

Trendy rozwoju zrównoważonej przedsiębiorczości technologicznej opartej na sztucznej inteligencji

Wioletta Czemieli-Grzybowska 

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: w.grzybowska@pb.edu.pl

DOI: 10.24427/az-2023-0059

Streszczenie

Badania w dziedzinie przedsiębiorczości technologicznej znacząco wzrosły w ostatnim dwudziestolecu. Obecnie coraz częściej wiążą się ze sztuczną inteligencją. Rozwój w dziedzinie sztucznej inteligencji ma pozytywny, ale i niestety negatywny wpływ na zrównoważony rozwój. Obecna debata na temat zrównoważonego rozwoju podkreśla znaczenie środowiska, celów behawioralnych i modeli ekonomicznych w osiąganiu celów zrównoważonych celów ONZ. Aktualnie badacze proponują wykorzystanie algorytmów i modeli opartych na sztucznej inteligencji (SI) do osiągania celów zrównoważonego rozwoju. W tym kontekście niniejsze badanie ma na celu identyfikację roli SI we wspomaganiu zrównoważonego rozwoju przedsiębiorczości technologicznej. Aby osiągnąć ten cel, zebrano dane ze Web of Science i Scopus (2000-2023). Punktem odniesienia było łącznie 1620 artykułów badawczych. Badanie ukazuje wnioski z przeglądu narracyjnego literatury, ukazując trendy badawcze wykorzystania sztucznej inteligencji w zrównoważonym rozwoju przedsiębiorczości technologicznej. Wyniki w artykule wskazują, że istnieje pozytywna zależność między sztuczną inteligencją a rozwojem wielu obszarów zrównoważonej przedsiębiorczości technologicznej.

Słowa kluczowe

przedsiębiorczość technologiczna, zrównoważony rozwój, sztuczna inteligencja, przemysł 4.0

Wstęp

Przewiduje się, że sztuczna inteligencja wpłynie na globalną produktywność, równość i wiele innych aspektów naszego życia w najbliższych latach. Z tego powodu badacze zalecają wykorzystanie sztucznej inteligencji (SI) dla zrównoważonej

przedsiębiorczości technologicznej. A zrównoważona sztuczna inteligencja stanowi ramy, w których zmiany są promowane na całym cyklu życia produktów opartych na sztucznej inteligencji (tj. generowanie pomysłów, szkolenie, dostrojenie, wdrożenie i zarządzanie), z naciskiem na integralność środowiskową i społeczną (van Wynsberghe, 2021). Sztuczna inteligencja, obok innych wzajemnie powiązanych technologii Przemysłu 4.0, takich jak uczenie maszynowe, blockchain i komputery kwantowe, ma głębokie implikacje dla sposobu, w jaki przedsiębiorcy rozwijają, projektują i skalują swoje organizacje. Ta technologia będzie wpływać na to, czy jednostki zdecydują się na założenie firmy, a także może definiować ich jakość życia. Nawet badacze zrównoważonej przedsiębiorczości technologicznej sami będą mogli wykorzystać technologię do opracowywania nowych teoretycznych spostrzeżeń na temat zjawisk społecznych i gospodarczych (Lévesque i in., 2022; Tidhar i in., 2020). Ze względu na wszechogarniający i wykładniczy charakter sztucznej inteligencji, istotne jest, aby badacze zgłębiali tematykę wykorzystania sztucznej inteligencji (SI) dla zrównoważonego rozwoju przedsiębiorczości technologicznej. Stąd postawione zostało pytanie badawcze: jakie są trendy badawcze zrównoważonej przedsiębiorczości technologicznej związane z sztuczną inteligencją?

1. Przegląd literatury

Pierwsze Sympozjum na temat przedsiębiorczości technologicznej odbyło się na Uniwersytecie Purdue w 1970 roku. Dokumenty z tego wydarzenia zostały opublikowane i obecnie przechowywane są w Bibliotece Kongresu (nr 72177979//r883). Choć sympozjum miało duże znaczenie dla nauki, artykuły nie są dostępne w systemie otwartego dostępu. Pierwszy artykuł odnotowany w bazie Scopus został opublikowany przez Segala w 1986 roku w *Technovation* (Segal, 1986).

O ile teoria przedsiębiorczości i teoria innowacji mają już własny, ugruntowany dorobek badawczy, o tyle ich powiązanie z całościowym zjawiskiem przedsiębiorczości technologicznej pozostaje wyzwaniem. Ważnym kamieniem milowym w zakresie zrównoważonego rozwoju było ustanowienie w 1987 roku przez WCED, które jest wykorzystywane przez rządy, korporacje i grupy społeczeństwa obywatelskiego na całym świecie, aby pomóc w tworzeniu bardziej zrównoważonego świata (Whalen 1987). Badacze wciąż nie są w stanie całkowicie zdefiniować koncepcji zrównoważonej przedsiębiorczości (Lumpkin i in., 2013; Schaltegger i in., 2016; Belz i in., 2017). Istotnym jest zrozumienie zrównoważonego rozwoju, aby umiejscowić w niej ideę przedsiębiorstwa zrównoważonego (Hossain, 2021).

Badania zespołu badawczego Beckmana (2012), Bailettiego (2012) i Pettiego (2012) pokazały, że przedsiębiorczość technologiczna może wypełnić lukę pomiędzy subdyscypliną przedsiębiorczości a teorią nauk zarządzania i jakości. Analizę zjawiska przedsiębiorczości można rozumieć po prostu jako badanie powstawania i ewolucji nowych przedsiębiorstw (Nichols i Armstrong, 2003; Cieślak, 2006; Stawasz, 2007; Lachiewicz i in., 2012; Kurowska i Matejun, 2013) lub jako proces nastawiony na tworzenie i eksplorację nowych możliwości. Definicja przedsiębiorczości technologicznej, uszczegóławia ten proces jako tworzenie i eksplorowanie nowych możliwości. Dzieje się tak jednak w kontekście silnego wpływu rozwoju nauki i innowacji technologicznych na proces.

Koncepcja przedsiębiorczości zrównoważonej, dotycząca konwencjonalnej przedsiębiorczości, opiera się na przekonaniu, że zrównoważone dobra przyniosą korzyści ekonomiczne lub zyski. Stąd zakłada się, że dobra lub usługi oferowane są korzystne dla środowiska naturalnego, prawa do życia ludzi i społeczeństwa.

Pierwsza maszyna analityczna została opracowana w latach 30-tych XIX wieku przez Adę Lovelace i Charlesa Babbage'a. Lovelace stworzyła to, co uważane jest za pierwszy program operacyjny do obliczeń liczb Bernoulliego na maszynie Babbage'a, tym samym ustanawiając wzorzec dla współczesnych systemów sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego (SI). Chociaż Lovelace była entuzjastką potencjału maszyny analitycznej do generowania wniosków, których ludzki umysł nie mógłby osiągnąć, twierdziła, że maszyna nie jest w stanie produkować oryginalnych pomysłów. Za kontynuację początków sztucznej inteligencji jako zorganizowanego obszaru badań, uważa się Projekt Badawczy na Uniwersytecie Dartmouth z 1956 roku, w ramach którego wskazano kilka subdziedzin, które stanowią fundamenty współczesnych systemów sztucznej inteligencji (Ertel i Black, 2018). Istotne są też aktualne badania dotyczące zrównoważonej przedsiębiorczości opartej na sztucznej inteligencji (Bibri, 2020; Subotić i in., 2021; Wang i in., 2020). Wiele branż zostało „dotkniętych” rozwojem sztucznej inteligencji. Wynsberghe (2021) definiuje termin „zrównoważona sztuczna inteligencja” jako sposób wykorzystywania sztucznej inteligencji do umożliwienia społeczeństwom osiągnięcia celów zrównoważonego rozwoju. Jednocześnie, antycypując zagrożenia, konsekwencje, błędy i wspomagając ludzi w podejmowaniu zrównoważonych decyzji, zrównoważona sztuczna inteligencja zajmuje się socjotechnicznym systemem sztucznej inteligencji. Z kolei w zakresie zrównoważonej sztucznej inteligencji kładziony jest nacisk na zastosowania sztucznej inteligencji i integrację jej w systemy środowiskowe i energetyczne oraz inne nowatorskie technologie w celu ułatwienia wdrażania zrównoważonego rozwoju (Jha i in., 2017; Vinuesa i in., 2020).

W badaniu wykorzystano podejście Saheb i in. (2022) do modelowania tematycznego. Autorzy analizowali treść powiązanych artykułów naukowych, aby określić główne kwestie akademickie, podtematy i wzajemnie powiązane tematy w analizowanej tematyce. W tej pracy badawczej technologii i techniki sztucznej inteligencji są oceniane jako potencjalne kandydatki do nowych zrównoważonych aplikacji inteligencji biznesowej (Ligeza i in., 2021). Wskazano, że istnieje kilka podstawowych aspektów definiujących funkcjonalne cechy, mocne strony i wpływ wybranych technologii na długoterminowy rozwój inteligencji biznesowej. Ich wyniki pokazują, że nowoczesne aplikacje sztucznej inteligencji mogą mieć znaczący wpływ na rozwój inteligencji biznesowej.

2. Metodyka badań

Badania literaturowe dokonano w oparciu o dane z dwóch baz elektronicznych: Web of Science and Scopus, ponieważ największa liczba recenzowanych publikacji z badanego obszaru jest zebrana w tych bazach. Analizowano tylko publikacje anglojęzyczne. Lata analizy to 2000-2023.

Wśród badaczy powszechnie panuje przekonanie, że każda technika badawcza, zarówno ilościowa, jak i jakościowa, posiada swoje wrodzone zalety i wady. Dla celów badawczych koncepcja metod mieszanych Johnsona, Onwuegbuzie'a i Turnera (2007) została przyjęta jako ramowa, zakładając, że metody mieszane są skupione na strategiach i metodach zbierania oraz analizie danych ilościowych i jakościowych. Przez badanie oparte na metodach mieszanych rozumie się badanie, które łączy w sobie zbieranie i analizę danych jakościowych i ilościowych (Creswell, Plano Clark, 2007, Czemieli-Grzybowska, 2015; Szydło 2020). W literaturze wypracowano także inne definicje badań opartych na metodach mieszanych. Greene i inni (1989) zdefiniowali modele metod mieszanych jako takie, które zawierają przynajmniej jedną metodę ilościową (w celu zdobycia danych liczbowych) i jedną metodę jakościową (w celu zebrania treści). Natomiast Tashakkori i Teddlie (2003) wskazywali, że badania za pomocą metod mieszanych to takie, które łączą jakościowe i ilościowe podejścia w celu stworzenia metodologii badawczej dla indywidualnego badania. B. Johnson i inni (2007) zwrócili uwagę, że mieszane metody badawcze, łączą ilościowe i jakościowe techniki badawcze, metody, podejścia, koncepcje w metodologiczną całość. Stąd zaleca się łączenie obu metod, aby zapewnić, że ich wyniki się uzupełniają. W badaniu zostały wykorzystane cztery komplementarne zestawy metod badawczych. Modelowanie tematyczne i klastrowanie, które są związane z technikami przetwarzania tekstu. Dodatkowo wyniki ilościowe zostały wsparte jakościową analizą treści opartą na analizowanej tematyce. Wykorzystano w tym celu

przegląd narracyjny, przegląd krytyczny lub przeglądy mapowe (Paré i Kitsiou, 2017). Przyjmując trzy etapy: (1) syntezę wstępną (analiza tematyczna), (2) badania zależności wewnątrz badania i między różnymi badaniami oraz (3) ocenę wiarygodności (Lenart- Gansiniec, 2021).

Systematyczny przegląd literatury pozwala dostarczać badaczowi aktualnego i pełnego obrazu recenzowanych publikacji, co umożliwia ich syntezę, identyfikację luk w literaturze oraz rozpoznanie dalszych możliwych badań (Czakon, 2014).

Tab. 1. Badania literaturowe dotyczące zrównoważonej przedsiębiorczości technologicznej i sztucznej inteligencji za lata 2000-2023

Lp.	Kryteria	Anglojęzyczne bazy danych	
		Web of Science	Scopus
1.	łączna liczba publikacji naukowych zawierająca „technology entrepreneurship” i „sustainable” i „artificial intelligence”	1570	1620
2.	„technology entrepreneurship” i „sustainable” i „artificial intelligence”/tytuł/abstrakt	502	544
3.	„technology entrepreneurship” i „sustainable” i „artificial intelligence” słowa kluczowe	171	165
4.	Obszar: nauki o zarządzaniu i jakości	143	121
5.	Po usunięciu publikacji dublujących się	68	
6.	Po weryfikacji abstraktów, tytułów oraz obszaru badawczego	18	

Źródło: opracowanie własne.

Strategia analizy treści opartej na tematach polegała na analizie najbardziej istotnych prac w ramach każdego tematu, co pozwoliło uzyskać bardziej szczegółowe informacje na temat każdego z nich (Żemigala i in., 2015). Wykorzystane podejścia analityczne, pozwoliły odkryć tematyczne ujęcie badań naukowych nad zrównoważoną sztuczną inteligencją w przedsiębiorczości technologicznej.

3. Wyniki badań

Wyniki publikacji wskazują, iż od lat następuje przyspieszenie postępu nie tylko teoretycznego, ale i praktycznego dotyczącego sztucznej inteligencji, w szczególności w obszarze przedsiębiorczości technologicznej. To badanie rozwija dotychczasowe teorie przedsiębiorczości cyfrowej o nowe ramy koncepcyjne, mapujące wpływ sztucznej inteligencji na procesy, praktyki i rezultaty nowych przedsięwzięć. Można więc uznać, że dyfuzja technologii sztucznej inteligencji i innych technologii

cyfrowych nie będzie miała miejsca w izolacji, lecz jako część szerszej trajektorii zinterkonektowanych zmian gospodarczych (Tabela 2).

Tab. 2. Zdiagnozowane grupy tematów podejmowane w publikacjach oraz luki badawcze w zakresie powiązania sztucznej inteligencji ze zrównoważonym rozwojem przedsiębiorczości technologicznej

Wspólne obszary tematyczne publikacji	Zagadnienia podejmowane w ramach obszarów	Zidentyfikowane luki badawcze w poszczególnych tematach publikacji
1. Zrównoważona konsumpcja	– zrównoważone budownictwo,	Ad. 1. wykorzystanie technologii sztucznej inteligencji do uczynienia budynków bardziej ekologicznymi i zwiększenia poczucia odpowiedzialności ich mieszkańców wobec zrównoważonego rozwoju
2. Systemy Wspomagania Decyzji oparte na Sztucznej Inteligencji w zarządzaniu zasobami miejskim	– systemy wspomagania decyzji oparte na sztucznej inteligencji	Ad. 2. Wykorzystanie sztucznej inteligencji do niwelowania problemów miejskich, zwłaszcza zanieczyszczenia powietrza, gospodarki odpadami i zarządzania ściekami
3. Modele prognozowania	– zarządzanie wodą	Ad. 3.1. analizowanie wykorzystania sztucznej inteligencji w transporcie, na przykład w kontekście prognoz ruchu, planowania transportu publicznego
4. Kwestie ekonomiczne i procesowe	– rolnictwo 4.0	Ad. 3.2. analiza związków między zmianami klimatycznymi a sztuczną inteligencją w aspekcie powstawania dziedziny „klimatoinformatyki”
5. Systemy zautomatyzowane	– zrównoważone źródła energii	Ad. 3.3. wykorzystania sztucznej inteligencji w transporcie, w kontekście prognoz ruchu, czy planowania transportu publicznego
6. Zbieżność z technologią cyfrową	– zbieżność internetu rzeczy i sztucznej inteligencji	Ad. 4. należy zbadać, jaki wpływ będą miały sztuczna inteligencja i inne ekologiczne technologie na warunki pracy rolników i operatorów gospodarstw
	– ocena technologii odnawialnej energii,	Ad. 5. badanie trudności, jakie algorytmy i modele sztucznej inteligencji napotykają podczas próby oceny rozwiązań z zakresu odnawialnych źródeł energii
	– inteligentny kampus	Ad. 6. badanie w jaki sposób sztuczna inteligencja może być wykorzystana do praktycznego uczenia się i szkolenia dla różnych interesariuszy, rolników, mieszkańców i pracowników
	– optymalizacja energii	

Źródło: opracowanie własne na podstawie.

W przypadku tematu 1 kluczowe problemy obejmują znaczenie zrównoważonych budynków dla rozwoju inteligentnych miast oraz usług inteligentnych sieci energetycznych. Kwestia sztucznej inteligencji i jej zastosowania w podejmowaniu decyzji, ustalaniu cen, prognozowaniu i zrównoważonej konsumpcji jest omawiana w tym temacie. Aby osiągnąć zrównoważoność, różne nowoczesne technologie są związane z sztuczną inteligencją. Problemem, który może być szczególnie zaniebdany, jest wykorzystanie technologii sztucznej inteligencji do uczynienia budynków bardziej ekologicznymi i zwiększenia poczucia odpowiedzialności ich mieszkańców wobec zrównoważonego rozwoju. Jednym podejściem może być projektowanie systemów ostrzegawczych na czas rzeczywisty, aby zapewnić, że ludzie są zabezpieczeni przed nadmiernym zużyciem energii. Badania konwergencji traktują o tym, w jaki sposób zielona architektura jest unikalnie zdolna do radzenia sobie z złożonymi problemami, w tym efektywnością środowiskową, taką jak korzystanie z ekologicznego oświetlenia, naturalnej wentylacji, zacieniania, dachów zielonych i sztucznej inteligencji. Większość dotychczasowych badań skupia się na ekoprojektowaniu i pomija inne czynniki zielonej architektury.

Temat 2 odnosi się do zrównoważonego zarządzania zasobami miejskimi przy użyciu systemów wspomagania decyzji opartych na sztucznej inteligencji (AI-based DSSs). Konwencjonalne systemy wspomagania decyzji były krytykowane przez naukowców, którzy sugerowali alternatywy, a także innowacyjne podejścia do systemów wspomagania decyzji, zwłaszcza jeśli chodzi o usługi wodociągowe w inteligentnym mieście. Niwelowanie problemów miejskich, zwłaszcza zanieczyszczenia powietrza, gospodarki odpadami i zarządzania ściekami, jest zastosowane tutaj jako przykład, jak inteligentne zarządzanie energią przy wykorzystaniu sztucznej inteligencji poprawia zrównoważoność środowiskową.

Temat 3 zajmuje się związkiem między zmianami klimatycznymi a sztuczną inteligencją oraz powstaniem dziedziny klimatoinformatyki. Ten temat podkreśla rolę wiarygodnych i wyjaśnialnych algorytmów sztucznej inteligencji, kwestii, która jest marginalna w porównaniu z innymi zagadnieniami. W rezultacie potencjalnym kierunkiem przyszłych badań może być rozwijanie etycznej sztucznej inteligencji w innych obszarach, aby pomóc w zrównoważonym zarządzaniu energią. Jednym perspektywnym obszarem przyszłych badań jest zbieżność inteligentnych sieci, odnawialnych źródeł energii i technologii Piątej Generacji (5G), ponieważ te technologie mają potencjał generowania ogromnych ilości danych. Ponadto wydaje się wartościowe zanalizowanie wykorzystania sztucznej inteligencji w transporcie, na przykład w kontekście prognoz ruchu, planowania transportu publicznego, itp.

W temacie 4, Gupta i inni (2023) w swoich wnioskach badawczych wskazują na liczne problemy związane z "dobrobytem, zrównoważoną konsumpcją, prognozowaniem oraz zbieżnością z innymi technologiami zautomatyzowanymi i czasu rzeczywistego". Istnieje jedynie ograniczona liczba badań poświęconych precyzyjnemu rolnictwu i mapowaniu cyfrowemu, ale obie te dziedziny obiecują przyczynić się do lepszego zrozumienia środowiska i poprawy zarządzania energią. Precyzyjne rolnictwo, poprzez ocenę składu gleby, wykrywanie wilgotności powietrza i monitorowanie upraw, pozwala rolnikom wykorzystywać mapy cyfrowe do lepszego zarządzania energią i walki ze zmianami klimatycznymi. Inne związane obszary badawcze obejmują rozwijanie zautomatyzowanych środowisk pracy. Warto zbadać, jaki wpływ będą miały sztuczna inteligencja i inne ekologiczne technologie na warunki pracy rolników i operatorów gospodarstw, ponieważ sztuczna inteligencja może pomóc w głębszych rozważaniach na temat warunków pracy na farmach.

W temacie 5 omówiono zbieżne technologie IoT (Internet Rzeczy) i AI dla rozwoju inteligentnych miast. Głównym celem tego tematu było omówienie kwestii związanych z zrównoważoną konsumpcją, analizą cyklu życia (LCA) oraz rozwojem inteligentnych sieci energetycznych. Powszechne połączenie Wi-Fi, ze względu na zdolność do oszczędzania energii, odgrywa kluczową rolę w tym temacie. Dodatkowo istotnym problemem jest udostępnianie otwartych danych w zarządzaniu energią. Ocena technologii odnawialnych źródeł energii oparta na sztucznej inteligencji, takich jak systemy wspomagania decyzji (DSSs), problemy finansowe, zrównoważona konsumpcja oraz zautomatyzowane i systemy czasu rzeczywistego, to kwestie, które skupiają się na energii odnawialnej. Jedyny, potencjalny kierunek badań w tym temacie jest związany z wyzwaniami, jakie algorytmy i modele sztucznej inteligencji napotykają podczas próby oceny rozwiązań z zakresu odnawialnych źródeł energii. Inne zaawansowane systemy sztucznej inteligencji, takie jak głębokie uczenie, korzystają z uczenia nadzorowanego przy użyciu danych anotowanych przez ludzi, co ogranicza ich skuteczność w skomplikowanych sytuacjach, ale też analizy kierunków wykorzystania sztucznej inteligencji do nauczania.

Temat 6 obejmuje dyskusje naukowe o wykorzystaniu sztucznej inteligencji do systemów wspomagania decyzji w celu poprawy efektywności konwencjonalnych ocen systemów technologii odnawialnej energii. W dużym stopniu zrównoważona przyszłość będzie zależała od maksymalnego wykorzystania źródeł energii, które nie mogą być wyczerpane (Chen i in., 2021). Potrzebne są badania wskazujące w jaki sposób sztuczna inteligencja może być wykorzystana do praktycznego uczenia się i szkolenia różnych interesariuszy w firmach, rolników, czy zwykłych obywateli.

Podsumowanie

Wnioski praktyczne

Badanie wskazuje różne trendy do analizy naukowcom społecznym, inżynierom i decydentom zarówno tym w przedsiębiorstwach, jak i decydentom ustawodawczym. Inżynierowie mogą opracowywać zrównoważone produkty i usługi. Naukowcy mogą również włączać aspekty zrównoważonego rozwoju w swoje badania i prace nad nowymi kierunkami rozwoju przedsiębiorczości, przy wykorzystaniu sztucznej inteligencji. W swoich dyskusjach na temat sztucznej inteligencji zarówno praktycy, jak i naukowcy społeczni powinni także podkreślać problemy etyczne, w tym zrównoważoność. Dodatkowo, decydenci mogą tworzyć nowe prawa i inicjatywy polityczne mające na celu łagodzenie szkodliwych skutków niezrównoważonego środowiska dla wszystkich jego interesariuszy. Sztuczna inteligencja odgrywa istotną rolę w zapewnieniu przetrwania przyszłości poprzez wykorzystanie różnorodnych technologii odnawialnej energii, takich jak energia biomasy, energia wiatru, energia słoneczna, energia geotermalna, energia hydrologiczna, energia morska, bioenergia, energia wodoru oraz energia hybrydowa. Sztuczna inteligencja jest wykorzystywana do oceny rozwiązań odnawialnej energii na podstawie kosztów produkcji energii, śladu węglowego, dostępności odnawialnych zasobów oraz efektywności przekształcania energii.

Wyniki tej pracy badawczej mogą mieć istotny wpływ na zdolność zarządzania do skutecznego wyboru i łączenia technologii związanych z sztuczną inteligencją. Stanowi to dobry punkt wyjścia do przyszłych rozmów na temat postępu w określonych obszarach, a także ewidentnego efektu synergii i potencjału do implementacji sztucznej inteligencji do wielu obszarów zarządzania przedsiębiorstwem.

Wnioski naukowe

Badacze łączą różne technologie cyfrowe w celu promowania zrównoważoności w sektorze energetycznym poprzez zarządzanie budynkami, wodą, rolnictwem, internetem rzeczy i inteligentnymi kampusami.

Sześć oddzielnych, ale powiązanych tematów pokazuje, że zrównoważone rozwiązania oparte na sztucznej inteligencji można zaobserwować na różnych płaszczyznach behawioralnych, podejmowania decyzji, ekonomicznych, operacyjnych i technicznych. Na poziomie behawioralnym przedstawione są zmiany we wzorcach konsumpcji. Na poziomie podejmowania decyzji omówiona jest automatyzacja de-

cyzji. Z kolei na poziomie ekonomicznym pokazane jest personalizowane taryfowanie. Natomiast na poziomie operacyjnym rozważane są automatyzacja i operacje w czasie rzeczywistym a na poziomie technologicznym badana jest zbieżność sztucznej inteligencji z innymi technologiami. Wreszcie, na podstawie wyników analizy metod mieszanych, ostateczny wkład teoretyczny badania polega na zidentyfikowaniu i zaproponowaniu potencjalnych przyszłych obszarów badawczych w ramach dyskusji na temat wykorzystania sztucznej inteligencji w obszarze przedsiębiorczości technologicznej. Zidentyfikowane przestrzenie badawcze są podstawą do prowadzenia bardziej szczegółowych prac badawczych i formułowania wniosków z implementacji sztucznej inteligencji w zdywersyfikowanych obszarach dyscypliny przedsiębiorczość.

ORCID iD

Wioletta Czemiel-Grzybowska: <https://orcid.org/0000-0002-1590-0138>

Literatura

1. Bailetti T. (2012), *Technology Entrepreneurship: Overview, Definition, and Distinctive Aspects*, Technology Innovation Management Review, February, pp. 5-12.
2. Beckman C., Eisenhardt K., Kotha S., Meyer A., Rajagopalan N. (2012), *Technology entrepreneurship*, Strategic Entrepreneurship Journal 6 (2), pp. 89-93.
3. Belz F.M., Binder J.K. (2015), *Sustainable Entrepreneurship: A Convergent Process Model*, Business Strategy and the Environment 26 (1), pp. 1-17.
4. Bibri S.E., (2020), *The eco-city and its core environmental dimension of sustainability: green energy technologies and their integration with data-driven smart solutions*, Energy Informatics 3, pp.1–26.
5. Chen C., Hu Y., Marimuthu K., Kumar P.M. (2021), *Artificial intelligence on economic evaluation of energy efficiency and renewable energy technologies*, Sustainable Energy Technologies and Assessments 47, 101358.
6. Cieślík J. (2006), *Przedsiębiorczość dla ambitnych*, Wydawnictwa Akademickie i Profesjonalne, Warszawa.
7. Creswell J., Plano C.V. (2007), *Designing and Conducting Mixed Methods Research*, Sage, Thousand Oaks.
8. Czakon W., (2014). *Kryteria oceny rygoru metodologicznego badań w naukach o zarządzaniu*, Organizacja i Kierowanie, 1 (161).

9. Czemieli-Grzybowska W. (2015). *Analiza metod stosowanych w międzynarodowych badaniach przedsiębiorczości*, Przegląd Organizacji, 12 (911), s. 9-16.
10. Ertel W., Black N.T. (2018), *Introduction to artificial intelligence*, Springer International Publishing.
11. Greene J., Caracelli V., Graham W. (1989), *Towards a Conceptual Framework for Mixed Method Evaluation Designs*, Educational Evaluation and Policy Analysis, 11.
12. Gupta B.B., Gaurav A., Panigrahi P.K., Arya V., (2023), *Analysis of artificial intelligence-based technologies and approaches on sustainable entrepreneurship*, Technological Forecasting & Social Change 186, 122152.
13. Hossain A., Knorr G., Jokat W., Lohmann G. (2021), *Climate model results of Fram Strait widening sensitivity studies of COSMOS in NetCDF format*, PANGAEA.
14. Jha S.K., Bilalovic, J. Jha, A. Patel, N. Zhang, H. (2017), *Renewable energy: Present research and future scope of Artificial Intelligence*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 77, pp. 297-317.
15. Johnson B., Onwuegbuzie A., Turner L. (2007), *Toward a Definition of Mixed Methods Research*, Journal of Mixed Methods Research, 1, pp. 112-133.
16. Kurowska M., Matejun M. (2013), *Zjawisko przedsiębiorczości technologicznej w praktyce funkcjonowania małych i średnich przedsiębiorstw*, [w:] Lachiewicz S., Matejun M., Walecka A. (red.), *Przedsiębiorczość technologiczna w małych i średnich firmach. Czynniki rozwoju*, Wydawnictwo WNT, Warszawa, s. 115-142.
17. Lachiewicz S., Matejun M. (2012), *Rola kierownictwa średniego szczebla w procesie stymulowania przedsiębiorczości technologicznej*, E-wydawnictwo.
18. Lenart- Gansiniec R. (2021). *Systemtyczny przegląd literatury w naukach społecznych*, Wyd. Scholar, s. 29-42.
19. Lévesque M., Obschonka M., Nambisan, S. (2022), *Pursuing Impactful entrepreneurship research using artificial intelligence*, Entrepreneurship Theory & Practice, 46 (4).
20. Lumpkin G.T., Moss T.W., Gras D.M., Kato S., Amezcua A.S. (2013), *Entrepreneurial processes in social contexts: how are they different, if at all?*, Small Business Economy, 40, pp. 761-783.
21. Nichols S.P., Armstrong N.E. (2003), *Engineering entrepreneurship: Does entrepreneurship have a role in engineering education?*, IEEE Antennas and Propagation Magazine, 45 (1), pp. 134-138.
22. Paré G., Kitsiou S. (2017), *Chapter 9 Methods for Literature Reviews*, In: F. Lau, C. Kuziemsky (Eds.), *Handbook of eHealth Evaluation: An Evidence-Based Approach*, University of Victoria, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK481583>.
23. Petty N., Thomson O.P., Stew G. (2012), *Ready for a paradigm shift? Part 2: introducing qualitative research methodologies and methods*, Manual Therapy.

24. Piasecka I., Górka, A., Ostrowska-Ligęza E., Kalisz S.(2021), *The Study of Thermal Properties of Blackberry, Chokeberry and Raspberry Seeds and Oils*, Applied Sciences 11 (16), 7704.
25. Schaltegger S., Ludeke-Freund F., Hansen E.G. (2016), *Business Models for Sustainability: A Co-Evolutionary Analysis of Sustainable Entrepreneurship, Innovation, and Transformation*, Organization & Environment 29 (3).
26. Segal N.S. (1986), *Universities and technological entrepreneurship in Britain: some implications of the Cambridge phenomenon*, Technovation 4, pp. 189-204.
27. Stawasz E. (2007), *Stymulowanie przedsiębiorczości środowiska naukowego w Polsce*, ZN Uniwersytetu Szczecińskiego nr 453, Ekonomiczne Problemy Usług nr 8, Szczecin, s. 265-276.
28. Subotić V., Eibl M., Hochenauer C. (2021), *Artificial intelligence for time-efficient prediction and optimization of solid oxide fuel cell performances*, Energy Conversion and Management 230, 113764.
29. Szydło J. (2020), *Scientific reasoning in management. The role of abduction in research process design*, in: A. Michalkiewicz, W. Mierzejewska (eds.), *Contemporary organisation and management. Challenges and trends*, Uniwersytet Łódzki, Łódź.
30. Tashakkori A., Teddlie C. (2003), *Issues and Dilemmas in Teaching Research Methods Courses in Social and Behavioural Sciences: US Perspective*, International Journal of Social Research Methodology 6, pp. 61–77.
31. Tegmark M., Fuso Nerini F., (2020), *The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals*, Nature Communications.
32. Tidhar R., Eisenhardt K.M. (2020), *Get rich or die trying... Finding revenue model fit using machine learning and multiple cases*, Strategic Management Journal 41 (7), 1245-1273.
33. Van Wynsberghe A., (2021). *Sustainable AI: AI for sustainability and sustainability of AI*, AI Ethics 1 (3).
34. Vinuesa R., Azizpour H., Leite I., Bala, M., Dignum, V., Domisch S., Felländer A., Langhans S.D. (2020), *The role of artificial intelligence in achieving Sustainable Development Goals*, Nature Communications, 233.
35. Wang H., Liu Y., Zhou B., Li C., Cao G., Voropai N., Barakhtenko E. (2020), *Taxonomy research of artificial intelligence for deterministic solar power forecasting*, Energy Conversion Management.
36. Whalen C.J. (1987), *A Reason to Look beyond Neoclassical Economics: Some Major Shortcomings of Orthodox Theory*, Journal of Economic Issues, 21 (1), pp. 259-280.
37. Żemigala M., Czemieli-Grzybowska W., Walicka M., (2015), *Technology entrepreneurship - state of the art and future challenges*, Eurasian Journal of Social Sciences 3 (4), pp.10-21.

Trends in the development of technological entrepreneurship based on artificial intelligence

Abstract

Research in the field of technological entrepreneurship has significantly increased in the last two decades. Currently, it is increasingly intertwined with artificial intelligence. The development in the field of artificial intelligence has a positive, but unfortunately, also a negative impact on sustainable development. The current debate on sustainable development emphasizes the relevance of the environment, behavioral goals, and economic models in achieving the sustainable goals of the UN. Recently, researchers propose the use of algorithms and models based on artificial intelligence (AI) to achieve sustainable development goals. In this context, this study aims to identify the role of AI in aiding sustainable development in technological entrepreneurship. To achieve this goal, data was collected from the Web of Science and Scopus (2000-2023). A total of 1620 research articles were included as a reference point. The study presents findings from a narrative literature review, revealing research trends in the use of artificial intelligence in sustainable development of technological entrepreneurship. The results in the paper indicate that there is a positive relation between artificial intelligence and the development of various aspects of sustainable technological entrepreneurship.

Key words

technology entrepreneurship, sustainable development, artificial intelligence, industry 4.0