | N   | Średnia ranga |  |
| Łączna kwota finansowania firmy kapitałem [USD]                    | USA     | 466 | 403.70        |  |
|                                                                    | Chiny   | 275 | 386.36        |  |
|                                                                    | Polska  | 36  | 218.89        |  |
|                                                                    | Ogółem  | 777 |               |  |
| Średnia kwota finansowania kapitałem przez jednego inwestora [USD] | USA     | 454 | 369.99        |  |
|                                                                    | Chiny   | 271 | 415.42        |  |
|                                                                    | Polska  | 35  | 246.50        |  |
|                                                                    | Ogółem  | 760 |               |  |

| Wartość testowana <sup>a,b</sup> |                                                 |                                                                    |
|----------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                                  | Łączna kwota finansowania firmy kapitałem [USD] | Średnia kwota finansowania kapitałem przez jednego inwestora [USD] |
| H Kruskala-Wallisa               | 22.717                                          | 20.935                                                             |
| df                               | 2                                               | 2                                                                  |
| Istotność asymptotyczna          | .000                                            | .000                                                               |
| a. Test Kruskala-Wallisa         |                                                 |                                                                    |
| b. Zmienna grupująca: Państwo    |                                                 |                                                                    |

Dla obu zmiennych wartość p-value wynosi 0.00, zatem przy poziomie istotności 0.05 można odrzucić hipotezę zerową mówiącą, że nie ma różnic w badanych cechach pomiędzy grupami. W związku z tym należy uznać, że:

- Zmienna *Łączna kwota finansowania kapitałem [USD]* ma inne rozkłady przynajmniej dla jednej pary krajów,

- Zmienna *Średnia kwota finansowania kapitałem przez jednego inwestora [USD]* ma inne rozkłady przynajmniej dla jednej pary krajów.

W celu zbadania, pomiędzy którymi krajami występują istotne różnice statystyczne, należy wykonać serię testów nieparametrycznych Mann Whitney U.

| <b>Wartość testowana – Chiny i USA<sup>a</sup></b> |                                                 |                                                                    |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                                                    | Łączna kwota finansowania firmy kapitałem [USD] | Średnia kwota finansowania kapitałem przez jednego inwestora [USD] |
| U Manna-Whitneya                                   | 61236.500                                       | 54238.000                                                          |
| W Wilcoxon                                         | 99186.500                                       | 157523.000                                                         |
| Z                                                  | -1.008                                          | -2.668                                                             |
| Istotność asymptotyczna (dwustronna)               | .313                                            | .008                                                               |
| a. Zmienna grupująca: Państwo                      |                                                 |                                                                    |

| <b>Wartość testowana – USA i Polska<sup>a</sup></b> |                                                 |                                                                    |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                                                     | Łączna kwota finansowania firmy kapitałem [USD] | Średnia kwota finansowania kapitałem przez jednego inwestora [USD] |
| U Manna-Whitneya                                    | 4377.000                                        | 5438.000                                                           |
| W Wilcoxon                                          | 5043.000                                        | 6068.000                                                           |
| Z                                                   | -4.783                                          | -3.112                                                             |
| Istotność asymptotyczna (dwustronna)                | .000                                            | .002                                                               |
| a. Zmienna grupująca: Państwo                       |                                                 |                                                                    |

| <b>Wartość testowana<sup>a</sup></b> |                                                 |                                                                    |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                                      | Łączna kwota finansowania firmy kapitałem [USD] | Średnia kwota finansowania kapitałem przez jednego inwestora [USD] |
| U Manna-Whitneya                     | 2837.000                                        | 2559.500                                                           |
| W Wilcoxon                           | 3503.000                                        | 3189.500                                                           |
| Z                                    | -4.165                                          | -4.432                                                             |
| Istotność asymptotyczna (dwustronna) | .000                                            | .000                                                               |
| a. Zmienna grupująca: Państwo        |                                                 |                                                                    |

Na podstawie wyżej przeprowadzonych testów statystycznych można wyciągnąć następujące wnioski dla firm z Chin, USA i Polski przy poziomie istotności 0.05:

- Nie występują istotne różnice w rozkładach dla zmiennej *łączna kwota finansowania kapitałem [USD]* pomiędzy Chinami i USA,
- Występują istotne różnice w rozkładach dla zmiennej *łączna kwota finansowania kapitałem [USD]* pomiędzy Chinami i Polską oraz USA i Polską, a w próbie średnia dla firm z Polski jest niższa, niż w przypadku firm z Chin i firm z USA,
- Występują istotne różnice w rozkładach dla zmiennej *Średnia kwota finansowania kapitałem przez jednego inwestora [USD]* pomiędzy Chinami i USA oraz Chinami i Polską oraz USA i Polską, a w próbie średnia dla firm z Chin jest najwyższa, a dla firm z Polski najniższa.

#### 4.1.3. Podsumowanie i wnioski

Odnosząc uzyskane wyniki badań do przytaczanych we wcześniejszych częściach pracy statystyk można dojść do ciekawych wniosków dotyczących działalności startupów z branży sztucznej inteligencji w Polsce, Chinach i Stanach Zjednoczonych.

Przede wszystkim warto zwrócić uwagę na pierwsze pytanie badawcze. Na podstawie wykonanych testów stwierdzono, że przychody firm nie mają związku z krajem, z którego pochodzi ta firma. Jednocześnie, biorąc pod uwagę szerszy kontekst można zauważyć, że w Chinach i Stanach Zjednoczonych branża Venture Capital jest znacznie lepiej rozwinięta, niż w Polsce oraz w tych krajach znajduje się znacznie więcej startupów z branży sztucznej inteligencji. Na tej podstawie można wyciągnąć wniosek, że prężnie działające fundusze Venture Capital oraz dobrze rozwinięte ekosystemy startupowe w Chinach i Stanach Zjednoczonych wpływają na liczbę firm, ale nie na zyski startupów.

Na podstawie przebadanej próby stwierdzono również, że firmy z Chin zatrudniają nieznacznie więcej pracowników, niż te ze Stanów Zjednoczonych. Na podstawie zebranych w tej pracy informacji trudno stwierdzić, z czego wynika ten trend, natomiast na podstawie wiedzy ogólnej można wystosować następujące hipotezy dotyczące zatrudnienia w firmach z branży sztucznej inteligencji na poczet przyszłych badań:

- Amerykańskie firmy zatrudniają mniej osób z uwagi na wyższy poziom zaawansowania technologicznego
- Chińskie firmy zatrudniają więcej osób, ponieważ konkurencja na rynku jest większa i więcej wysiłku przeznaczają na działania operacyjno-marketingowe
- Chińskie firmy zatrudniają więcej osób, ponieważ zarobki inżynierów w Chinach są przeciętnie niższe

Badanie obejmowało również testy statystyczne odpowiadające na pytania badawcze 3 i 4, czy finansowanie startupów z branży sztucznej inteligencji (łącznie oraz w przeliczeniu na jednego inwestora) różni się pomiędzy Polską, Chinami oraz Stanami Zjednoczonymi.

Jak zostało pokazane w rozdziale 3.6, spośród trzech wyżej wymienionych państw, rynek Venture Capital jest najdojrzały oraz posiada najlepiej rozwinięte mechanizmy w Stanach Zjednoczonych, a najgorzej w Polsce. Natomiast w Państwie Środka zarówno inwestorzy prywatni, jak i instytucje publiczne wspierają rozwój sztucznej inteligencji poprzez inwestycje oraz stwarzanie odpowiedniego otoczenia biznesowo-prawnego. Dzięki temu, startupy z branży sztucznej inteligencji przeciętnie charakteryzują się podobnym poziomem finansowania kapitałem w Chinach i Stanach Zjednoczonych pomimo faktu, że łączne inwestycje Venture Capital są w USA znacznie wyższe (w 2020r. były ponad

dwukrotnie wyższe). Co więcej, przeciętna inwestycja w startup z branży sztucznej inteligencji jest wyższa w Chinach niż w USA. Natomiast w Polsce inwestycje są niższe, co jest zrozumiałe z uwagi na rozwijającą się dopiero branżę Venture Capital.

Powyższe badanie potwierdza hipotezę, że Polska jest w tyle za Stanami Zjednoczonymi oraz Chinami w zakresie implementacji sztucznej inteligencji. Niemniej jednak, otoczenie akademickie, biznesowe i regulacje prawne w Polsce sprzyjają rozwojowi tej branży. W kolejnym rozdziale zostanie przeprowadzona analiza potencjału sztucznej inteligencji w Polsce oraz zostaną wyciągnięte wnioski dla Polski w zakresie implementacji najlepszych praktyk wspierających rozwój tej dziedziny.

## 4.2. Wnioski dla Polski w zakresie implementacji sztucznej inteligencji

Raport *Government AI Readiness Index 2020*<sup>142</sup> do oceny gotowości państw do implementacji sztucznej inteligencji bierze pod uwagę 10 czynników z 3 kategorii: rząd, sektor technologii oraz data i infrastruktura.<sup>143</sup> Według rankingu przedstawionego w raporcie, Polska znajduje się na 31. na świecie oraz – za Estonią i Litwą – 3. miejscu w Europie Wschodniej pod względem gotowości na sztuczną inteligencję.

W celu oceny potencjału Polski do implementacji technologii sztucznej inteligencji zostanie przeprowadzona analiza, na podstawie której zostaną wysunięte wnioski i sugestie dla Polski w czterech obszarach: startupy technologiczne i ekosystemy startupowe, sektor przedsiębiorstw, sektor publiczny oraz nauka i szkolnictwo.

### 4.2.1. Startupy technologiczne i ekosystemy startupowe

Pierwszy istotny adresat sugestii na rozwój sztucznej inteligencji w Polsce to ekosystemy startupowe obejmujące startupy technologiczne, fundusze Venture Capital, oraz otoczenie biznesowe dla działalności tych podmiotów.

Na wzór chińskich startupów – Polskie startupy powinny przyjmować modele biznesowe *online to offline* pozwalające na zbieranie dużej ilości danych nie tylko na temat aktywności swoich klientów w sieci, ale też na temat ich działań w świecie realnych. Z pewnością pomogłoby to w budowie kompleksowych map konsumenckich pozwalających na dalszy rozwój i ulepszanie algorytmów uczenia maszynowego.

Wśród polskich firm z branży sztucznej inteligencji, aż 74% zostało w całości sfinansowane z prywatnych środków, 36% dzięki grantom, a jedynie 21% poprzez wsparcie z funduszy Venture Capital.<sup>144</sup> Jednocześnie, 46% startupów technologicznych w rejonie Europy Środkowowschodniej było sfinansowanych przez fundusze Venture Capital. Na tej podstawie można wyciągnąć wniosek, że branża sztucznej inteligencji nie jest jeszcze preferencyjnym celem inwestycji Venture Capital w Polsce. Jest to odwrotny trend do tego przedstawionego w niniejszej pracy, który sugeruje, że globalne inwestycje Venture Capital w sztuczną inteligencję rosną w tempie niemalże wykładniczym (rozdział 1). Państwem, z którego Polska może brać przykład są między innymi Chiny, gdzie przeciętne

---

<sup>142</sup>

<https://static1.squarespace.com/static/58b2e92c1e5b6c828058484e/t/5f7747f29ca3c20ecb598f7c/1601653137399/AI+Readiness+Report.pdf>, dostęp 27.04.2021

<sup>143</sup> *Government AI Readiness Index 2020*, s.135-137

<sup>144</sup> Digital Poland, *State of Polish AI 2021*, s.31

inwestycje w firmy z branży sztucznej inteligencji są wyższe, niż w Stanach Zjednoczonych pomimo znacznie mniej dojrzałej branży Venture Capital.

Przychylnym zjawiskiem dla rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce będzie również utrzymanie wzrostu całej branży Venture Capital. W 2020r. wartość inwestycji była najwyższa w historii dzięki takim rundom finansowania jak ICEYE – 331mln PLN, Brainly – 302mln PLN, Booksy – 266mln PLN czy Uncapped – 99mln PLN. W tym aspekcie Polska powinna przyjąć wzór Stanów Zjednoczonych, gdzie inwestycje Venture Capital są popularnym źródłem finansowania startupów. Część tego wzrostu przypadłaby naturalnie startupom z branży sztucznej inteligencji, które dzięki temu miałyby okazję do sfinansowania kosztownych prac R&D oraz rozwoju bardziej kapitałochłonnych gałęzi branży sztucznej inteligencji – takich jak samochody autonomiczne.

Należy też wyróżnić grupę wskazówek, których można udzielić startupom tworzącym i rozwijającym rozwiązania wykorzystujące sztuczną inteligencję. Obecnie 55% polskich firm nie współpracuje z żadnymi jednostkami zagranicznymi.<sup>145</sup> Co więcej, żadna z badanych firm nie sprzedawała swoich usług lub produktów w Azji Wschodniej.<sup>146</sup> Biorąc pod uwagę fakt, że Chiny rosną na sile we wszystkich kategoriach sztucznej inteligencji: biznesowej, internetowej, percepcyjnej oraz autonomicznej, polscy przedsiębiorcy oraz startupy powinny rozważyć nawiązanie współpracy z Państwem Środka lub przynajmniej szukać rynku zbytu swoich usług i produktów na tym obszarze. Stanowi to oczywiście wyzwanie, ponieważ rynek chiński jest relatywnie zamknięty, niemniej jednak mogłoby przynieść potencjalne korzyści.

Pewną wskazówką dla polskich przedsiębiorców jest informacja, w których branżach sztuczna inteligencja jest najczęściej wykorzystywana. Wśród firm przebadanych na rzecz przygotowania raportu *State of Polish AI 2021*, najwięcej wykorzystywało sztuczną inteligencję w następujących sektorach: IT (58%), finanse i bankowość (41%), handel i e-commerce (34%), służba zdrowia (31%) oraz ubezpieczenia (23%). Najmniej firm działało w branży turystyki (2%), rolnictwa (3%), ochrony środowiska (3%), sztuki (4%), nieruchomości (8%) czy obronności (8%).<sup>147</sup> Warto zwrócić uwagę, że we wszystkich wymienionych na końcu branżach sztuczna inteligencja znalazła na świecie powszechne zastosowanie (przykłady zamieszczono w Tabeli 5). Przedmiotem dalszych badań może być analiza, dlaczego właśnie te branże są mało popularne w Polsce. Polscy przedsiębiorcy mogą jednak brać przykład z chińskich i amerykańskich startupów z branży sztucznej inteligencji, które z powodzeniem świadczą usługi w tych branżach.

---

<sup>145</sup> Digital Poland, *State of Polish AI 2021*, s. 35

<sup>146</sup> Digital Poland, *State of Polish AI 2021*, s. 29

<sup>147</sup> Digital Poland, *State of Polish AI 2021*, s. 39

Adresatem sugestii w dziedzinie implementacji sztucznej inteligencji powinny zostać jednostki związane z ekosystemami startupowymi w Polsce: przedsiębiorcy, startupy, mentorzy, aniołowie biznesu, organizatorzy wydarzeń i spotkań technologicznych, przedstawiciele funduszy Venture Capital i uczelni wyższych, zdolni studenci zainteresowani przedsiębiorczością i światem technologii. Wszystkie te osoby i organizacje powinny podejmować wspólny wysiłek i działania pozwalające na zwiększenie świadomości za granicą na temat potencjału polskiej branży sztucznej inteligencji. Właśnie to wskazane zostało za najważniejszy aspekt w drodze Polski do stania się globalnym hubem technologicznym w dziedzinie sztucznej inteligencji przez największą liczbę respondentów w raporcie *State of Polish AI 2021* (55%)<sup>148</sup>. Oprócz tego, współpraca wewnątrz polskich ekosystemów startupowych powinna oscylować wokół budowania sieci kontaktów i dzielenia się wiedzą oraz ułatwiać dostęp do zdolnych i zmotywowanych absolwentów uczelni wyższych dla polskich startupów i firm.

#### 4.2.2. Sektor przedsiębiorstw

Wysuwając sugestie dla Polski w zakresie implementacji i rozwoju sztucznej inteligencji, należy również poruszyć temat wykorzystania tej technologii w sektorze przedsiębiorstw. Jak pokazane zostało we wcześniejszych rozdziałach tej pracy, Stany Zjednoczone są zdecydowanym liderem na świecie w dziedzinie adopcji Sztucznej Inteligencji Biznesowej. W Irlandii aż 41% firm powyżej 250 osób analizuje dane wykorzystując uczenie maszynowe, a wartość ta dla 27 krajów Unii Europejskiej wynosi 11%.<sup>149</sup> W Polsce z algorytmów uczenia maszynowego korzysta zaledwie 6% firm zatrudniających powyżej 250 osób. Implementacja tej technologii na szerszą skalę w Polsce z pewnością przyniosłaby liczne korzyści dla całego otoczenia biznesowego: podwyższanie kwalifikacji pracowników w zakresie korzystania z oprogramowania komputerowego do analizy danych i uczenia maszynowego, zwiększanie świadomości na temat korzyści z aplikacji sztucznej inteligencji w biznesie, wypracowanie dobrych praktyk oraz wzorców, z których mogą korzystać mniejsze firmy oraz korzyści dla samych firm w postaci większych zysków.

#### 4.2.3. Sektor publiczny

Oceniając działania sektora publicznego w zakresie sztucznej inteligencji, eksperci często posiłkują się strategią na rozwój sztucznej inteligencji, którą przyjął rząd danego państwa. Na początku 2021 roku polska Rada Ministrów uchwaliła ustawę ustanawiającą „*Politykę dla Rozwoju Sztucznej Inteligencji w Polsce od roku 2020*” będącą narodową strategią dla rozwoju tej dziedziny. Spośród osób związanych z branżą, które zapoznały się z ustawą, 68% osób ocenia ten dokument pozytywnie<sup>150</sup>, niemniej jednak

---

<sup>148</sup> Digital Poland, *State of Polish AI 2021*, s.12

<sup>149</sup> Digital Poland, *State of Polish AI 2021*, s. 108

<sup>150</sup> Digital Poland, *State of Polish AI 2021*, s. 139



porównując go ze strategią Chin (*New Generation Artificial Intelligence Development Plan* – 新一代人工智能发展规划), można stwierdzić, że brakuje w nim istotnych czynników. Przede wszystkim, rząd Chińskiej Republiki Ludowej jasno sprecyzował cele dla Chin dla lat 2020, 2025 oraz 2030. Po drugie, w polskiej strategii nie zostały zawarte konkretne informacje na temat finansowania firm, nauki oraz programów rozwojowych sztucznej inteligencji. Można więc uznać, że uwzględnienie tych dwóch aspektów w strategii dla Polski pozwoliłoby lepiej kontrolować założone zadania.

Strategia wsparcia finansowego rozwoju sztucznej inteligencji powinna obejmować wiele aspektów, a przede wszystkim:

- wspomaganie ośrodków akademickich poprzez finansowanie badań, grantów i projektów naukowych oraz studiów ze sztucznej inteligencji i dziedzin pokrewnych,
- przeznaczenie ustalonych kwot na wsparcie dla biznesu: startupów tworzących produkty lub usługi wykorzystujące sztuczną inteligencję oraz dużych firm tworzących nowe rozwiązania w tej dziedzinie w celu ulepszenia istniejących procesów.

Promocja przyjętej strategii i egzekwowanie wyznaczonych celów, jak również transparentna i klarowna komunikacja ze środowiskiem biznesowym, to również jeden z aspektów, nad którymi Polski rząd powinien skupić się w ramach wsparcia rozwoju sztucznej inteligencji. Według raportu *State of Polish AI 2021*<sup>151</sup>, 60% polskich firm z branży sztucznej inteligencji doświadcza trudności we współpracy z sektorem publicznym w Polsce, podczas gdy jedynie 37% wśród ankietowanych natknęło się na podobny problem w kontakcie z sektorem publicznym za granicą.

Ponadto, w porównaniu do Chin, obecne uwarunkowania prawne (RODO) w Unii Europejskiej, w tym w Polsce, nie sprzyjają powszechnemu korzystaniu z algorytmów uczenia maszynowego w wielu dziedzinach. Niewątpliwie, obywatele Stanów Zjednoczonych czy Unii Europejskiej przywiązują znacznie większą uwagę do ochrony danych osobowych w porównaniu do mieszkańców Państwa Środka, dlatego wypracowanie kompromisu prawnego, który z jednej strony spełnia wymogi dotyczące prywatności, a z drugiej strony pozwoli na zbieranie danych wystarczających do implementacji uczenia głębokiego na masową skalę, stanowić będzie duże wyzwanie dla ustawodawcy.

Znaczącą rolę w rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce odgrywa Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. 50% respondentów ankietowanych w ramach raportu *State of Polish AI 2021*<sup>152</sup> rozwijając produkty lub usługi wykorzystujące sztuczną inteligencję korzystało z grantów finansowanych przez tę instytucję: 51% firm, 21% korporacji oraz aż 74% szkół wyższych lub uniwersytetów. Narodowe Centrum Badań i

---

<sup>151</sup> Digital Poland, *State of Polish AI 2021*, s. 126

<sup>152</sup> Digital Poland, *State of Polish AI 2021*, s. 102

Rozwoju w latach 2016-2019 przeznaczyło ponad 15 miliardów złotych na projekty związane z branżą elektroniczną i IT, a w ostatnim czasie widać wyraźny trend wskazujący, że faworyzowane są projekty wykorzystujące uczenie maszynowe oraz sztuczną inteligencję<sup>153</sup>. Ten trend powinien z pewnością przybierać na sile biorąc pod uwagę, że firmy i państwa implementujące te technologie na szeroką skalę uzyskują konkurencyjną przewagę nad rywalami. Można również zasugerować, że powinna zostać wydzielona specjalna kategoria projektów z dziedziny sztucznej inteligencji, na którą przeznaczona byłaby określona suma pieniędzy.

Kluczowym elementem rozwoju sztucznej inteligencji jest również współpraca na poziomie międzynarodowym. Polska uczestniczy w międzynarodowych grupach roboczych dyskutujących na te tematy – wliczając te organizowane przez OECD czy UNESCO. Dla rozwoju polskiego biznesu korzystne byłoby również wsparcie rządowe w promocji polskich rozwiązań w zakresie sztucznej inteligencji za granicą<sup>154</sup> – przejawiające się na przykład przez współudział w organizacji konferencji naukowych lub innych inicjatyw pozwalających na ekspozycję polskich startupów za granicą.

Ostatnim aspektem, który polski rząd powinien mieć na uwadze jest tworzenie otwartych repozytoriów danych o wysokiej jakości. Spośród polskich firm dostarczających lub tworzących rozwiązania wykorzystujące sztuczną inteligencję, aż 71% korzysta z darmowych, publicznie dostępnych danych.<sup>155</sup> Tak wysoka liczba stawia wyzwanie dla instytucji odpowiedzialnych za repozytoria i jakość danych, ale świadczy też o wysokiej dostępności zbiorów danych w Polsce. Wśród krajów Unii Europejskiej Polska zajmuje 6 miejsce w rankingu *Open Data Maturity Index*<sup>156</sup> oceniającego dostęp do danych wśród krajów europejskich. Dane dostępne w Polsce są jednak relatywnie niskiej jakości<sup>157</sup>, co stanowi problem w budowie algorytmów uczenia głębokiego o wysokiej efektywności. Jest to kolejny aspekt, polski rząd powinien mieć na uwadze przy tworzeniu regulacji oraz celi strategicznych.

Działania sektora publicznego odpowiedzialnego za wyznaczenie strategii, ustawy i regulacje oraz dysponującego publicznymi pieniędzmi są z pewnością kluczowe dla rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce.

---

<sup>153</sup> Digital Poland, *State of Polish AI 2021*, s. 11 i 104

<sup>154</sup> Digital Poland, *State of Polish AI 2021*, s. 14

<sup>155</sup> Digital Poland, *State of Polish AI 2021*, s. 68

<sup>156</sup> <https://data.europa.eu/en/dashboard/2020#intro>, dostęp 27.04.2021

<sup>157</sup> Digital Poland, *State of Polish AI 2021*, s. 10

#### 4.2.4. Nauka i szkolnictwo

Ostatnia grupa instytucji, która może wyciągnąć wnioski z niniejszej pracy w celu wsparcia rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce, to nauka i szkolnictwo.

Wśród 0,5% najlepszych naukowców w dziedzinie sztucznej inteligencji z Europy, 4% pochodzi z Polski. Niemniej jednak, wszyscy ci naukowcy pracują obecnie w jednym z pięciu krajów: Francji (53%, Holandii (21%), Szwecji (16%), Belgii (5%) oraz Niemiec (5%).<sup>158</sup> We wcześniejszej części tej pracy przedstawione zostały statystyki dotyczące publikacji naukowych w dziedzinie sztucznej inteligencji, które pokazują, że w skali światowej Polska produkuje relatywnie dużo publikacji, jednak nie są one wysokiej jakości – podobnie jak w przypadku Chin. Żeby uniknąć migracji najbardziej utalentowanych naukowców oraz podwyższyć poziom publikacji i badań naukowych, polskie instytucje akademickie i badawcze powinny współpracować z sektorem publicznym w celu stworzenia programów pozwalających na finansowanie badań nad sztuczną inteligencją. Powinno być to również związane z atrakcyjnymi zarobkami dla ekspertów w tej dziedzinie.

Uczelnie wyższe, oprócz wsparcia badań naukowych, powinny również skupić się na podwyższeniu poziomu kształcenia w zakresie sztucznej inteligencji. 83% polskich firm wykorzystujących sztuczną inteligencję planuje zwiększenie zespołu w przyszłości, a 55% firm szuka specjalistów na uczelniach.<sup>159</sup> Polska jest jednak na prawie ostatnim – 24. miejscu w Unii Europejskiej pod względem ilości specjalistów z branży sztucznej inteligencji w przeliczeniu na 10 tysięcy mieszkańców. Współczynnik ten wynosi w Polsce 8, w Unii Europejskiej 16, natomiast najwyższą wartość osiąga w Luksemburgu oraz Irlandii – kolejno 53 i 51. W związku z tym, żeby wyjść naprzeciw oczekiwaniom rynku, polskie uczelnie wyższe powinny oferować właśnie specjalistyczne wykształcenie. Obecnie w Polsce uczelnie wyższe oferują łącznie 34 programy studiów w dziedzinie sztucznej inteligencji.<sup>160</sup> Pilotażowy program tego typu opracowany przez Ministerstwo Cyfryzacji – *Akademia Innowacyjnych Zastosowań Technologii Cyfrowych (AI Tech)* – rozpocznie się w roku akademickim 2021/2022.<sup>161</sup> W ramach niego na pięciu polskich uczelniach wyższych otwarte zostaną kierunki lub specjalizacje studiów związane ze sztuczną inteligencją. Z pewnością warto kontynuować i rozwijać nowe programy tego typu.

Jak pokazują powyższe rozważania, pozycja Polski na arenie międzynarodowej może zostać wzmocniona dzięki współpracy instytucji, osób i organizacji związanych z sektorem publicznym, środowiskiem biznesowym oraz nauką i szkolnictwem. Zarówno Stany Zjednoczone, jak i Chiny to

---

<sup>158</sup> Digital Poland, *State of Polish AI 2021*, s. 93

<sup>159</sup> Digital Poland, *State of Polish AI 2021*, s. 85

<sup>160</sup> Digital Poland, *State of Polish AI 2021*, s.89

<sup>161</sup> <https://www.gov.pl/web/govtech/akademia-innowacyjnych-zastosowan-technologii-cyfrowych-ai-tech>, dostęp 28.04.2021

państwa, z których Polska może czerpać dobre wzorce w dziedzinie implementacji i rozwoju programów wspierających adopcję sztucznej inteligencji.

## Zakończenie

W pierwszym i drugim rozdziale niniejszej pracy wyjaśniono teoretyczne aspekty i mechanizmy działania ekosystemów startupowych, branży Venture Capital oraz sztucznej inteligencji ze szczególnym uwzględnieniem uczenia głębokiego oraz uczenia maszynowego. Przedstawiono również dane statystyczne opisujące aktualny rozwój wyżej wymienionych branż na świecie.

W drugiej części pracy analizie poddana została rywalizacja pomiędzy Chinami i Stanami Zjednoczonymi w zakresie sztucznej inteligencji, uwzględniając następujące aspekty:

- Uwarunkowania prawne,
- Polityka rządowa,
- Ekosystemy startupowe,
- Branża Venture Capital,
- Potencjał naukowy,
- Kultura biznesowa.

Na podstawie analizy porównawczej można uznać, że obecnie to Stany Zjednoczone są światowym liderem w dziedzinie sztucznej inteligencji, osiągając znaczną przewagę technologiczną w sektorze przedsiębiorstw oraz potencjału naukowego nad Chinami. Ze Stanów Zjednoczonych pochodzi większa liczba publikacji naukowych o wysokiej jakości. Co więcej, kultura biznesowa sprawia, że firmy przedsiębiorstwa mają znaczną przewagę w adopcji Sztucznej Inteligencji Biznesowej, natomiast przedsiębiorstwa technologiczne takie jak Google i Tesla posiadają niezbędny *know-how* pozwalający na rozwój Sztucznej Inteligencji Autonomicznej.

Niemniej jednak, chińska strategia rządowa oraz modele biznesowe startupów sprawiają, że Państwo Środka ma szansę rywalizować ze Stanami Zjednoczonymi o miano światowego mocarstwa sztucznej inteligencji. Uwarunkowania prawne stwarzają przewagę w dziedzinie rozwoju Sztucznej Inteligencji Percepcyjnej, a ogromna liczba internautów pozwala na doskonalenie algorytmów Sztucznej Inteligencji Internetowej. Co więcej, wnioski z badania statystycznego w czwartym rozdziale niniejszej pracy dowodzą, że pomimo mniej rozwiniętej branży Venture Capital w Chinach, to właśnie w Państwie Środka inwestorzy przeznaczają przeciętnie większe kwoty na finansowanie firm z branży sztucznej inteligencji.

Powyższe rozważania pozwalają również na wyciągnięcie interesujących wniosków dla Polski oraz innych państw o mniejszym stopniu zaawansowania technologicznego. W zakresie rozwijania rozwiązań wykorzystujących sztuczną inteligencję, pomocny dla polskich startupów technologicznych okaże się z pewnością dalszy wzrost branży Venture Capital. Polskie firmy powinny również otworzyć

się na współpracę zagraniczną – wliczając to państwa azjatyckie – oraz współpracować na rzecz promocji polskich rozwiązań technologicznych za granicą. Zalecane jest również korzystanie z grantów rządowych, takich jak te z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Modele biznesowe *online to offline* pozwolą na budowanie map aktywności konsumenckiej pomagających w rozwoju algorytmów komputerowych. Na podstawie analizy sytuacji w Chinach i Stanach Zjednoczonych, dobre praktyki w zakresie wspierania rozwoju może zaobserwować również sektor publiczny w Polsce. Należą do nich między innymi: dokładniejsze sprecyzowanie narodowej strategii rozwoju sztucznej inteligencji, systematyczne zwiększanie finansowania startupów technologicznych, wsparcie jednostek pozarządowych w tworzeniu publicznych repozytoriów danych, wsparcie i finansowanie badań naukowych czy stworzenie przepisów prawnych będących kompromisem pomiędzy ochroną prywatności a możliwością wykorzystania danych do rozwoju i trenowania algorytmów komputerowych.

Przyjęty cel niniejszej pracy został zrealizowany. W ramach przyszłych badań w tych dziedzinach, warto skupić się na głębszej analizie porównawczej Chin, Stanów Zjednoczonych i Polski poprzez dobranie większej próby startupów w celu zwiększenia mocy testów statystycznych. Niniejsza praca bada obszerne zagadnienie, jakim jest cała branża sztucznej inteligencji. W związku z tym przyszłości zalecane jest przeprowadzenie osobnych badań statystycznych porównujących finansowanie startupów z branży sztucznej inteligencji z podziałem na podkategorie: rozpoznawanie obrazów, przetwarzanie języka naturalnego, robotyka, uczenie maszynowe i inne. W celu pogłębienia zrozumienia perspektywy polskich startupów technologicznych, warto przeprowadzić również badanie jakościowe – na przykład wywiady z przedstawicielami firm z Polski. Sztuczna inteligencja to dziedzina o bardzo dużej dynamice rozwoju, dlatego sugerowane jest regularne powtarzanie przeprowadzonych już badań w celu zrozumienia zachodzących w czasie trendów.

## Bibliografia

### Książki i artykuły naukowe

- 1) Bishop C.M., *Pattern Recognition and Machine Learning*, Springer 2016
- 2) Grycuk A., *Wybrane narzędzia wspierania startupów w Polsce*. Studia BAS, nr 2(58) 2019
- 3) Hirst S., Kastiel K., *Corporate Governance by Index Inclusion*, Boston University Law Review 2019
- 4) Huang Y., Wang X., Wang X., *Mobile Payments in China: Practise and its effects*, Peking University 2020
- 5) Jackson P., *Introduction To Expert Systems*, Wyd. 3. Addison Wesley, 1998
- 6) Jain C., *Artificial Intelligence in Venture Capital Industry: Opportunities and Risks*, MIT 2019
- 7) Lee K. F., *Inteligencja Sztuczna, Rewolucja Prawdziwa*, Media Rodzina 2019
- 8) Ljungqvist A. P., Wilhelm, Jr. W. J., *IPO Pricing in the dot-com bubble*, 2002
- 9) McCarthy J., Minsky M. L., Rochester N., Shannon C.E., *A Proposal For The Dartmouth Summer Research Project On Artificial Intelligence*, 1955
- 10) Miloud T., Aspelund A., Cabrol M., *Startup valuation by venture capitalists: an empirical study*, Venture Capital, Taylor & Francis (Routledge), 2012
- 11) Mitchell T., *Machine Learning*. New York: McGraw Hill 1997
- 12) Roberts H., Cowls J., Morley J., Taddeo M., Wang V., Floridi L., *The Chinese approach to artificial intelligence: an analysis of policy, ethics, and regulation*, AI&Society 2020
- 13) Szeliski R., *Computer Vision: Algorithms and Applications*, Springer 2010
- 14) Szymańska K., Kuranowski M., *Uwarunkowania rozwoju start-upów w Polsce*, Przegląd Nauk Ekonomicznych, nr 29/2018
- 15) Tadeusiewicz R., Szaleniec M., *Leksykon sieci neuronowych*, Wydawnictwo Fundacji „Projekt Nauka” 2015
- 16) Tamowicz P., *Venture Capital – kapitał na start*, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości 2004
- 17) Trzęsicki K., *Idea Sztucznej Inteligencji*, Filozofia i Nauka, PAN 2020
- 18) Vincent M. C., Bostrom N., *Future progress in artificial intelligence: A survey of expert opinion*, Fundamental Issues of Artificial Intelligence, Springer 2016
- 19) Zyder B., *How Venture Capital works?* Harvard Business Review, November-December 1998

### Raporty

- 1) Bain&Company, *India Venture Capital Report 2020*,  
[https://www.bain.com/globalassets/noindex/2020/bain\\_report\\_india-venture-capital-report.pdf](https://www.bain.com/globalassets/noindex/2020/bain_report_india-venture-capital-report.pdf)

- 2) CB Insights, *Global Unicorn Club 2021*,  
[https://www.cbinsights.com/reports/CB-Insights\\_Global-Unicorn-Club\\_2021.xlsx](https://www.cbinsights.com/reports/CB-Insights_Global-Unicorn-Club_2021.xlsx)
- 3) CB Insights, *What is Venture Capital*,  
<https://www.cbinsights.com/research/report/what-is-venture-capital/>
- 4) Digital Poland, *State of Polish AI 2021*,  
<https://www.digitalpoland.org/en/publications>
- 5) International Development Research Centre, *Government AI Readiness Index 2020*,  
<https://static1.squarespace.com/static/58b2e92c1e5b6c828058484e/t/5f7747f29ca3c20ecb598f7c/1601653137399/AI+Readiness+Report.pdf>
- 6) KPMG, *Venture Puls Q4 2020: Asia*,  
<https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2021/01/venture-pulse-q4-2020-report-asia.pdf>
- 7) KPMG, *Venture Puls Q4 2020: US*,  
<https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2021/01/venture-pulse-q4-2020-report-us.pdf>
- 8) McKinsey & Company, *The State of AI in 2020*,  
<https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/global-survey-the-state-of-ai-in-2020>
- 9) PwC, *Sizing the Prize*,  
<https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf>
- 10) Stanford University, *Artificial Intelligence Index Report 2019*,  
[https://hai.stanford.edu/sites/default/files/ai\\_index\\_2019\\_report.pdf](https://hai.stanford.edu/sites/default/files/ai_index_2019_report.pdf)
- 11) Stanford University, *Artificial Intelligence Index Report 2021*,  
[https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report\\_Master.pdf](https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report_Master.pdf)
- 12) Startup Genome, *The Global Startup Ecosystem Report (GSER 2020)*,  
<https://startupgenome.com/reports/gser2020>

### Strony internetowe

- 1) academia.edu
- 2) academic.research.microsoft.com
- 3) baai.ac.cn
- 4) cbinsights.com
- 5) chinabankingnews.com
- 6) china-briefing.com
- 7) crunchbase.com
- 8) daxueconsulting.com



- 9) eetn.gr
- 10) flia.org
- 11) futureoflife.org
- 12) google.com
- 13) gov.pl
- 14) horizon.ai
- 15) ibm.com
- 16) icml.cc
- 17) image-net.org
- 18) insidebigdata.com
- 19) investopedia.com
- 20) medium.com
- 21) monitorpolski.gov.pl
- 22) nasdaq.com
- 23) nationaldefensemagazine.org
- 24) natureindex.com
- 25) newamerica.org
- 26) nips.cc
- 27) nvca.org
- 28) nytimes.com
- 29) oecd.ai
- 30) oecd.org
- 31) pfr.pl
- 32) robotics.org
- 33) scholar.google.pl
- 34) scmp.com
- 35) startupgenome.com
- 36) statista.com
- 37) sztuczna inteligencja.org.pl
- 38) techcrunch.com
- 39) technologyreview.com
- 40) thedronegirl.com
- 41) theverge.com
- 42) trumpwhitehouse.archives.gov

43) [wikipedia.org](https://www.wikipedia.org)

## Spis rysunków

|                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Rysunek 1. Udział wzrastających ekosystemów startupowych według regionu .....                                                                         | 12 |
| Rysunek 2. Liczba ekosystemów startupowych na świecie posiadających przynajmniej jednego "unicorna" .....                                             | 14 |
| Rysunek 3. Global Unicorn Club – liczba prywatnych firm wycenianych na ponad 1 miliard USD według kraju.....                                          | 15 |
| Rysunek 4. Jak działa rynek funduszy Venture Capital? .....                                                                                           | 17 |
| Rysunek 5. Odsetek upadku startupu w zależności od rundy finansowania. ....                                                                           | 19 |
| Rysunek 6. Uwzględniające ryzyko oczekiwane stopy zwrotu z inwestycji w zależności od rundy finansowania .....                                        | 20 |
| Rysunek 7. Związek między finansowaniem a przepływem pieniężnym startupu .....                                                                        | 21 |
| Rysunek 8. Liczba i wartość inwestycji Venture Capital w Stanach Zjednoczonych .....                                                                  | 23 |
| Rysunek 9. Łączna wartość inwestycji Venture Capital w krajach europejskich w 2020r. ....                                                             | 24 |
| Rysunek 10. Inwestycje Venture Capital w USA według sektora .....                                                                                     | 25 |
| Rysunek 11. Schemat jednokierunkowej sieci neuronowej. ....                                                                                           | 30 |
| Rysunek 12. Podobszary sztucznej inteligencji. ....                                                                                                   | 32 |
| Rysunek 13. Przeciętna zmiana wartości inwestycji firm w sztuczną inteligencję podczas pandemii COVID-19 .....                                        | 38 |
| Rysunek 14. Przeciętna zmiana wartości inwestycji firm w sztuczną inteligencję podczas pandemii COVID-19 – według branży. ....                        | 39 |
| Rysunek 15. Przychody tysiąca startupów z branży sztucznej inteligencji o najwyższym finansowaniu.....                                                | 40 |
| Rysunek 16. Tysiąc startupów z branży sztucznej inteligencji o najwyższym finansowaniu - wartość finansowania i liczba startupów według kraju.....    | 41 |
| Rysunek 17. Odsetek ekspertów, którzy z 10%, 50%, 90% pewnością przewidują wynalezienie wysokopoziomowej inteligencji maszynowej do danego roku ..... | 42 |
| Rysunek 18. Chiński plan rozwoju sztucznej inteligencji .....                                                                                         | 45 |
| Rysunek 19. Liczba publikacji w dziedzinie sztucznej inteligencji w stosunku do PKB per capita według kraju.....                                      | 51 |
| Rysunek 20. Szacowany stosunek potencjału USA i Chin w poszczególnych dziedzinach sztucznej inteligencji w 2018 i 2023 .....                          | 55 |
| Rysunek 21. Łączna wartość inwestycji VC w Chinach w latach 2013 - 2020 .....                                                                         | 61 |
| Rysunek 22. Wartość inwestycji Venture Capital w Stanach Zjednoczonych w latach 2013 - 2020. ....                                                     | 62 |
| Rysunek 23. Wartość inwestycji Venture Capital w Polsce w latach 2010-2020.....                                                                       | 63 |
| Rysunek 24. Państwa posiadające lub rozwijające narodowe strategie rozwoju sztucznej inteligencji .....                                               | 66 |

## Spis tabel

|                                                                                                                                                      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabela 1. Ranking ekosystemów startupowych na świecie według raportu Global Startup Ecosystem.....</b>                                            | <b>11</b> |
| <b>Tabela 2. Najwyżej wyceniane firmy o kapitale prywatnym na świecie .....</b>                                                                      | <b>12</b> |
| <b>Tabela 3. Firmy o kapitale prywatnym wycenie ponad 1mld USD według sektora .....</b>                                                              | <b>13</b> |
| <b>Tabela 4. Charakterystyka rund finansowania startupów.....</b>                                                                                    | <b>22</b> |
| <b>Tabela 5. Zastosowania sztucznej inteligencji według branży .....</b>                                                                             | <b>34</b> |
| <b>Tabela 6. Prawdopodobieństwo wynalezienia superinteligencji w ciągu 2 lat / 30 lat po wysokopoziomowej inteligencji maszynowej. ....</b>          | <b>43</b> |
| <b>Tabela 7. Dziesięć państw o najwyższym udziale artykułów w dziedzinie sztucznej inteligencji według Nature Index 2020.....</b>                    | <b>50</b> |
| <b>Tabela 8. Ranking organizacji badawczych na świecie pod względem łącznej liczby publikacji w dziedzinie sztucznej inteligencji.....</b>           | <b>52</b> |
| <b>Tabela 9. Ranking instytucji naukowych ze względu na udział publikacji naukowych w dziedzinie sztucznej inteligencji według Nature Index.....</b> | <b>52</b> |
| <b>Tabela 10. Porównanie największych ekosystemów startupowych w Chinach i Stanach Zjednoczonych.....</b>                                            | <b>59</b> |
| <b>Tabela 11. Najlepiej dofinansowane startupy z branży sztucznej inteligencji w Chinach, Stanach Zjednoczonych oraz Polsce .....</b>                | <b>64</b> |
| <b>Tabela 12. Międzynarodowe grupy robocze poruszające problem sztucznej inteligencji .....</b>                                                      | <b>67</b> |
| <b>Tabela 13. Opis zmiennych wykorzystanych do analizy statystycznej .....</b>                                                                       | <b>70</b> |

## Abstract (streszczenie w języku angielskim)

Thesis title: Analysis of the potential of companies from the AI industry in China and the United States. The perspective of Polish startups.

The dynamic development of Artificial Intelligence in the last 5 years has attracted the attention of the public sector, entrepreneurs, and investors around the world. Thanks to the government's support, scientific research, dynamically developing startup ecosystems, and growing Venture Capital investment, the Artificial Intelligence industry has been dominated by two countries - China and the United States.

The thesis has been divided into four chapters. The first one begins with a definition of startup ecosystems and an analysis of their growth and potential depending on a country. It is followed by a description of mechanisms of Venture Capital investment in startups and an introduction of the current state of the Venture Capital industry in the world.

The second chapter explains the theoretical foundations of Artificial Intelligence, including machine learning and deep learning, and presents the application of these technologies in business. It also introduces the predictions on the development of Artificial Intelligence.

The third chapter is an extensive comparative analysis of the current state and potential of Artificial Intelligence in three countries: China, the United States, and Poland. Aspects such as government strategies, scientific potential, startup environment, and Venture Capital investment have been taken into account.

In the fourth chapter, a statistical study was conducted. It compares employment, revenue, and equity financing between AI startups in China, United States, and Poland. Based on the entire thesis, introduced are also the conclusions for the startup ecosystems, public sector, enterprises, and education in Poland in the field of support for the development of Artificial Intelligence.

## 摘要 (Streszczenie w języku chińskim)

论文标题 - 中国和美国人工智能行业公司潜力的比较分析。波兰初创公司的观点。

过去五年人工智能的蓬勃发展吸引了全球政府部门、企业家和投资者的关注。由于政府的支持，科学研究，发展的创业生态系统以及不断增长的风险投资，人工智能行业一直由中国和美国主导。

本文分为四章。第一章从创业生态系统的定义及根据地区的增长和潜力分析开始。随后介绍了风险投资对初创企业的投资机制，并介绍了全球风险投资行业的现状。

第二章阐释了人工智能的理论基础，包括机器学习和深度学习，以及这些技术在商业中如何实际应用。此外，本章还介绍了人工智能的预测发展。

第三章是对三个国家（中国，美国和波兰）人工智能的现状和潜力的广泛比较分析。它包括政府战略，科学潜力，启动环境和风险投资等方面。

第四章则是统计研究的分析结果。本章比较了中国，美国 and 波兰的人工智能初创公司之间的就业，收入和融资情况。并以波兰的创业生态系统，政府部门，企业和教育在支持人工智能发展的现状做结。

## Streszczenie

Dynamiczny rozwój sztucznej inteligencji w ciągu ostatnich 5 lat przyciągnął uwagę sektora publicznego, przedsiębiorców oraz inwestorów na całym świecie. Dzięki wsparciu rządu, badaniom naukowym, dynamicznie rozwijającym się ekosystemom startupowym oraz rosnącej branży Venture Capital, sektor sztucznej inteligencji w 2021 roku jest zdominowany przez dwa państwa – Chiny i Stany Zjednoczone.

Praca licencjacka została podzielona na cztery rozdziały. Pierwszy z nich rozpoczyna się od zdefiniowania czym są ekosystemy startupowe oraz analizy ich wzrostu i potencjału w zależności od państwa. W dalszej części rozdziału opisano mechanizmy inwestycji Venture Capital w startupy oraz przedstawiono obecny stan tej branży na świecie.

W drugim rozdziale wyjaśniono teoretyczne aspekty sztucznej inteligencji z uwzględnieniem uczenia maszynowego i uczenia głębokiego oraz opisano zastosowanie tych technologii w biznesie. Przedstawione zostały również predykcje dotyczące rozwoju sztucznej inteligencji.

Trzeci rozdział to obszerna analiza porównawcza obecnego stanu oraz potencjału sztucznej inteligencji w trzech państwach: Chinach, Stanach Zjednoczonych i Polsce. Uwzględnione zostały aspekty takie jak: strategie rządowe, potencjał naukowy, środowisko startupowe oraz inwestycje Venture Capital.

W czwartym rozdziale przeprowadzono badanie statystyczne porównujące zatrudnienie, przychody i wartość inwestowania kapitałem wśród startupów z branży sztucznej inteligencji w Chinach, Stanach Zjednoczonych i Polsce. Na podstawie całej pracy licencjackiej zostały również wyciągnięte wnioski dla środowiska startupowego, sektora publicznego, przedsiębiorstw oraz szkolnictwa w Polsce w zakresie wsparcia rozwoju sztucznej inteligencji.