

Authors' contribution/
 Wkład autorów:
 A. Study design/
 Zaplanowanie badań
 B. Data collection/
 Zebranie danych
 C. Statistical analysis/
 Analiza statystyczna
 D. Data interpretation/
 Interpretacja danych/
 E. Manuscript preparation/
 Przygotowanie tekstu
 F. Literature search/
 Opracowanie
 piśmiennictwa
 G. Funds collection/
 Pozyskanie funduszy

THE CONCEPT OF "INDUSTRY 4.0" IN SOUTH-EASTERN POLAND IN THE OPINION OF ENTREPRENEURS: A PATH TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT OR A BARRIER TO GROWTH?

KONCEPCJA „PRZEMYSŁ 4.0” W POLSCE POŁUDNIOWO-WSCHODNIEJ W OPINII PRZEDSIĘBIORCÓW: DROGA DO ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU CZY BARIERA WZROSTU?

Piotr Frączek^{1,A-B,D-F}, **Mateusz Kaczmarski**^{1,A-B,D-E,G}, **Łukasz Popławski**^{1,A,E-F},
Janusz Kilar^{1,C-F}, **Monika Krawczyk**^{1,B-D,F}, **Jolanta Karolczuk**^{1,B,D,F}, **Jadwiga**
Skotnicka^{1,B-C,E-F}, **Małgorzata Potoczny**^{1,A-B,G}

¹Institute of Social Sciences, The Jan Grodek State University in Sanok, Polska
¹Instytut Nauk Społecznych, Państwowy Uniwersytet im. Jana Grodka w Sanoku, Polska

ORIGINAL ARTICLE
 JEL code: A13, G30, O14
 Submitted:
 November, 2025
 Accepted:
 January, 2026

Citation: Piotr Frączek, Mateusz Kaczmarski, Łukasz Popławski, Janusz Kilar, Monika Krawczyk, Jolanta Karolczuk, Jadwiga Skotnicka, Małgorzata Potoczny, The concept of "Industry 4.0" in south-eastern Poland in the opinion of entrepreneurs: a path to sustainable development or a barrier to growth? / Koncepcja „Przemysł 4.0” w Polsce południowo-wschodniej w opinii przedsiębiorców: droga do zrównoważonego rozwoju czy bariera wzrostu? (2026) / *Economic and Regional Studies / Studia Ekonomiczne i Regionalne*, 19(2), 272-289 <https://doi.org/10.2478/ers-2026-0016>

Tables: 7
 Figures: 0
 References: 35

Abstract

Subject and purpose of the work: The study aims to present the opinions of local entrepreneurs on technological changes within the concept of "Industry 4.0" and to identify the main determinants and barriers in the process of technological change in peripheral areas.

Materials and methods: The study was conducted among 133 local entrepreneurs from the districts of Brzozów, Sanok, Lesko, and Bieszczady, located in south-eastern Poland.

Results: The study found that the biggest barriers to the introduction of the Industry 4.0 concept in peripheral areas were budget constraints, employee resistance to change, and employee fears of job loss. On the other hand, the determinants for introducing the concept were the pursuit of a sustainable development policy, the existence of a local ecosystem supporting innovation, cooperation with the science sector, and investments in technological infrastructure.

Conclusions: The research showed that entrepreneurs in peripheral areas are only in the early stages of digital transformation or are not planning it at all.

Keywords: industry 4.0, technological changes, peripheral areas, southeastern Poland

ORYGINALNY ARTYKUŁ
 NAUKOWY
 Klasyfikacja JEL: A13,
 G30, O14
 Zgłoszony:
 listopad, 2025
 Zaakceptowany:
 styczeń, 2026

Tabele: 7
 Rysunki: 0
 Literatura: 35

Address for correspondence / Adres korespondencyjny: Piotr Frączek, Institute of Social Sciences, The Jan Grodek State University in Sanok, ul. Mickiewicza 21, 38-500, Sanok, Polska; (email: pfraczek@up-sanok.edu.pl), ORCID 0000-0001-8332-5801

Journal included in: AgEcon Search; AGRO; Arianta; Baidu Scholar; BazEkon; Cabell's Journalytics; CABI; CNKI Scholar; CNPIEC – cnpLINKer; Dimensions; DOAJ; EBSCO; ERIH PLUS; ExLibris; Google Scholar; Index Copernicus International; J-Gate; JournalTOCs; KESLI-NDL; MIAR; MyScienceWork; Naver Academic; Naviga (Softweco); Polish Ministry of Science and Higher Education; QOAM; ReadCube, Research Papers in Economics (RePEc); SCILIT; Scite; SCOPUS, Semantic Scholar; Sherpa/RoMEO; TDNet; Ulrich's PeriodicalsDirectory/ulrichsweb; WanFang Data; WorldCat (OCLC); X-MOL.

Copyright: © 2025, The Authors. Publisher: John Paul II University in Białą Podlaska, Poland.

Streszczenie

Przedmiot i cel pracy: Celem badania jest przedstawienie opinii lokalnych przedsiębiorców na temat zmian technologicznych w ramach koncepcji „Przemysłu 4.0” oraz identyfikacja głównych determinant i barier w procesie zmian technologicznych na obszarach peryferyjnych.

Materiały i metody: Badanie przeprowadzono wśród 133 lokalnych przedsiębiorców z powiatów brzozowskiego, sanockiego, leskiego i bieszczadzkiego, położonych w południowo-wschodniej Polsce.

Wyniki: Badanie wykazało, że największymi barierami wdrażania koncepcji Przemysłu 4.0 na obszarach peryferyjnych były ograniczenia budżetowe, opór pracowników przed zmianami oraz obawy pracowników przed utratą pracy. Natomiast determinantami wdrożenia koncepcji były: realizacja polityki zrównoważonego rozwoju, istnienie lokalnego ekosystemu wspierającego innowacje, współpraca z sektorem nauki oraz inwestycje w infrastrukturę technologiczną.

Wnioski: Badania wykazały, że przedsiębiorcy na obszarach peryferyjnych są dopiero na wczesnym etapie transformacji cyfrowej lub w ogóle jej nie planują.

Słowa kluczowe: przemysł 4.0, zmiany mechaniczne, peryferyjne, Polska południowo-wschodnia

Introduction

Innovation processes in the economy have always been at the very centre of interest in economics and management sciences. There are numerous publications in academic literature that address interorganisational collaboration and innovation, including corporate innovation (see, e.g., Pietruszka-Ortyl 2019; Aluchna et al. 2013; Bratnicka, 2014; Wallis, 2016). This is likely due to the fact that innovation and various dimensions of cooperation between organisations are viewed as determinants of corporate efficiency and as a driving force behind the economic and social growth of specific territorial areas. In recent years, the global economy has been implementing a concept known as Industry 4.0, which aims to revolutionise the way industry operates technologically through digitisation. In many countries, Industry 4.0 is viewed as a phenomenon that will significantly alter the economic landscape at the local, regional, and global levels. However, before this concept became firmly established in literature, many authors (see, e.g., Moczydłowska 2023; Walicka, Czemieli-Grzybowska 2023; Rządkowski, Sidor-Rządkowska 2024; Januszewska, Fetela 2024) began to formulate the principles of the Industry 5.0 concept, an evolution of Industry 4.0 that emphasises the design of innovative solutions and crisis-resilient, human-centred sustainable development. The question therefore arises as to whether the academic discussion regarding the Industry 4.0 concept in the context of economic development

Wprowadzenie

Procesy innowacyjne w gospodarce zawsze pozostawały w ścisłym centrum zainteresowania nauk ekonomicznych oraz nauk o zarządzaniu. W obiegu naukowym istnieje wiele publikacji, które odnoszą się do współpracy międzyorganizacyjnej oraz innowacyjności, w tym innowacyjności przedsiębiorstw (zob. m.in. Pietruszka-Ortyl 2019; Aluchna i in. 2013; Bratnicka, 2014; Wallis, 2016). Zapewne wynika to z faktu, że innowacje oraz różne wymiary kooperacji pomiędzy organizacjami, są traktowane jako determinanta wzrostu efektywności przedsiębiorstw oraz siła napędowa wzrostu gospodarczo-społecznego poszczególnych obszarów terytorialnych. W ostatnich latach w światowej gospodarce wdrażana jest koncepcja pod nazwą Przemysł 4.0., która w swoim założeniu rewolucjonizuje sposób funkcjonowania przemysłu pod względem technologicznym poprzez cyfryzację. W wielu krajach Przemysł 4.0. jest postrzegany jako zjawisko, które w znacznym stopniu zmieni krajobraz gospodarczy w ujęciu lokalnym, regionalnym, a także globalnym. Jednak zanim koncepcja ta na dobre zdomowała się w literaturze przedmiotu, wielu autorów (zob. m.in. Moczydłowska 2023; Walicka, Czemieli-Grzybowska 2023; Rządkowski, Sidor-Rządkowska 2024; Januszewska, Fetela 2024) zaczęło formułować założenia koncepcji Przemysł 5.0. będącej ewolucją koncepcji Przemysł 4.0., która kładzie nacisk na projektowanie innowacyjnych rozwiązań i zrównoważonego rozwoju odpornego na kryzysy, opartego na człowieku. Powstaje zatem pytanie, czy dyskusja naukowa dotycząca koncepcji

and technological change is still relevant, particularly as the Industry 5.0 concept is currently being developed. In peripheral areas, characterised by a lower level of socio-economic development, it remains relevant. In this context, peripherality is understood as a state of lag relative to more developed regions (for further details, see Idczak 2013; Demianiuk, Szymańska 2016; Wilkin 2003; Feser, Malizia 1999). This view is supported by the statement of American writer William F. Gibson: *"The future is already here – it's just not evenly distributed"* (Gibson 2003), which highlights inequalities in access to progress across different societies and territorial areas.

Literature Review

Groundbreaking technological changes have always altered the manner and structure of production processes. In literature, these changes are referred to as industrial revolutions (for more details, see, e.g., Chalvantharan, 2023; Eason et al., 1955; Moloi, Marwala, 2020). The First Industrial Revolution began in the 18th century and was linked to the invention of the steam engine (Lu 2017, pp. 1-10). This process significantly transformed the economy, which had been based on agriculture and artisanal production, replacing them with mechanised production utilising water and steam power. The Second Industrial Revolution emerged at the turn of the 19th and 20th centuries and was linked to the development of electricity, which enabled mass production and increased the manufacturing efficiency of enterprises. This period also saw the development of numerous management processes that increased productivity, including through the division of labour, in which each worker performs a specific part of the overall work (Ślusarczyk 2019, pp. 5-6). The First and Second Industrial Revolutions led to increased prosperity among workers and urbanisation. The Third Industrial Revolution emerged in the late 1960s and was linked to advances in the development of computers and electronics. These changes enabled even greater automation and optimisation of production

Przemysł 4.0. w kontekście rozwoju gospodarczego i zmian technologicznych jest ciągle zasadna, w szczególności gdy rozwijana jest obecnie koncepcja Przemysł 5.0. Na obszarach peryferyjnych, charakteryzujących się niższym poziomem rozwoju społeczno-gospodarczego jest to ciągle zasadne. W tym ujęciu peryferyjność rozumiana jest jako stan opóźnienia do regionów bardziej rozwiniętych (szerzej zob. Idczak 2013; Demianiuk, Szymańska 2016; Wilkin 2003; Feser, Malizia 1999). Potwierdzeniem takiego stanowiska może być stwierdzenie amerykańskiego pisarza Williama F. Gibsona *"The future is already here – it's just not evenly distributed"* (Gibson 2003), który zwraca uwagę na nierówności w dostępie do postępu w poszczególnych społeczeństwach czy obszarach terytorialnych.

Przegląd literatury

Przełomowe zmiany technologiczne od zawsze zmieniały sposób i strukturę organizacji procesów produkcyjnych. W literaturze zmiany te określane są mianem rewolucji przemysłowych (szerzej zob. m.in. Chalvantharan, 2023; Eason i in. 1955; Moloi, Marwala, 2020). Pierwsza rewolucja przemysłowa rozpoczęła się w XVIII wieku i miała związek z wynalezieniem silnika parowego (Lu 2017, s. 1-10). Proces ten znacząco zmienił gospodarkę opartą na rolnictwie oraz produkcji rzemieślniczej, które zostały zastąpione przez produkcję zmechanizowaną z wykorzystaniem energii wodnej i parowej. Druga rewolucja przemysłowa pojawiła się na przełomie XIX i XX wieku i związana była z rozwojem elektryczności, która umożliwiała produkcję masową oraz zwiększenie efektywności wytwórczej przedsiębiorstw. W tym okresie nastąpił również rozwój wielu procesów zarządzania, które umożliwiły zwiększenie wydajności m.in. poprzez podział pracy w którym każdy pracownik wykonuje część całości pracy (Ślusarczyk 2019, s. 5-6). Pierwsza i druga rewolucja przemysłowa doprowadziły do wzrostu zamożności pracowników oraz urbanizacji. Trzecia rewolucja przemysłowa pojawiła się pod koniec lat 60-tych XX wieku i związana była z postęпом w zakresie rozwoju komputerów i elektroniki. Zmiany te pozwoliły na jeszcze większą niż w drugiej fazie, automatyzację i optymalizację procesów produkcyjnych, znaną jako programowalne systemy sterowania logicznego, prowadzące do

processes than in the second phase, known as programmable logic control systems, leading to increased efficiency and improved quality (Müller et al. 2018, pp. 2-17). The next stage of change was the digital revolution known as Industry 4.0, which was formulated in Germany as early as in 2011 and was an attempt by the German government to address the negative effects of the economic crisis. The term Industry 4.0 (German: Industrie 4.0) first appeared in an article published in November 2011 by the German government, stemming from an initiative regarding the high-tech strategy for 2020 (Ślusarczyk, 2019, p. 4). Currently, the term Industry 4.0, referring to the fourth wave of the industrial revolution, has come to denote the digital transformation of the manufacturing process. Many definitions of the Industry 4.0 concept appear in scientific literature; one of them, by H. Lasi, indicates that "Industry 4.0 describes the growing digitisation and automation of the production environment, as well as the creation of digital value chains to enable communication between products, the environment, and business partners" (Lasi et al., 2014, pp. 239-242). Thus, this paradigm of industrial change encompasses digital manufacturing, networked communication, computer technologies, and automation, as well as many other areas of business activity (see also, e.g., Kiełtyka, Charciarek 2019).

The Industry 4.0 concept is based on the premise of implementing digital technologies and automating manufacturing processes. The technologies used within the Industry 4.0 concept include, among others: the Internet of Things (IoT); Big Data; Artificial Intelligence; Robotic Process Automation; Cloud computing; Virtual Reality; Additive Manufacturing (for more details, see Kaczmar-Kolny, Pośpiech 2023; Gajdzik, Grabowska 2018; Różanowski 2007; Szajna et al. 2018).

Objective

The objective of this article is to present the opinions of local entrepreneurs from the Brzozów, Sanok, Lesko, and Bieszczady counties located in southern Poland, which, due to their economic and social conditions, can be considered peripheral areas regarding technological changes within the "Industry 4.0" concept. The article also

większej wydajności i poprawy jakości (Müller i in. 2018, s. 2-17). Kolejnym etapem zmian była rewolucja przemysłowa nazywana Przemysł 4.0., która została sformułowana w Niemczech już w 2011 r. i była próbą odpowiedzi rządu niemieckiego na negatywne skutki kryzysu gospodarczego. Termin Przemysł 4.0. (ang. Industrie 4.0) pojawił się po raz pierwszy w artykule opublikowanym w listopadzie 2011 r. przez niemiecki rząd, co wynikało z inicjatywy dotyczącej strategii high-tech (wysokiej technologii) na 2020 rok (Ślusarczyk, 2019, s. 4). Obecnie terminem Przemysł 4.0. odnoszącym się do czwartej fali rewolucji przemysłowej, zaczęto określać cyfrową transformację procesu wytwórczego. W literaturze naukowej pojawia się wiele definicji koncepcji Przemysł 4.0., jedna z nich autorstwa H. Lasi wskazuje, że „Industry 4.0 opisuje rosnącą cyfryzację i automatyzację środowiska produkcyjnego, a także tworzenie cyfrowych łańcuchów wartości w celu umożliwienia komunikacji między produktami, środowiskiem i partnerami biznesowymi” (Lasi i in., 2014, p. 239-242). Zatem ten paradygmat zmian przemysłowych swoim zakresem obejmuje produkcję cyfrową, sieciową komunikację, technologie komputerowe i automatyzację, ale także wiele innych obszarów działalności firm (zob. także m.in. Kiełtyka, Charciarek 2019).

Koncepcja Przemysł 4.0. opiera się na założeniu wdrażania technologii cyfrowych oraz automatyzacji procesów wytwórczych. W skład technologii wykorzystywanych w ramach koncepcji Przemysł 4.0. zaliczyć można między innymi technologie takie jak: Internet of Things, IoT; Big Data; Artificial Intelligence; Robotic Process Automation; Cloud computing; Virtual Reality; Additive Manufacturing (szerzej zob. Kaczmar-Kolny, Pośpiech 2023; Gajdzik, Grabowska 2018; Różanowski 2007; Szajna i in. 2018).

Cel

Celem prezentowanego artykułu jest przedstawienie opinii lokalnych przedsiębiorców z terenu powiatów brzozowskiego, sanockiego, leskiego i bieszczadzkiego zlokalizowanych w Polsce południowo-wschodniej, które ze względu na swoje uwarunkowania ekonomiczno-społeczne można potraktować jako obszary peryferyjne, na temat

aims to identify, in the entrepreneurs' view, the main determinants and barriers to the development of the Industry 4.0 concept in peripheral areas. Furthermore, the article attempts to answer the question of whether the knowledge of local entrepreneurs and their attitude toward technological changes within the Industry 4.0 concept are a path to sustainable development or a barrier to economic growth in the local area. The research was conducted between February and May 2025 as part of the Science for Society II programme, funded by the Ministry of Science and Higher Education. The study included 133 randomly selected local entrepreneurs, and the research tool was a questionnaire containing 43 questions. The collected data were analysed using IBM SPSS Statistics.

Survey results:

The entrepreneurs participating in the survey were mainly males 49 years of age or younger.

zmian technologicznych w ramach koncepcji „Przemysł 4.0”. Artykuł ma również wskazać, jakie w opinii przedsiębiorców są główne determinanty i bariery rozwoju koncepcji Przemysł 4.0 na obszarach peryferyjnych. Ponadto w artykule podjęto próbę odpowiedzi na pytanie czy wiedza lokalnych przedsiębiorców oraz ich stosunek do zmian technologicznych w ramach koncepcji Przemysł 4.0. są drogą do zrównoważonego rozwoju czy też barierą wzrostu gospodarczego na lokalnym obszarze. Badania naukowe zostały przeprowadzone w okresie II-V.2025 r. w ramach programu Nauka dla Społeczeństwa II, finansowego przez MNiSW. Badaniem objęto losowo dobranych 133 lokalnych przedsiębiorców, a narzędziem badawczym był kwestionariusz ankiety zawierający 43 pytania. Zebrany materiał poddano analizie z wykorzystaniem IBM SPSS Statistics.

Wynik badania:

Przedsiębiorcy uczestniczący w badaniu ankietowym to głównie mężczyźni w wieku do 49 lat.

Table 1. Respondent age and company location

Tabela 1. Wiek respondenta a siedziba przedsiębiorstwa

Location of the surveyed entity Siedziba podmiotu ankietowanego	Respondent age Total Wiek respondenta					Final total Suma końcowa
	up to 29 years of age do 29 lat	30-39 years of age 30-39 lat	40-49 years of age 40-49 lat	50-59 years of age 50-59 lat	60 years of age and older 60 lat i więcej	
Bieszczady County powiat bieszczadzki	5	3	5	4	1	18
kobieta	2	1	1	2	1	
mężczyzna	3	2	4	2		
Brzozów County powiat brzozowski	14	10	9	4	2	39
kobieta	5	3	2		1	
mężczyzna	9	7	7	4	1	
Leski County powiat leski	10	3	3	3		19
kobieta	4	1	2	2		
mężczyzna	6	2	1	1		
Sanok County powiat sanocki	10	18	21	5	3	57
kobieta	1	4	7	2		
mężczyzna	9	14	14	3	3	
Final total Suma końcowa	39	34	38	16	6	133

Source: author's own compilation.

Źródło: opracowanie własne.

A significant majority of respondents had a college degree (80 respondents, i.e. 60% of the total), while 52 respondents had a high school diploma, and only one person had a vocational certificate.

The surveyed entrepreneurs are primarily individuals holding senior positions within companies; 44 of the surveyed entrepreneurs (33% of the total) stated that they hold the position of CEO or are part of the management team, while 60 of the total respondents indicated that they currently work in specialist or expert roles (45% of the total). This structure of the respondents' education, work experience, and positions held may indirectly indicate that the surveyed entrepreneurs should be aware of the importance of the technological changes currently taking place in production processes.

The majority of survey respondents represented micro-enterprises employing fewer than 10 employees (33 respondents, i.e. 26% of the total) and small enterprises (10-49 employees; 45 respondents, i.e. 34% of the total). In 2023, these enterprises generated revenues of up to PLN 20 million (69 respondents, i.e. 52% of the total). This means that the size of the surveyed enterprises, as well as the scale of their revenues, may constitute a limitation in the implementation of the Industry 4.0 concept. Technologies related to the Industry 4.0 concept were designed for large enterprises and were only later implemented in the SME sector, and their implementation costs are high.

The type of business activity in the surveyed enterprises is presented in the table below.

Znacząca większość badanych posiadała wyższe wykształcenie (80 respondentów tj. 60% ogółu), a 52 respondentów posiadało wykształcenie średnie i tylko jedna osoba posiadała wykształcenie zasadnicze zawodowe.

Badani przedsiębiorcy to osoby zajmujące przeważnie wysokie stanowiska w przedsiębiorstwach, 44 badanych przedsiębiorców (33% ogółu) zadeklarowało, że zajmują stanowiska prezesów bądź stanowią kadrę kierowniczą, zaś 60 osób z ogółu badanych wskazało, że pracuje obecnie na stanowiskach specjalistycznych bądź eksperckich (45% ogółu). Taka struktura wykształcenia badanych, ich stażu pracy czy zajmowanych stanowisk, może pośrednio wskazywać, że badani przedsiębiorcy powinni być świadomi wagi zmian technologicznych obecnie zachodzących w procesach produkcyjnych.

Osoby objęte badaniem ankietowym w większości reprezentowały przedsiębiorstwa mikro zatrudniające mniej niż 10 pracowników (33 respondentów, tj. 26% ogółu) i małe (10-49 pracowników; 45 respondentów tj. 34% ogółu). Przedsiębiorstwa te w roku 2023 generowały przychody w wysokości do 20 mln zł (69 respondentów, tj. 52% ogółu). Oznacza to, że rozmiar badanych przedsiębiorstw, a także skala ich przychodów może stanowić ograniczenie we wdrażaniu koncepcji Przemysł 4.0. Technologie związane z koncepcją Przemysł 4.0. zostały bowiem zaprojektowane dla dużych przedsiębiorstw, a dopiero później były implementowane do sektora MŚP i ich koszt wdrożenia jest wysoki.

Rodzaj prowadzonej działalności w badanych przedsiębiorstwach przedstawia poniższa tabela.

Table 2. Type of business activity among the surveyed enterprises**Tabela 2.** Rodzaj prowadzonej działalności wśród badanych przedsiębiorstw

Type of business activity according to GUS – PKD Rodzaj prowadzonej działalności wg GUS – PKD	Number of enterprises Liczba przedsiębiorstw	Percentage share Udział procentowy
Section A. Agriculture, forestry, hunting, and fishing Seksja A. Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybactwo	9	7%
Section B. Mining and quarrying Seksja B. Górnictwo i wydobywanie	2	2%
Section C. Manufacturing Seksja C. Przetwórstwo przemysłowe	34	26%
Section D. Production and supply of electricity, gas, steam, hot water, and air for air conditioning systems Seksja D. Wytwarzanie i zaopatrywanie w energię elektryczną, gaz, parę wodną, gorącą wodę i powietrze do układów klimatyzacyjnych	3	2%
Section E. Water supply, sewage and waste management, remediation activities Seksja E. Dostawa wody; gospodarowanie ściekami i odpadami oraz działalność związana z rekultywacją	3	2%
Section F. Construction Seksja F. Budownictwo	18	14%
Section G. Wholesale and retail trade, repair of motor vehicles, including motorcycles Seksja G. Handel hurtowy i detaliczny; naprawa pojazdów samochodowych, włączając motocykle	7	5%
Section H. Transportation and storage Seksja H. Transport i gospodarka magazynowa	8	6%
Section I. Accommodation and food service activities 5 4%	5	4%
Seksja I. Działalność związana z zakwaterowaniem i usługami gastronomicznymi		
Section J. Information and communication Seksja J. Informacja i komunikacja	5	4%
Section K. Financial and insurance activities Seksja K. Działalność finansowa i ubezpieczeniowa	5	4%
Section L. Real estate activities Seksja L. Działalność związana z obsługą rynku nieruchomości	1	1%
Section M. Professional, scientific, and technical activities Seksja M. Działalność profesjonalna, naukowa i techniczna	8	6%
Section N. Administrative and support service activities Seksja N. Działalność w zakresie usług administrowania i działalność wspierająca	2	2%
Section O. Public administration and defence, compulsory social security Seksja O. Administracja publiczna i obrona narodowa; obowiązkowe zabezpieczenia społeczne	10	8%
Section P. Education Seksja P. Edukacja	2	2%
Section Q. Health care and social assistance Seksja Q. Opieka zdrowotna i pomoc społeczna	3	2%
Section R. Cultural, entertainment, and recreational activities Seksja R. Działalność związana z kulturą, rozrywką i rekreacją	3	2%
Section S. Other service activities Seksja S. Pozostała działalność usługowa	5	4%
Total Suma końcowa	133	100%

Source: author's own analysis.

Źródło: opracowanie własne.

The surveyed companies were mainly engaged in industrial processing (34 respondents, i.e. 26% of the total) and construction (18 respondents, i.e. 14% of the total).

Most local companies had no foreign capital in their structure.

Badane przedsiębiorstwa zajmowały się głównie działalnością w zakresie przetwórstwa przemysłowego (34 respondentów, tj. 26% ogółu) oraz budownictwa (18 respondentów, tj. 14% ogółu).

Lokalne firmy w większości nie posiadały udziału kapitału zagranicznego w swojej strukturze.

Table 3. Share of foreign capital in the surveyed companies

Tabela 3. Udział kapitału zagranicznego w ankietowanych przedsiębiorstwach

Market generating the company's main revenue Rynek generujący główne przychody przedsiębiorstwa	minority share of foreign capital in the company mniejszościowy udział kapitału zagranicznego w przedsiębiorstwie	majority share of foreign capital in the company większościowy udział kapitału zagranicznego w przedsiębiorstwie	no foreign capital in the company w przedsiębiorstwie nie ma udziału kapitału zagranicznego	not applicable nie dotyczy	Total Suma końcowa
Global światowy	1	7	1	1	10
European europejski	3	5	4	5	17
Domestic krajowy	8	3	28	16	55
Regional regionalny			23	18	41
Not applicable nie dotyczy				10	10
Total Łącznie	12	15	56	50	133

Source: author's own analysis.

Źródło: opracowanie własne.

Foreign capital was generally absent from the capital structure of the surveyed companies (56 responses, i.e. 42% of the total), and only 15 entrepreneurs (11% of the total) indicated that foreign capital constitutes the majority of the company's capital structure. Furthermore, it was determined that the main revenues of the surveyed companies come from the domestic market (55 companies, i.e. 41% of the total).

During the study, it was found that more than half of the surveyed entrepreneurs (74 people, i.e. 56% of the total) indicated that they were familiar with the term Industry 4.0. Entrepreneurs also indicated which technologies within the Industry 4.0 concept they were familiar with. The most well-known technologies among respondents were additive manufacturing (225 mentions, i.e. 14% of the total; *number of mentions*

W strukturze kapitałowej badanych przedsiębiorstw zazwyczaj nie występował kapitał zagraniczny (56 odpowiedzi, tj. 42 % ogółu), a jedynie 15 przedsiębiorców (11% ogółu) wskazało, że kapitał zagraniczny stanowi większość w strukturze kapitału przedsiębiorstwa. Ponadto udało się ustalić, że główne przychody badanych przedsiębiorstw pochodzą z rynku krajowego (55 przedsiębiorstw, tj. 41% ogółu).

W trakcie prowadzonych badań ustalono, że ponad połowa badanych przedsiębiorców (74 osoby, tj. 56% ogółu) wskazała, że zna określenie Przemysł 4.0. Przedsiębiorcy wskazali również, które z technologii z obszaru koncepcji Przemysł 4.0. są im znane. Najbardziej znaną technologią wśród respondentów było wytwarzanie przyrostowe (225 wskazań, tj. 14% ogółu; *liczba wskazań ≠ liczba respondentów, pytanie wielokrotnego*

≠ number of respondents, multiple-choice question), Big Data and AI (217 mentions, i.e. 13% of the total; number of mentions ≠ number of respondents, multiple-choice question), and intelligent robotisation and autonomous vehicles (207 mentions, i.e. 13% of the total number of mentions ≠ number of respondents, multiple-choice question).

Entrepreneurs from the Brzozów, Sanok, Lesko, and Bieszczady counties indicated that, in their opinion, technologies related to the Industry 4.0 concept, such as smart robotics and autonomous vehicles (42 responses, i.e. 32% of the total), as well as Big Data and AI (38 responses, i.e. 29% of the total), will have the greatest impact on the competitiveness of the economy in the future.

wyboru), BigData i AI (217 wskazań, tj. 13% ogółu; liczba wskazań ≠ liczba respondentów, pytanie wielokrotnego wyboru) oraz inteligentna robotyzacja i pojazdy autonomiczne (207 wskazań, tj. 13% ogółu liczba wskazań ≠ liczba respondentów, pytanie wielokrotnego wyboru).

Przedsiębiorcy z terenu powiatów brzozowskiego, sanockiego, leskiego i bieszczadzkiego wskazywali, że w ich opinii technologie z zakresu koncepcji Przemysł 4.0., takie jak inteligentna robotyzacja i pojazdy autonomiczne (42 odpowiedzi, tj. 32% ogółu) oraz BigData i AI (38 odpowiedzi, tj. 29% ogółu) będą miały największy wpływ na konkurencyjność gospodarki w przyszłości.

Table 4. Technologies with the least and greatest impact on the competitiveness of economies in the future, according to respondents

Tabela 4. Technologie o najmniejszym i największym wpływie na konkurencyjność gospodarek w przyszłości w opinii respondentów

Technology Technologia	Technology with the least impact Technologia z najmniejszym wpływem		Technology with the greatest impact Technologia z największym wpływem	
	Number of response Liczba odpowiedzi	Percentage Value Wartość procentowa	Number of responses Liczba odpowiedzi	Percentage Wartość procentowa
Big Data and AI BigData i AI	13	10%	38	29%
Cloud Computing Cloud Computing	14	11%	1	1%
Cybersecurity Cyberbezpieczeństwo	11	8%	11	8%
Systems integration Integracja systemów	5	4%	19	14%
Smart robotics and autonomous vehicles Inteligentna robotyzacja i pojazdy autonomiczne	25	19%	42	32%
Industrial Internet of Things Przemysłowy Internet Rzeczy	14	11%	5	4%
Augmented and Virtual Reality Rozszerzona i wirtualna rzeczywistość	24	18%	6	5%
Simulation Symulacja	12	9%	9	7%
Additive Manufacturing Wytwarzanie przyrostowe	15	11%	2	2%
Total Suma końcowa	133	100	133	100

Source: author's own analysis.

Źródło: opracowanie własne.

However, in the respondents' opinion, the least viable applications in their companies – given the conditions characteristic of peripheral areas – will be intelligent robotisation and autonomous vehicles (25 responses, i.e. 19% of the total), as well as augmented and virtual reality (24 responses, 18.0% of the total).

An important element of the study was determining which Industry 4.0 technologies are currently used in companies in the surveyed peripheral areas.

Natomiast w opinii respondentów najmniej zasadne będzie w ich firmach, uwzględniając uwarunkowania charakterystyczne dla obszarów peryferyjnych, zastosowanie inteligentnej robotyzacji i pojazdów autonomicznych (25 odpowiedzi, tj. 19% ogółu) oraz rozszerzonej i wirtualnej rzeczywistości (24 odpowiedzi, 18,0% ogółu).

Istotnym elementem badań było ustalenie, które z technologii Przemysłu 4.0. są obecnie wykorzystywane w przedsiębiorstwach z badanych obszarów peryferyjnych.

Table 5. Industry 4.0 technologies currently used in the surveyed companies

Tabela 5. Technologie „Przemysłu 4.0”, które są obecnie wykorzystywane w badanych przedsiębiorstwach

Industry 4.0 technologies Technologie „Przemysłu 4.0”	Number of responses* Liczba odpowiedzi*	Percentage share Udział procentowy
System integration Integracja systemów	42	17%
Big Data and AI BigData i AI	27	11%
Cloud Computing Cloud Computing	21	8%
Cybersecurity Cyberbezpieczeństwo	70	28%
Smart robotics and autonomous vehicles Inteligentna robotyzacja i pojazdy autonomiczne	24	10%
Industrial Internet of Things Przemysłowy Internet Rzeczy	19	8%
Augmented and virtual reality Rozszerzona i wirtualna rzeczywistość	5	2%
Simulation Symulacja	36	14%
Additive manufacturing Wytwarzanie przyrostowe	6	2%
Total Suma końcowa	250	100%

*The number of responses does not equal the number of respondents, as the question allowed for multiple selections.

*Liczba odpowiedzi nie równa się liczbie respondentów, gdyż pytanie miało charakter wielokrotnego wyboru.

Source: author's own analysis.

Źródło: opracowanie własne.

Among the surveyed entrepreneurs, the technologies currently used in their companies mainly include cybersecurity (70 mentions, 28% of the total), systems integration (42 mentions, 17% of the total), and simulation technologies (36 mentions, 14% of the total).

It should be clearly noted that half of the respondents (67 people, i.e. 50% of the total) considered the Industry 4.0 concept to be a significant issue that could have a major impact on

Wśród badanych przedsiębiorców, w ich firmach wykorzystywane są głównie obecnie takie technologie jak cyberbezpieczeństwo (70 wskazań, 28% ogółu), integracja systemów (42 wskazań, 17% ogółu) oraz technologie związane z symulacjami (36 wskazań, 14% ogółu).

Jednoznacznie należy zauważyć, że połowa respondentów (67 osób, tj. 50% ogółu) uznała, że koncepcja Przemysł 4.0. jest istotnym zagadnieniem, które może wywrzeć istotny wpływ na

industry, public administration, and the reality around us. As many as 38 entrepreneurs (29% of the total) considered these issues to be very important. This indicates that local entrepreneurs are well aware of how Industry 4.0 technologies will influence production processes in the future, as well as public administration more broadly.

Many authors conducting research on the Industry 4.0 concept have pointed out that high financial costs associated with implementing these solutions may act as a barrier to digitisation and technological progress.

przemysł, administrację publiczną oraz na otaczającą nas rzeczywistość. Zagadnienia te za bardzo istotne uznało aż 38 przedsiębiorców (29% ogółu). Oznacza to, że lokalni przedsiębiorcy mają istotną świadomość tego jak technologie Przemysł 4.0. będą wpływały na procesy produkcyjne w przyszłości, a także szerzej na administrację publiczną.

Wielu autorów prowadzących badania w zakresie koncepcji Przemysł 4.0. wskazywało, że barierą cyfryzacji i postępu technologicznego mogą być wysokie koszty finansowe wdrażania tych rozwiązań.

Table 6. Main barriers to implementing the Industry 4.0 concept, according to respondents

Tabela 6. Główne bariery we wprowadzaniu koncepcji Przemysł 4.0 w opinii respondentów

Barriers Bariery	Number of responses* Liczba odpowiedzi*
Budget constraints Ograniczenia budżetowe	75
Employee resistance to change Niechęć pracowników do zmian	58
Limitations in employee competencies Ograniczenia w kompetencjach pracowników	39
IT security at the facility and/or the need to protect sensitive/strategic information Bezpieczeństwo IT w zakładzie i/lub konieczność ochrony informacji wrażliwych/strategicznych	14
Complex coordination of changes implemented across different departments Skomplikowana koordynacja zmian wprowadzanych w różnych pionach	21
Difficulties in translating problems and needs into digital solutions Trudności w przełożeniu problemów i potrzeb na rozwiązania cyfrowe	25
Insufficient knowledge about the most beneficial solutions for the company Niedostateczna wiedza na temat najkorzystniejszych dla firmy rozwiązań	22
Employees' fear of potential job loss Obawa pracowników przed możliwą utratą pracy	38
Attempts to directly translate analogue processes into digital ones on a 1:1 basis Próby bezpośredniego przełożenia procesów analogowych na cyfrowe 1:1	10
Legal regulations/legislative requirements Regulacje prawne/wymogi legislacyjne	17
Lack of appropriate consulting services on the market Brak odpowiedniej oferty doradczej na rynku	15
Other Inne	1

*The number of responses does not equal the number of respondents, as the question allowed for multiple selections.

*Liczba odpowiedzi nie równa się liczbie respondentów, gdyż pytanie miało charakter wielokrotnego wyboru.

Source: own analysis.

Źródło: opracowanie własne.

Similar opinions were also expressed by the surveyed entrepreneurs from the Brzozów, Sanok, Lesko, and Bieszczady counties. The biggest barriers to implementing digital transformation in the surveyed companies were budget

Podobne opinie wyrażali również badani przedsiębiorcy z powiatów brzozowskiego, sarnockiego, leskiego i bieszczadzkiego. Największą barierą wprowadzania transformacji cyfrowej w badanych firmach były ograniczenia budżetowe

constraints (75 responses), employee resistance to change (58 responses), and employees' fears of potential job loss (38 mentions). This means that in peripheral areas, digital transformation will not be possible without external financial support for local businesses, as well as without information campaigns targeting employees to change their attitude toward the technological development of local businesses.

A key finding of the research was that local entrepreneurs believe the main barriers to implementing various Industry 4.0 solutions in peripheral areas differ from those in central areas. As many as 74 respondents (56% of the total) shared this view, 45 entrepreneurs had no opinion on the matter, and only 14 respondents stated that there are no differences between central and peripheral areas in this regard.

In the opinion of entrepreneurs from peripheral areas, the greatest barriers to implementing the Industry 4.0 concept include limited availability of a skilled workforce – migration of young people to cities (101 mentions); low investment levels – high implementation costs (100 mentions); limited availability of a skilled workforce – a shortage of technology specialists (99 mentions); low technological awareness – lack of education and training (94 mentions); and problems with the integration of production systems – older, outdated production systems (93 mentions).

A concerning finding identified during the field research was the lack of interest among entrepreneurs in the digital transformation of their own companies.

(75 wskazań), niechęć pracowników do zmian (58 wskazań) oraz obawy pracowników przed możliwością utraty pracy (38 wskazań). Oznacza to, że na obszarach peryferyjnych transformacja cyfrowa nie będzie możliwa bez zewnętrznego wsparcia finansowego lokalnych przedsiębiorstw, a także bez kampanii informacyjnych skierowanych do pracowników, tak aby zmienić ich podejście do rozwoju technologicznego lokalnych przedsiębiorstw.

Istotnym ustaleniem w trakcie badań naukowych było stwierdzenie, że lokalni przedsiębiorcy uważają, że główne bariery we wdrażaniu rozmaitych rozwiązań z zakresu Przemysł 4.0 na obszarach peryferyjnych są inne niż na obszarach centralnych. Takiego zdania było aż 74 respondentów (56% ogółu), 45 przedsiębiorców nie miało zdania na ten temat, a jedynie 14 badanych stwierdziło, że tym zakresie nie ma różnic pomiędzy obszarami centralnymi i peryferyjnymi.

W opinii przedsiębiorców z terenów peryferyjnych do największych barier wdrażania koncepcji Przemysł 4.0. można zaliczyć ograniczoną dostępność wykwalifikowanej siły roboczej – migracja młodych ludzi do miast (101 wskazań); niski poziom inwestycji – wysokie koszty wdrożenia (100 wskazań); ograniczoną dostępność wykwalifikowanej siły roboczej – niedobór specjalistów technologicznych (99 wskazań); niską świadomość technologiczną – brak edukacji i szkoleń (94 wskazania) oraz problemy z integracją systemów produkcyjnych – starsze, przestarzałe systemy produkcyjne (93 wskazania).

Niepokojącym faktem, który udało się ustalić w trakcie badań terenowych, był brak zainteresowania przedsiębiorców transformacją cyfrową własnych firm.

Table 7. Stage of digital transformation of respondents' companies

Tabela 7. Etap transformacji cyfrowej firm respondentów

Stage of transformation Etap transformacji	Number of responses Liczba odpowiedzi	Percentage Procent
We are at the beginning of the transformation Jesteśmy na początku transformacji	31	23%
We are at an advanced stage of transformation Jesteśmy na zaawansowanym etapie transformacji	4	3%
We are in the process of planning the transformation Jesteśmy w trakcie opracowywania transformacji	22	17%

Stage of transformation Etap transformacji	Number of responses Liczba odpowiedzi	Percentage Procent
We use digital technology on a daily basis in almost every aspect of the company's operations Na co dzień, w prawie każdym aspekcie funkcjonowania firmy, wykorzystujemy technologię cyfrową	28	21%
We do not plan to undergo transformation Nie planujemy transformacji	48	36%
Total Suma końcowa	133	100%

Source: author's own analysis.

Źródło: opracowanie własne.

Nearly 40% of the surveyed entrepreneurs stated that they do not plan a digital transformation of their companies, and 31 respondents (23% of the total) indicated that they are currently at the beginning of their digital transformation. Only 4 companies (3% of the total) indicated that they are currently at an advanced stage of transformation. This means that without an external system supporting the technological transformation of businesses – e.g. through financial incentives – local entrepreneurs from peripheral areas may not participate in the digital transformation and modernisation of their own companies.

In contrast, the factors that entrepreneurs from peripheral areas believe may primarily determine the adoption of the Industry 4.0 concept were: sustainable development policy (including Environmental, Social, and Governance: "Environment, Society, and Governance/Corporate Governance") – 55 mentions; sustainable development policy (including Green Transition – 51 mentions; innovation support ecosystem (accelerator programs and innovation incubators) – 49 mentions; innovation support ecosystem (local technology clusters) – 47 mentions; cooperation with the science and research sector (local research and development centres) – 47 mentions; investments in technological infrastructure (expansion of the 5G network and telecommunications infrastructure) – 42 mentions.

During the analyses, an attempt was also made to identify statistical relationships between variables that may influence the implementation of the Industry 4.0 concept in peripheral areas of southeastern Poland.

An analysis was conducted to determine whether variables such as gender, education,

Prawie 40% badanych przedsiębiorców stwierdziło, że nie planuje transformacji cyfrowej prowadzonych przez nich przedsiębiorstw, a 31 respondentów (23% ogółu) wskazało, że znajduje się obecnie na początku transformacji cyfrowej. Tylko 4 przedsiębiorstwa (3% ogółu) wskazało, że obecnie są na zaawansowanym etapie transformacji. Oznacza to, że bez zewnętrznego systemu wspierającego transformację technologiczną przedsiębiorstw np. poprzez zachęty finansowe, lokalni przedsiębiorcy z terenów peryferyjnych mogą nie uczestniczyć w transformacji cyfrowej i modernizacji własnych firm.

Natomiast czynnikami, które mogą głównie determinować wprowadzanie koncepcji Przemysł 4.0. w opinii przedsiębiorców z obszarów peryferyjnych były: polityka zrównoważonego rozwoju (m.in. Environmental, Social, Governance: „Środowisko, Społeczeństwo i Zarządzanie/Ład Korporacyjny”) – 55 wskazań; polityka zrównoważonego rozwoju (m.in. Zielona transformacja – 51 wskazań; ekosystem wsparcia innowacji (programy akceleratorów i inkubatorów innowacji) – 49 wskazań; ekosystem wsparcia innowacji (lokalne klastry technologiczne) – 47 wskazań; współpraca z sektorem nauki i badaniami (lokalne ośrodki badawczo-rozwojowe) – 47 wskazań; inwestycje w infrastrukturę technologiczną (rozbudowa sieci 5G i infrastruktury telekomunikacyjnej) – 42 wskazania.

W trakcie przeprowadzonych analiz podjęto również próbę określenia związków statystycznych pomiędzy zmiennymi, które mogą wpływać na wdrażanie koncepcji Przemysł 4.0. na obszarach peryferyjnych w Polsce południowo-wschodniej.

Przeprowadzono analizę mającą na celu sprawdzenie czy takie zmienne jak płeć,

and job position influence awareness of the Industry 4.0 concept. A Chi-square test analysis of variables such as gender, age, and education level among the surveyed entrepreneurs did not reveal any statistically significant correlations between respondents' familiarity with the concept of Industry 4.0. However, in the case of the "position held" variable, it was determined that there is a statistically significant relationship between the respondent's position and their familiarity with the concept of Industry 4.0. ($\chi^2 = 10.771$; $p = 0.005$; Cramér's $V = 0.285$). The value of Cramér's V indicates a weak effect size. Entrepreneurs in higher-level positions were more likely to be familiar with the concept of Industry 4.0. We also examined whether familiarity with the term Industry 4.0 was influenced by the respondent's place of origin (county) and the type of municipality (rural, urban, or urban-rural) where the company is located. It turned out that a statistically significant relationship exists between familiarity with the term Industry 4.0 and the county in which the enterprise is located ($\chi^2 = 9.005$; $p = 0.029$; Cramér's $V = 0.26$), but it is not very strong. However, no statistically significant relationship was found between familiarity with the term Industry 4.0 and the type of municipality ($\chi^2 = 5.001$; $p = 0.082$; Cramér's $V = 0.194$).

During the analyses, an attempt was also made to determine whether there are statistically significant correlations between the importance of the Industry 4.0 issue to the respondent and variables such as gender, education, position held, the entity's location, and the type of municipality in which the company is located. Chi-square analysis for variables such as gender ($\chi^2 = 0.301$; $p = 0.860$), education ($\chi^2 = 1.896$; $p = 0.387$), the respondent's position ($\chi^2 = 1.067$; $p = 0.90$), and the type of municipality in which the company is located ($\chi^2 = 4.329$; $p = 0.363$) indicated that there are no statistically significant relationships between these variables. However, in the case of the variable "location of the surveyed entity" (the relevant county) and the importance of Industry 4.0 to the respondent, a statistically significant relationship was found between these variables ($\chi^2 = 14.593$; $p = 0.024$; Cramér's $V = 0.234$), though this relationship was not very strong. Entrepreneurs from Sanok

wykształcenie oraz zajmowane stanowisko wpływają na znajomość pojęcia Przemysł 4.0. Analiza testem Chi-kwadrat w przypadku takich zmiennych jak płeć, wiek oraz wykształcenie badanych przedsiębiorców nie wykazała istotnych statystycznie zależności pomiędzy znajomością przez respondentów pojęcia Przemysł 4.0. Jednakże w przypadku zmiennej „zajmowane stanowisko” udało się ustalić, że występuje istotna statystycznie zależność pomiędzy zajmowanym przez respondenta stanowiskiem a znajomością pojęcia Przemysł 4.0. ($\chi^2 = 10,771$; $p=0,005$; V Craméra = 0,285). Wartość współczynnika V Craméra wskazuje na słabą siłę efektu. Przedsiębiorcy zajmujący wyższe stanowiska częściej znali pojęcie Przemysł 4.0. Sprawdzono także czy na znajomość terminu Przemysł 4.0. wpływa miejsce (powiat) z którego pochodził respondent oraz rodzaj gminy (wiejska, miejska bądź miejsko-wiejska) w której znajduje się dane przedsiębiorstwo. Okazało się, że istotna statystycznie zależność występuje pomiędzy znajomością pojęcia Przemysł 4.0. a powiatem w którym znajduje się przedsiębiorstwo ($\chi^2 = 9,005$; $p=0,029$; V Craméra = 0,26), ale nie jest ona zbyt silna. Nie stwierdzono natomiast występowania istotnej statystycznie zależności pomiędzy znajomością terminu Przemysł 4.0. a rodzajem gminy ($\chi^2 = 5,001$; $p=0,082$; V Craméra = 0,194).

W trakcie prowadzonych analiz próbowano również ustalić czy występują istotnie statystycznie zależności pomiędzy ważnością dla respondenta zagadnienia Przemysł 4.0. a takimi zmiennymi jak płeć, wykształcenie, zajmowane stanowisko, siedziba podmiotu oraz rodzaj gminy w której jest zlokalizowana firma. Analiza testem Chi-kwadrat w przypadku takich zmiennych jak płeć ($\chi^2 = 0,301$; $p=0,860$), wykształcenie ($\chi^2 = 1,896$; $p=0,387$), zajmowane przez respondenta stanowisko ($\chi^2=1,067$; $p=0,90$) oraz rodzaj gminy w której znajduje się przedsiębiorstwo ($\chi^2=4,329$; $p=0,363$) wskazała, że nie występują istotne statystycznie zależności pomiędzy tymi zmiennymi. Natomiast w przypadku zmiennej siedziba podmiotu ankietowego (odpowiedni powiat), a tym jak ważne jest dla respondenta zagadnienie Przemysł 4.0. stwierdzono występowanie istotnej statystycznie zależności pomiędzy tymi zmiennymi ($\chi^2 = 14,593$; $p=0,024$; V Craméra = 0,234), jednak

county indicated more frequently than other respondents that the topic of Industry 4.0 is an important issue for them.

It was significant to note that familiarity with Industry 4.0 among local entrepreneurs makes this concept particularly important to them. It turned out that there is a statistically significant relationship between these two variables ($\chi^2 = 20.670$; $p=0.001$; Cramér's $V = 0.394$), and this correlation was of moderate strength. This means that greater awareness among local entrepreneurs regarding changes associated with the Industry 4.0 concept leads them to believe that these issues are extremely important for entrepreneurs and may influence the future operations of their companies.

Final Conclusions

An analysis of available literature indicates that the Industry 4.0 concept in peripheral areas remains important and requires further scientific exploration. The local entrepreneurs participating in the study were educated individuals holding senior positions in companies that belonged mainly to the SME sector. More than half of them were familiar with the term Industry 4.0 and believed that technologies such as intelligent robotisation and autonomous vehicles, Big Data, and AI would have the greatest impact on the economy's competitiveness in the future, as well as a significant impact on industry, public administration, and the reality around us. The biggest barriers to digital transformation for the surveyed companies were budget constraints, employee resistance to change, and their fears of job loss. The main barriers to the development of the Industry 4.0 concept in peripheral areas include the migration of young people to cities, high implementation costs, and a lack of education and training within the local community. Conversely, the determinants of the development of the Industry 4.0 concept include the pursuit of a sustainable development policy, the presence of an innovation support ecosystem, and local technology clusters. Collaboration with the scientific sector and investments in technological infrastructure are

zależność ta nie była zbyt silna. Przedsiębiorcy z terenu powiatu sanockiego, częściej niż pozostali respondenci wskazywali, że dla nich zagadnienie Przemysł 4.0. jest ważnym zagadnieniem.

Istotne okazało się stwierdzenie, że znajomość zagadnienia Przemysł 4.0. wśród lokalnych przedsiębiorców sprawia, że koncepcja ta nabiera dla tych osób odpowiedniej ważności. Okazało się, że występuje istotna statystycznie zależność pomiędzy tymi dwoma zmiennymi ($\chi^2 = 20,670$; $p=0,001$; V Craméra = 0,394), zależność ta miała umiarkowaną siłę. Oznacza to, że większa świadomość u lokalnych przedsiębiorców dotycząca zmian związanych z koncepcją Przemysł 4.0., sprawia że są oni przekonani, iż zagadnienia te są niezwykle ważne dla przedsiębiorców i mogą mieć wpływ na funkcjonowanie ich firm w przyszłości.

Wnioski końcowe

Analiza dostępnej literatury wskazuje, że koncepcja Przemysł 4.0. na obszarach peryferyjnych ciągle jest ważna i wymaga dalszej eksploracji naukowej. Lokalni przedsiębiorcy uczestniczący w badaniu to osoby wykształcone, zajmujące wysokie stanowiska w przedsiębiorstwach, które przynależały głównie do sektora MŚP. Ponad połowa z nich znała określenie Przemysł 4.0. i uznała, że takie technologia jak: inteligentna robotyzacja i pojazdy autonomiczne, BigData i AI będą miały największy wpływ na konkurencyjność gospodarki w przyszłości, a także na będą miały istotny wpływ na przemysł, administrację publiczną oraz otaczającą nas rzeczywistość. Największymi barierami w transformacji cyfrowej badanych firm były ograniczenia budżetowe, niechęć pracowników do zmian oraz ich obawy przed utratą pracy. Główne bariery na obszarach peryferyjnych w rozwoju koncepcji Przemysł 4.0. to migracje młodych ludzi do miast, wysokie koszty wdrożeń oraz brak edukacji i szkoleń wśród społeczności lokalnej. Natomiast determinantami rozwoju koncepcji Przemysł 4.0. jest prowadzenie polityki zrównoważonego rozwoju, występowanie ekosystemu wsparcia innowacji i lokalnych klastrów technologicznych. Istotna jest również współpraca z sektorem nauki oraz inwestycje w infrastrukturę technologiczną.

also crucial. Research has confirmed that there is a correlation between familiarity with the term Industry 4.0 and local entrepreneurs' awareness that the process of technological transformation is important for companies in the future. A concerning finding was that local entrepreneurs in peripheral areas are only in the initial phase of digital transformation or do not plan to undertake it at all. This means that without an external (supra-local) system supporting digital transformation – e.g. through financial incentives – local entrepreneurs in peripheral areas may not participate in the digital transformation and modernisation of their own companies or may delay this process. Furthermore, in peripheral areas, it is essential to have a local system in place to support innovation and cooperation between businesses and the scientific sector. Otherwise, the Industry 4.0 concept – which, according to the authors, represents a development opportunity for small and medium-sized enterprises – will become a barrier to development in peripheral areas. Empirical research has shown that in peripheral areas, local entrepreneurs' knowledge of Industry 4.0 can be a path to sustainable development, but their attitude toward the technological transformation of companies can be a barrier to growth.

Badania potwierdziły, że istnieje zależność pomiędzy znajomością terminu Przemysł 4.0., a świadomością lokalnych przedsiębiorców, że proces transformacji technologicznej jest ważny dla firm w przyszłości. Niepokojącym ustaleniem był fakt, że lokalni przedsiębiorcy z obszarów peryferyjnych znajdują się dopiero w początkowej fazie transformacji cyfrowej bądź też nie planują jej wcale. Oznacza to, że bez zewnętrznego (ponadlokalnego) systemu wspierającego transformację cyfrową np. poprzez zachęty finansowe, lokalni przedsiębiorcy z terenów peryferyjnych mogą nie uczestniczyć w transformacji cyfrowej i modernizacji własnych firm bądź opóźniać ten proces. Ponadto na terenach peryferyjnych niezbędne jest funkcjonowanie lokalnego systemu wspierania innowacji i kooperacji przedsiębiorstw z sektorem nauki. W innym przypadku koncepcja Przemysł 4.0., która według autorów jest szansą na rozwój dla małych i średnich przedsiębiorstw, na obszarach peryferyjnych stanie się barierą rozwoju. Przeprowadzone badania empiryczne wskazały, że na obszarze peryferyjnym wiedza lokalnych przedsiębiorców o Przemysle 4.0. może być drogą do zrównoważonego rozwoju, ale ich stosunek do transformacji technologicznej firm może być barierą wzrostu.

Bibliografia:

1. Aluchna, M., Cygler, J., Materna, G., Witek-Hajduk, M. K., & Marciszewska, E. (2013). *Kooperencja przedsiębiorstw w dobie globalizacji: Wyzwania strategiczne, uwarunkowania prawne*. Wolters Kluwer.
2. Bratnicka, K. (2014). Twórczość i innowacyjność w przedsiębiorstwie. Pośrednicząca rola przedsiębiorczości organizacyjnej. *Studia Ekonomiczne*, (183 cz 1), 28-37.
3. Chalvantharan A. (2023). Economic feasibility and water footprint analysis for smart irrigation systems in palm oil industry, *Sustainability*, 15, 10, 8069.
4. Demianiuk, W., Szymańska, E. (2016). Regiony peryferyjne i czynniki ich dynamiki w teoriach rozwoju regionalnego, „*Spółeczeństwo i Ekonomia Society and Economics*” 2(6).
5. Dziurski, P. (2019). Innowacyjność jako determinanta relacji kooperacyjnych. *Przegląd Organizacji*, (5), 3-8.
6. Eason, G., Noble, B., & Sneddon, I. N. (1955). On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 247(935), 529-551.
7. Feser J., Malizia E. (1999). *Understanding Local Economic Development*, Rutgers, Center for Urban Policy Research, New York.
8. Gajdzik, B., Grabowska, S. (2018). Leksykon pojęć stosowanych w przemyśle 4.0. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie/Politechnika Śląska*, (132), 221-238.
9. Gibson W. (2003), William Gibson interview with The Economist, *The Economist*, December.

10. Gracel, J., Makowiec, M. (2017). Kluczowe kompetencje menedżera w dobie czwartej rewolucji przemysłowej-Przemysłu 4.0. *Acta Universitatis Nicolai Copernici. Zarządzanie*, 44(4), 105-129.
11. Idczak P. (2013), *Wielowymiarowa koncepcja peryferyjności regionalnej. Identyfikacja regionów peryferyjnych w Polsce*, Difin S.A., Warszawa.
12. Iwański, T., Gracel, J. (2016). Przemysł 4.0 Rewolucja już tu jest. Co o niej wiesz. Astor Whitepaper.
13. Januszczyńska, K., Fetela, K. (2024). *Przemysł 5.0 czyli współczesna rewolucja przemysłowa* (w:) Olszowy J. (red.) *Kognitywne i technologiczne przeobrażenia społeczeństwa: Edukacja, Konsumpcjonizm i Rynek Pracy w kontekście rozwoju sztucznej inteligencji i Przemysłu 5.0*, ArchaeGraph, Łódź 2024.
14. Kaczmar-Kolny, E., Pośpiech, W. (2023). *Analiza rozwoju technologii w kontekście przemysłu 4.0 i 5.0*. (In:) Matuszek, J., Kutschenreiter-Praszkiewicz, I. (ed.) *Inżynieria produkcji 2023. Zaawansowane metody i narzędzia inżynierii przemysłowej*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Bielsko-Bialskiego.
15. Kaczmarski, M., Frączek, P. (2021). The level of voivodeship development in Poland and its impact on financing the social assistance system. *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research*, 11(2).
16. Kiełtyka, L., Charciarek, K. (2019). Model zarządzania procesowego z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi Przemysłu 4.0. *Przegląd Organizacji*, 8, 5-12.
17. Kiraga, K. (2016). Przemysł 4.0: 4. rewolucja przemysłowa według Festo. *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 17.
18. Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & information systems engineering*, 6, 239-242.
19. Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of industrial information integration*, 6, 1-10.
20. Marciniak, S. (2019). Metoda oceny pozaekonomicznych determinantów stymulujących innowacje procesowo-produktowe w gospodarce 4.0 i 5.0. *Przegląd Organizacji*, (9), 5-11.
21. Moczydłowska, J. (2023). *Przemysł 4.0 (?) Ludzie i technologie*. Difin.
22. Moloi, T., & Marwala, T. (2020). Introduction to artificial intelligence in economics and finance theories. In *Artificial intelligence in economics and finance theories* 1-12. Cham: Springer International Publishing.
23. Müller J. M., Buliga O., Voigt K.I. (2018), Fortune Favors the Prepared: How SMEs Approach Business Model Innovations in Industry 4.0, „Technological Forecasting and Social Change”, Vol. 132, 2-17.
24. Pieriegud, J., Paprocki, W., & Gajewski, J. (2016). Cyfryzacja gospodarki i społeczeństwa-szanse i wyzwania dla sektorów infrastrukturalnych. Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową – Gdańska Akademia Bankowa.
25. Pietruszka-Ortyl, A. (2019). Współpraca międzyorganizacyjna z perspektywy nauk o zarządzaniu. *Management and Administration Journal*, 39(112), 11-23.
26. Różanowski, K. (2007). Sztuczna inteligencja rozwój, szanse i zagrożenia. *Zeszyty Naukowe Warszawskiej Wyższej Szkoły Informatyki*, 2(2), 109-135.
27. Rządkowski, G., & Sidor-Rządkowska, M. (2024). Zarządzanie 5.0 a Zarządzanie 4.0 – Przełom czy kontynuacja? *Journal of Modern Science*, 58(4).
28. Schröder, C. (2016). The challenges of industry 4.0 for small and medium-sized enterprises. *Friedrich-Ebert-Stiftung: Bonn, Germany*, 7, 1-28.
29. Schwab, K. (2017). The fourth industrial revolution, Crown Business. New York, 192.
30. Szajna, A., Szajna, J., Stryjski, R., Woźniak, W. (2018). Wpływ narzędzi rozszerzonej rzeczywistości na monitorowanie i zarządzanie procesami produkcyjnymi. *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie*, (78), 201-211.
31. Szum, K., Magruk, A. (2019). Analiza uwarunkowań rozwoju Przemysłu 4.0 w województwie podlaskim. *Akademia Zarządzania* – 3(2)/2019.

32. Ślusarczyk, B. (2019). Potencjalne rezultaty wprowadzania koncepcji Przemysłu 4.0 w przedsiębiorstwach. *Przegląd Organizacji*, (1), 4-10.
33. Walicka, M., Czemieli-Grzybowska, W. (2023). Sztuczna inteligencja w zarządzaniu kapitałem przedsiębiorstwa w dobie Przemysłu 5.0. *Akademia Zarządzania*.
34. Wallis, A. (2016). Innowacyjność narzędziem kształtowania przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa XXI wieku. *Zeszyty Naukowe Wydziału Nauk Ekonomicznych*, 1(20), 311-325.
35. Wilkin, J. (2003). *Peryferyjność i marginalizacja w świetle nowych teorii rozwoju*, [w:] A. Bołtomiuk (red.), *Regiony peryferyjne w perspektywie polityki strukturalnej UE*, Wyd. Uniwersytetu w Białymstoku, Białystok.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>) allowing third parties to copy and redistribute the material in any medium or format and remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially.