

„Transformacja klastrów indukowana transformacją cyfrową”

Ko-ewolucja klastrów i Przemysłu 4.0. O znaczeniu klastrów dla cyfrowej transformacji biznesu - roli wspólnych dóbr przemysłowych, pokrewnej różnorodności i procesów rozciągania geograficznego i sektorowego.

Marta A. Götz

Wprowadzenie

Ekspertki są zgodni co do tego, że skutki czwartej rewolucji przemysłowej będą oznaczały przeobrażenia całych struktur rynkowych, zmian modeli biznesowych, organizacji i zarządzania przedsiębiorstwem, tworzenia wartości dodanej, funkcjonowania rynków pracy, a także prowadzenia szeregu polityk publicznych (Culot, et al. 2020). Większość opracowań wydaje się zwracać uwagę głównie na perspektywę techniczną i inżynierską, coraz częściej aspekty menedżerskie, organizacyjne, nadal jednak niejako ignorując kwestie geograficzne, przestrzenne, czy lokalizacyjne (Scienze Regionali Italian Journal of Regional Science, vol. 21, 1/2022, Special Issue, The Effects of Industry 4.0 for Firms and Territories,; Bettiol, et al. 2020). Przemysł 4.0 (Industry 4.0 – I4.0) choć jest pojęciem ostatnio bardzo modnym trudno precyzyjnie zdefiniować (Ciffolilli & Muscio 2018; Balland & Boschma 2021; Contieri, et al., 2022). Ekspertki i naukowcy zajmujący się tym obszarem dość zgodnie przyznają, że termin ten zyskuje na znaczeniu i cieszy się szybkorosnącym zainteresowaniem, ale wciąż niejasne pozostają kwestie właściwej terminologii (Gong, & Ribiere, 2021; Meindl, et al., 2021). Przemysł 4.0 bywa zatem utożsamiany z czwartą rewolucją przemysłową, transformacją cyfrową, swoistą fuzją świata rzeczywistego i wirtualnego; usług i czystej produkcji przemysłowej (hybrydyzacja), czy też sponsorowaną przez rządy w ramach polityki przemysłowej nową formą inteligentnego przemysłu (*smart manufacturing*). Definiowany jest jako wielowymiarowa koncepcja tworzenia wartości dodanej, kompleksowy system interdyscyplinarnych technologii, wśród których najpopularniejsze to *additive manufacturing*, *augmented reality*, *artificial intelligence*, *autonomous robots*, *cloud computing*, *big data* czy *deep machine learning* (Rüßmann et al. 2015; Kagermann, et al 2013). Co ważne, Przemysł 4.0 to nie tylko nowe rozwiązania technologiczne, ale także zmiana modeli biznesowych (Kiel et al. 2018; Prodi, et al., 2022; Büchi & Castagnoli 2018; Ferrás-Hernández, 2020). Utożsamiany jest często z radykalną formą innowacji silnie transformującą rynek i głównych jego graczy. Skala, zakres, ale i tempo zmian są zatem nie do przecenienia podobnie jak różnorodny i wielowymiarowy, nie zawsze pozytywny (przynajmniej w krótkiej perspektywie) wpływ na społeczeństwo (Schwab, 2019).

Prezentowane badania są próbą ujęcia stosunkowo nowych (większość ujęć datuje I4.0 na rok 2011) i dynamicznych procesów czwartej rewolucji przemysłowej (Przemysł 4.0, *Industry 4.0 / I4.0*, cyfrowa transformacja biznesowa) z uwzględnieniem wielowymiarowej perspektywy. Zaakcentowano bowiem multidyscyplinarny i złożony aspekt tej transformacji nieograniczający się tylko do kwestii technologicznych czy inżynierskich, jakie dominowały zwłaszcza w początkowej fazie badań, ale potraktowano Przemysł 4.0 jako koncepcję z pogranicza innowacji, zmian organizacyjnych, sposobu tworzenia wartości. Ukazano też geograficzny wymiar I.40, a więc podkreślono poziom mezo-ekonomicznej analizy, która miała charakter osadzonej w kontekście próby wnioskowania (tzw. *relational research design* - Bathelt & Glückler 2018 i *contextualised explanation* - Welch et al. 2022).

Prezentowane badania inspirowane były niespójnością i paradoksem między koncepcjami klastra – kategorii przestrzennej, zlokalizowanej geograficznie, a cyfrowej transformacji biznesowej – Przemysłu 4.0 obejmującego wachlarz technologii umożliwiających kooperację na odległość i *de facto* redukujących znaczenie dystansu geograficznego. Poruszały rzadko dotąd podejmowane przestrzenne (geograficzne) aspekty czwartej rewolucji przemysłowej - I4.0 i istoty klastra w warunkach transformacji cyfrowej. Ich tematyka dotyczyła zatem problematyki na styku różnych dyscyplin – studiów regionalnych, geografii ekonomicznej, przedsiębiorczości, zarządzania, czy ekonomicznych zagadnień konkurencyjności i innowacyjności.

Metoda

Prowadzone studia, wpisując się w dynamiczne podejście do analizy klastrów, mogą stanowić wzbogacenie badań nad ko-ewolucją skupisk i transformacji cyfrowej pogłębiając zrozumienie natury jednocześnie zachodzących procesów – tj. wpływu czwartej rewolucji przemysłowej na funkcjonowanie klastrów i roli tych ostatnich w rozwoju przemysłu 4.0ⁱ. Bazują zasadniczo na metodzie jakościowej i studiach przypadku, które nie tylko w ekonomii regionalnej, ale także w najnowszych badaniach w ramach biznesu międzynarodowego zyskują coraz większe uznanie o czym świadczą publikacje w prestiżowych czasopismach naukowych (Knight, et al. 2021; Welch, et al. 2011; Welch, et al., 2022; Reuber & Fischer, 2021; Cornelissen, et al. 2021; Tsang, 2022). Zwłaszcza gdy uwaga skupia się na naturze zjawiska, a nie na częstotliwości, metoda jakościowa wydaje się najbardziej odpowiednia (Karafylia & Zucchella, 2017), gdyż pozwala na zbadanie nowych zjawisk i znalezienie prawidłowości, które dotąd nie były podejmowane w istniejącej literaturze (Vanninen, et al., 2017; Eisenhardt, 1989).

Apelom o nie tylko metodologiczny, ale także teoretyczny pluralizm, które ukazują się w renomowanych periodykach o międzynarodowym zasięgu towarzyszą coraz powszechniejsze głosy wskazujące na potrzebę rehabilitacji badań jakościowych i analiz o charakterze studiów przypadku. Tym samym przedzierają się one coraz silniej do tzw. głównego nurtu badań.

Prezentowany projekt badawczy konceptualnie osadzony jest w ramach koncepcji wspólnych dóbr przemysłowych / *industrial commons* (Bramanti 2016; Pisano & Shih 2009; 2012; Bailey & De Propis 2014; De Marchi, et al., 2017), pokrewnej różnorodności / *related variety* (Frenken, et al., 2007; Sedita, et al 2015; Rodríguez-Pose et al 2014; Fratesi & Rodríguez-Pose 2016; Aarstad, et al., 2016) oraz procesów rozciągania klastra / *cluster stretching* (Bathelt, et al 2004; Malerba, 2002; Boschma & Iammarino 2007; Cooke 2012; Njøs, et al., 2017).

W pierwszej kolejności celem badań była analiza roli klastrów w I4.0, w oparciu o metodę jakościową z wykorzystaniem częściowo ustrukturyzowanych i pogłębionych wywiadów oraz studium przypadku niemieckiego klastra Przemysłu 4.0 it's OWL (*Intelligent technical systems OstWestfalenLippe* - <https://www.its-owl.com/home/>). Uwagę skupiono na: generowaniu wiedzy i transferze technologii; relacjach biznesowych i wsparciu administracyjno-politycznym (instytucjonalnym), jako komponentach klastra, które mogą sprzyjać cyfrowej transformacji. Następnie opracowano konceptualny model łączący transformację klastrową z transformacją cyfrową. Stanowił on punkt wyjścia dla dalszych badań. W oparciu o studium przypadku *Hamburg Aviation cluster* HAv (także klaster *Industry 4.0*) – starano się ustalić charakter przemysłowych dóbr wspólnych, związaną z nimi powiązaną różnorodność i odkryć osobliwości procesów ekspansji geograficznej i dywersyfikacji sektorowej; w związku z tym - odpowiedzieć na pytanie, w jaki sposób klaster może się przekształcać z powodu trwającej transformacji cyfrowej (Belussi & Hervas-Oliver, 2016).

Poza przeglądem piśmiennictwa (Gancarczyk 2015; Gancarczyk & Bohatkiewicz 2018), badaniami pilotażowymi w klastrze It's OWL trzonem badania był hamburski klaster lotniczy oficjalnie traktowany i sklasyfikowany przez *German Cluster Platform* (<https://www.clusterplattform.de/CLUSTER/Navigation/DE/Home/home.html>) jako reprezentujący Przemysł 4.0. Stanowi kombinację zarówno aglomeracji podmiotów z sektora lotniczego (także aeronautyki i sektora kosmicznego) ze wskaźnikiem (*LQ location quotient*) stopnia specjalizacji na wysokim poziomie 4.4, jak i organizacji klastrowej HAv *e.V.* Jednocześnie jest to utytułowany ośrodek wyróżniany przez Komisję Europejską *GOLD Label for Cluster Management Excellence*, jako jeden z czterdziestu wiodących klastrów w Europie, wybrany w 2014 przez Komisję Europejską jako jeden z sześciu tzw. regionów modelowych dla współczesnej polityki klastrowej nacelowanej na wzrost innowacyjności i

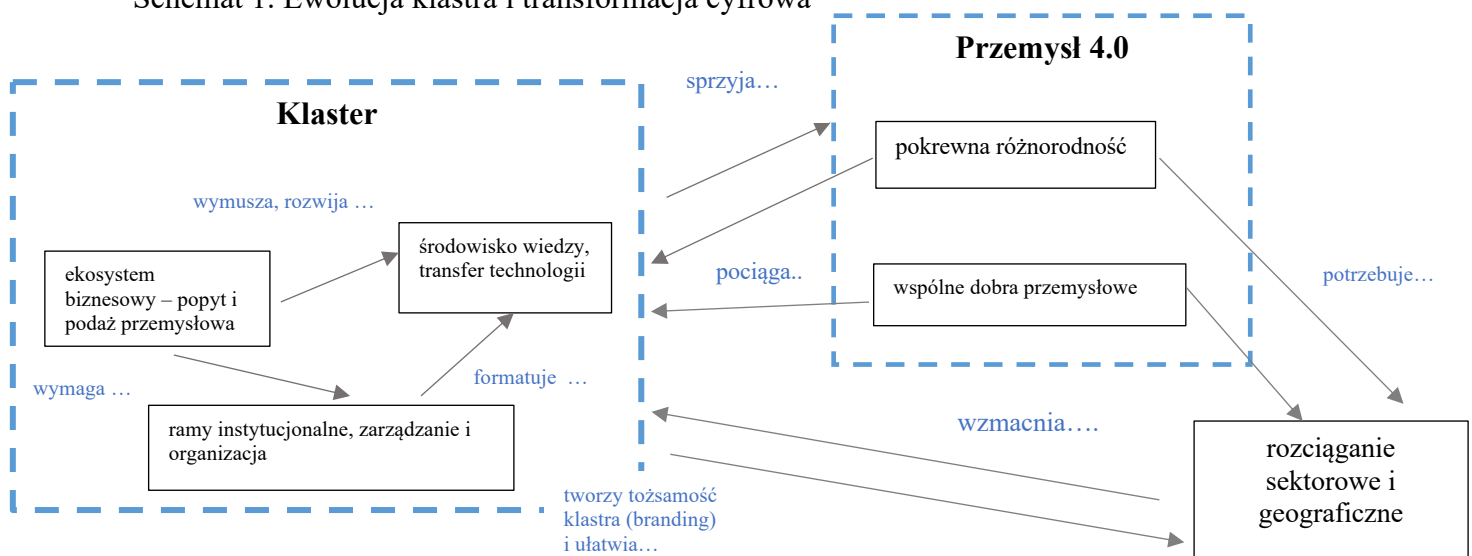
konkurencyjności; to także laureat konkursu ministerstwa nauki *Leading-Edge Cluster Competition (LEEC)*. HAV jest trzecim po Seattle (siedziba Boeinga) i Tuluzie centrum przemysłu lotniczego na świecie i liderem konsorcjum *EACP - European Aerospace Cluster Partnership* (Buxbaum-Conradi 2018).

Wyniki i dyskusja

Na przykładzie HAV (a także korzystając z doświadczeń i pilotażowych wyników klastra it's OWL w Paderborn) starano się zbadać, jakie konkretnie elementy mogą przesądzać o atrakcyjności klastrów w dobie *Industry 4.0*, ale także, jak zachodzące procesy transformacji cyfrowej – usieciowienia, digitalizacji, automatyzacji i robotyzacji mogą zwrócić modyfikować sam klastr – zmieniać jego podstawowe cechy.

Prowadzone badania w pierwszej fazie skupiały się na czynnikach atrakcyjności klastra dla implementacji procesów czwartej rewolucji przemysłowej i poświęcone były znaczeniu dostępu do wiedzy, roli relacji biznesowych i wsparcia instytucjonalnego w tworzeniu ekosystemu istotnego dla transformacji cyfrowej w gospodarce. Przedmiotem badań była zatem diagnoza czynników przesądających o znaczeniu klastra dla cyfrowej transformacji biznesowej. Zaakcentowano, jak klastry mogą zapewniać wspólne dobra przemysłowe (wspólne zasoby kompetencyjne – *industrial commons*) i pokrewną różnorodność przemysłową (*related variety / diversified specialisation*) oraz w jaki sposób podlegają rozciąganiu geograficznemu i sektorowemu (*stretching*). Prowadzone badania pozwoliły na zaproponowanie schematu koncepcyjnego integrującego te aspekty.

Schemat 1. Ewolucja klastra i transformacja cyfrowa



Propozycja własna na podstawie badań literaturowych oraz studiów w klastrze *it's OWL Paderborn* i *Hamburg Aviation cluster*.

Metoda studium przypadku oraz przegląd literatury pozwoliły na opracowanie ram koncepcyjnych wyjaśniających z jednej strony atrakcyjność klastra dla I4.0 a z drugiej konsekwencje, jakie I4.0 może mieć dla klastrów. Zakorzeniona lokalnie wiedza, której towarzyszy silny osadzone w regionie przemysł i która jest wspomagana przez właściwe zarządzanie, ułatwia wdrażanie I4.0 (Götz, 2020). Idiosynkratyczny charakter Przemysłu 4.0 wpływa również zwrotnie na funkcjonowanie klastra, ponieważ wymaga bardziej interdyscyplinarnego podejścia integracyjnego, które zapewnia wspólne dobra przemysłowe i rozwój pokrewnej różnorodności. Naturalnym procesom rozciągania się klastra nie można zapobiec, ale należy je wykorzystać do rozwoju i doskonalenia podstawowych kompetencji klastrowych.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że: wspólne zasoby kompetencyjne (*industrial commons* - zdolności produkcyjne i techniczne ułatwiające innowacyjność w różnych branżach przemysłu) są rozwijane w HAV głównie poprzez stymulowanie tworzenia sieci kontaktów biznesowych oraz zapewnienie ram koordynujących działania członków klastra. Oprócz gromadzenia elementów tzw. potrójnej helisy, kluczowe znaczenie ma zabezpieczenie efektywnych relacji między nimi. W rzeczywistości, niektóre z głównych instytucji, takie jak ZAL (*Hamburg's Center of Applied Aeronautical Research*) same utożsamiają ideę *triple helix*, ponieważ stanowią interfejs środowiska akademickiego, biznesu i administracji.

Pokrewna różnorodność (*related variety* - rozumiana w kategoriach zdywersyfikowanej specjalizacji czy też synchronizacji specjalizacji i dywersyfikacji), ściśle powiązana z dywersyfikacją technologiczną w HAV, przyjmuje postać ulokowania w regionie prawie całego cyklu życia samolotu i niemal całego łańcucha wartości dodanej w lotnictwie.

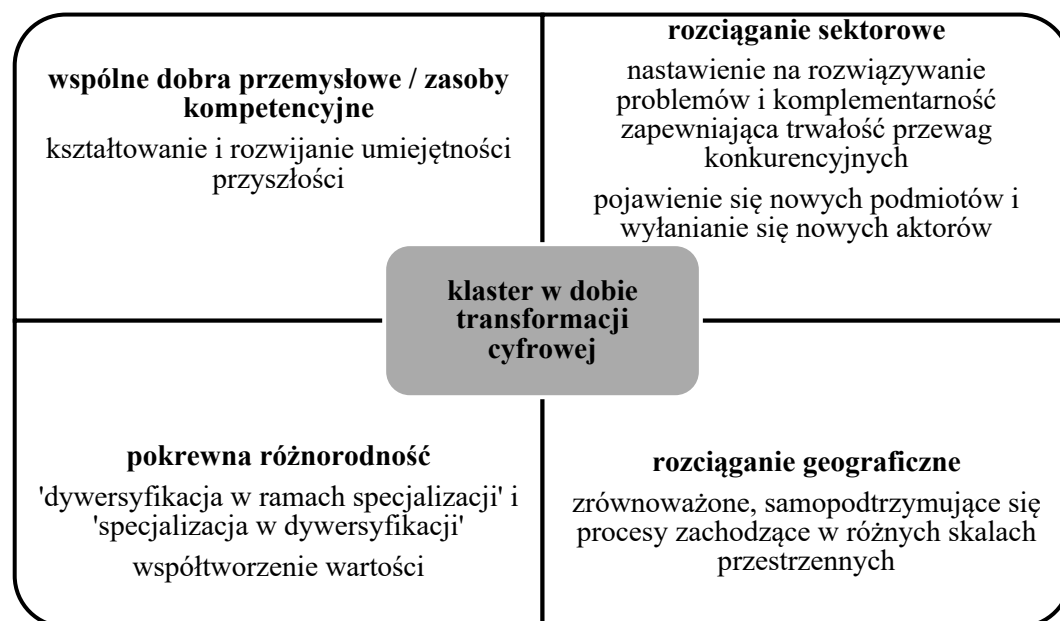
Procesy rozciągania obejmują zarówno ekspansję sektorową jak i geograficzną. Ta ostatnia w HAV oznacza otwarcie klastra na świat zewnętrzny, w szczególności dzięki obecności członków spoza regionu metropolitalnego; poprzez sieci współpracy Airbus Toulouse, dzięki działaniom EACP - *European Aerospace Cluster Partnership* lub strategicznym relacjom z wybranymi klastrami zagranicznymi, np. w Kanadzie. Dywersyfikacja sektorowa jest również aktywnie wspierana poprzez inicjatywy typu *co-learning*, *cross-clustering*, czy *bridging* podejmowane w ramach regionu metropolitalnego Hamburga.

Prowadzone badania unaoczyły także, że dotychczas dominujące rozumienie specjalizacji może być zbyt uproszczone, a dychotomia: specjalizacja i dywersyfikacja może być przestarzała, ponieważ nie odzwierciedla bogactwa rzeczywistych złożonych relacji ekonomicznych i technologicznych między branżami. Pozwoliło to na uchwycenie osobliwości

profilu klastra w czasach cyfrowych, poruszając kwestie struktury klastra i złożoności produkcji, synchronizacji specjalizacji z dywersyfikacją, wyłanianiem nowych obszarów przemysłowych (*branching*) oraz atrybutami I4.0 ułatwiającymi komplementarność. Powiązana różnorodność obejmująca zarówno specjalizację w dywersyfikacji, jak i dywersyfikację w ramach specjalizacji może być dalej rozwijana przez proces ekspansji sektorowej (*blending*). Może to prowadzić do wyłaniania się nowych sfer aktywności przemysłowych i jest modulowane przez uniwersalny charakter I4.0 oraz nastawienie na rozwiązywanie problemów. Przybiera on formę ewolucji addytywnej (pojawienie się nowych podmiotów) lub multiplikatywnej (*spinoffs*) i ostatecznie, dzięki komplementarności, może zapewnić trwałą przewagę konkurencyjną.

Wyniki badań pokazują, że zrównoważony rozwój jest nadrzędnym aspektem wiążącym wszystkie rodzaje działań prowadzonych przez lokalnych interesariuszy. Stosunki międzynarodowe i relacje zewnętrzne są niezwykle ważne zwłaszcza dla małych i średnich firm, które cierpią z powodu tzw. niedorozwiniętych powiązań (*unconnectedness* - Baum & Oliver 1991), a międzynarodowa ekspansja klastrów w czasach I4.0 oznacza nowe formy współpracy, przy czym I4.0 jest zarówno przedmiotem/tematem, jak i narzędziem ułatwiającym tę współpracę. Przypadek HAv pokazał, że *hubbing* – ekspansję geograficzną klastra można opisać w kategoriach jego wieloskalowości związanej z włączeniem do międzynarodowych sieci.

Schemat 2 Centralne elementy analizy – kategorie wyłaniające się z badania HAv



wnioski z badań (wg Magnani & Gioia, 2022).

Poruszając problem wielostronnego charakteru atrakcyjności klastrów dla działalności gospodarczej w warunkach transformacji cyfrowej i uwzględniając jednocześnie odwrotny wpływ, jaki przeobrażenia te wywierać mogą na specyfikę klastra; prezentowane badania korespondują z najnowszym nurtem studiów nad klastrami, które akcentują ujęcie dynamiczne zakładając cykl życia klastra i jego często radykalną ewolucję (Fornahl, & Hassink, (eds.), 2017; Belussi, & Hervas-Oliver, (eds.), 2016; Gong&Hassink 2018; Benner 2021; Ter Wal, & Boschma, 2011). W szczególności traktują ekspansją sektorową i geograficzną, jako formę ewolucji klastra (Njøs & Jakobsen 2016; Njøs, et al., 2017). Jednocześnie analizują wpływ, jaki transformacja cyfrowa może mieć na funkcjonowanie klastra i przesądzać, co stanowi o jego istocie. Uzyskane wstępne wyniki pozwalają potwierdzić proponowaną w najnowszej literaturze (Autio, et al, 2017) pewną ewolucję klastra w kierunku ekosystemu przedsiębiorczości bazującego na ułatwieniach (udogodnieniach) cyfrowych (*digital affordances*).

Analizowany zmieniający się charakter klastrów w epoce I4.0 jak i lokalny, geograficzny wymiar I4.0, wpisuje się w dyskusję prowadzaną wokół dylematu ‘specjalizacja czy dywersyfikacja’ i w debatę dotyczącą osiągania równowagi pomiędzy lokalnym i globalnym wymiarem klastrów (tj. jak pogodzić lokalne osadzenie z globalną otwartością). Może wzbogacić dotychczasową wiedzę na temat atrakcyjności klastra w dobie transformacji cyfrowej i pogłębić rozumienie cech klastra, przesądzających o sukcesie w implementacji I4.0. Z metodologicznego punktu widzenia integruje zarówno bogactwo kontekstu, jak i głębię wyjaśnienia, starając się zaproponować osadzoną w kontekście interpretację zachodzących procesów (*contextualised explanation*). Klastry w erze I4.0 mogą stać się bardziej międzyregionalne i międzysektorowe, mniej zakorzenione geograficznie i bardziej zróżnicowane pod względem działalności przemysłowej.

Główna wartość dodana prezentowanych badań wynika z integracji geografii (przestrzeni) z technologią; z połączenia klastrów i I4.0, jak dotąd, choć często ujmowanych w opracowaniach naukowych i szeroko omawianych przez decydentów, jako źródła konkurencyjności i innowacyjności, traktowanych odrębnie. Chociaż klastry (pierwszy podstawowy element analizy) już od kilkudziesięciu lat są w literaturze dobrze zbadane, przeanalizowane na różnych poziomach, z różnych perspektyw, przy użyciu wielu metod, czwarta rewolucja przemysłowa (Przemysł 4.0, I4.0 - drugi element badań) jest raczej tematem nowym, oryginalnym, którego początki datuje się oficjalnie na rok 2011 (*Hannover Messe*) lub 2016 (*Davos World Economic Forum*). Mimo, że liczba opracowań na ten temat rośnie w sposób niemal wykładniczy, aspekty

technologiczne i inżynierskie wydają się wyraźnie dominować w toczącej się dyskusji. Kwestie biznesowe lub menedżerskie zaczęły być poruszane stosunkowo niedawno, podczas gdy inne wymiary, takie jak aspekty geograficzne I4.0, wydają się nadal pozostawać obszarem prawie niezbadanym. Prezentowane badania starają się rzucić światło na ten raczej ignorowany do tej pory temat. Opierając się na niemieckich studiach przypadków tj. dwóch wiodących klastrach, którymi są It's OWL Paderborn i HAV (uważanych za pionierów we wdrażaniu czwartej rewolucji przemysłowej), dostarczają dowodów, które można uznać za pewien wzorzec i traktować jako przykład „najlepszych praktyk”. Pogłębione, częściowo ustrukturyzowane wywiady pozwoliły odkryć naturę transformacji klastra w czasie transformacji cyfrowej i rzucić światło na niuanse wzajemnych relacji. Obie centralne kategorie - klastry i I4.0 - są motorami konkurencyjności. Dlatego też lepsze ich rozpoznanie i zrozumienie zależności między nimi wydaje się kluczowe dla rozwoju regionalnego i wzrostu gospodarczego. Dyskusja w oparciu o metodę teorii ugruntowanej (GTM), pozwoliła zaproponować model koncepcyjny osadzony w rzeczywistych danych i wypełnić go empirycznie wykorzystując studium przypadku (Yin 2009, Charmaz 2009; Glaser, & Strauss, 1967, Gioia et al. 2013).

Uzyskane wyniki mogą też być punktem wyjścia dla sformułowania pewnych wytycznych dla decydentów politycznych, menedżerów klastrów, wszystkich zaangażowanych w kształtowanie regionalnych aspektów transformacji cyfrowej i odpowiedzialnych za politykę regionalną, technologiczną i innowacyjną. Zamiast przedstawiać konkretne zalecenia, raczej zwracają uwagę na pewne aspekty i przypominają o kwestiach, o których należy pamiętać, takich jak: a) wyjątkowość każdego sektora/przemysłu we wdrażaniu i przyjmowaniu I4.0 - różne branże są mniej lub bardziej podatne na technologie I4.0, wchłaniają mniej/więcej lub są mniej/bardziej I4.0 intensywne; b) uniwersalny charakter wielu technologii I4.0, które sprzyjają międzysektorowej współpracy c), która to może występować na różnych poziomach, w różnych skalach, od lokalnych metropolii po globalne formalne partnerstwa; czy wreszcie fakt, że d) I4.0 oznacza innowacje i znacznie więcej niż tylko zestaw technologii, czy inteligentną produkcję; ponieważ implikuje nowy model biznesowy - generowania i przejmowania wartości dodanej.

Klaster i I4.0 traktować należy jako kategorie społeczno-ekonomiczne mające głęboki wpływ na innowacyjność i konkurencyjność w szczególności w gospodarkach rozwiniętych. Chociaż, opierające się na studium przypadku z Niemiec (kraju uważanego za lidera w przyjmowaniu rozwiązań I4.0), oferowane ramy koncepcyjne są neutralne geograficznie i mogą stanowić rusztowanie do badania zdiagnozowanych współzależności także w innych kontekstach.

Prezentowane badania integrują zakres tematyczny z obszarów takich, jak geografia ekonomiczna, konkurencyjność międzynarodowa, strategie biznesowe, polityka regionalna czy zarządzanie. Mogą wzbogacać istniejącą literaturę, która, jeśli obejmuje koncepcję klastra, to bez wyraźnej wzmianki o I4.0 lub odwrotnie - jeśli jest poświęcona Przemysłowi 4.0, to ignoruje zazwyczaj wymiar przestrzenny cyfrowej transformacji.

Wyniki badań mogą stanowić pewien wkład do wciąż rozwijającej się literatury dotyczącej przestrzennego wymiaru Przemysłu 4.0 i rozszerzenie dotychczasowych badań dotyczących wpływu klastrów na I4.0. Wskazują, że dostarczanie wspólnych dóbr przemysłowych, w tym rozwijanie kluczowych lokalnych umiejętności i kompetencji, może być uważane za krytyczny czynnik atrakcyjności klastra w dobie transformacji cyfrowej. Klastry oferują sprzyjające środowisko ułatwiające powstawanie, testowanie i rozwój rozwiązań specyficznych dla Przemysłu 4.0. Zapewniają korzystne środowisko wiedzy, upraszczają i zwiększają efektywność procesów biznesowych oraz organizują kształtowanie polityki w tym obszarze.

Czwarta rewolucja przemysłowa wymaga zwiększonej elastyczności w zakresie reorganizacji struktury biznesowej i poszerzania portfela kompetencji. Identyfikacji powiązań pomiędzy koncepcją Przemysłu 4.0 i klastra, pozwoliła dostrzec rolę, jaką klastry mogą odgrywać w rozwijaniu niezbędnych w czasach I4.0 umiejętności i kompetencji. Bliskość przestrzenna stwarza unikalne możliwości dla takich interakcji, których nie można imitować za pomocą odległych technologii cyfrowych. W rezultacie klastry, spełniając pewne wymagania, nie tracą na znaczeniu w kontekście Przemysłu 4.0, a wręcz przeciwnie, mogą stać się kluczowym motorem jego rozwoju (Jankowska et al., 2021; Götz, 2021).

Analiza wpływu klastrów na I4.0, jest dyskusją dotyczącą roli regionalnych ekosystemów w transformacji przemysłowej. Klastry, dzięki zaletom, takim jak baza wiedzy i mechanizmy jej dyfuzji, korzyści aglomeracyjne i efekty zewnętrzne (zasoby siły roboczej i masa krytyczna firm) oraz korzystne bardziej stabilne, mniej niepewne środowisko zaufania i współpracy, mogą ułatwić transformację cyfrową, a w szczególności jej etapy wprowadzania i testowania.

Podsumowując, prezentowana analiza dotyka kwestii konkurencyjności i innowacyjności, ponieważ obraca się wokół klastrów (postrzeganych jako czynnik decydujący o konkurencyjności) i Przemysłu 4.0 (uważanego za radykalną innowację w produkcji i modelach biznesowych). Bazuje na podejściu jakościowym i metodzie studium przypadku i przedstawia dwa wiodące niemieckie klastry reprezentujące Przemysł 4.0. Wychodząc od zbadania trzech głównych czynników - generowania i upowszechniania wiedzy, relacji biznesowych i wsparcia administracyjno-politycznego - które czynią klaster atrakcyjnym dla realizacji I4.0, opracowano koncepcyjny model transformacji klastra wywołanej transformacją cyfrową.

Konkluzje

Prezentowane badania dotyczące tak istotnego dla współczesnych gospodarek problemu transformacji cyfrowej starały się uwzględnić wielowymiarowość i złożoność samej koncepcji, jednocześnie łącząc ją z wymiarem przestrzennym poprzez analizę z jednej strony roli klastrów w implementacji I4.0, z drugiej - zwrotnie transformacji, jaką I4.0 wywołuje w funkcjonowaniu klastra. Jednocześnie badania te poza pewną kontrybucją do nauki cechuje też z racji formułowanych implikacji praktycznych spora użyteczność.

Klastry wydają się być predystynowane do rozwoju i implementacji rozwiązań czwartej rewolucji przemysłowej. Typowe atrybuty skupisk – środowisko sprzyjające tworzeniu i upowszechnianiu wiedzy, transferowi technologii, relacje, zaufanie i silne więzi wynikające z bliskości podmiotów, efekty skali (korzyści aglomeracyjne) osiągane dzięki masie krytycznej podmiotów czy w końcu wsparcie koordynujące i zarządzające organizacji klastrowych – są nie do przecenienia dla wdrażania Przemysłu 4.0 – radykalnych innowacji wiążących się z dużą niepewnością rynkową. Jeśli chodzi o kwestię tego, co dokładnie sprawia, że klaster jest odpowiednim narzędziem lub miejscem do promowania Przemysłu 4.0, można powiedzieć, bazując na zebranych dowodach, że wszystkie trzy zidentyfikowane źródła - elementy potrójnej helisy: ekosystem wiedzy, biznesu i struktura instytucjonalna - odgrywają rolę. Wysokiej jakości sektorowi B+R w regionie powinien towarzyszyć popyt na nowe rozwiązania ze strony silnego biznesu i przemysłu, które dodatkowo winny być wspierane przez odpowiednie struktury zarządzania. Specyfika czwartej rewolucji przemysłowej sugeruje bardziej interdyscyplinarne i integracyjne podejście. Oznacza to, że potrzebne są wspólne zasoby kompetencyjne (*industrial commons* - zdolności produkcyjne i techniczne ułatwiające innowacyjność w różnych branżach przemysłu). Dodatkowo, pożądana jest pewna międzysektorowa, holistyczna perspektywa i integracja różnych aspektów inżynierii, aby korzyści z pokrewnej różnorodności (*related variety*) mogły się w pełni rozwinąć. Odnosząc się do tego, w jaki sposób I4.0 może wpływać zwrotnie na klastry, można założyć, że z samej swojej natury pobudzi on pewne zachowania i modyfikacje, ponieważ premiuje podejście integracyjne i interdyscyplinarne. Naturalne procesy ekspansji zarówno sektorowej, jak i geograficznej, które składają się na tzw. rozciąganie klastra (*stretching*), mogą pomóc wzmocnić pierwotne podstawowe kompetencje klastra, tj. umożliwić jego modernizację i stabilny rozwój w przyszłości. Problem rozciągania wydaje się tym ważniejszy, że rewolucja cyfrowa wiąże się z pewną dekonstrukcją tradycyjnych gałęzi przemysłu i stymuluje konwergencję międzysektorową. Analiza przypadku klastra lotniczego a jednocześnie

reprezentującego Przemysł 4.0 pozwala wzbogacić aktualną wiedzę w zakresie znaczenia klastrów w procesach transformacji cyfrowej i potencjalnego wpływu tej transformacji na funkcjonowanie klastra.

Implementacja Przemysłu 4.0, jak pokazuje przypadek HAv, może przybierać wiele form, takich jak: naukowo rozwijane nowe technologie, zastosowane przez firmy i wdrożone konkretne rozwiązania lub też przewidywane umiejętności i kompetencje pracowników. Ze względu na różną skłonność sektorów przemysłu do implementacji I4.0, stopień absorpcji cyfrowych rozwiązań może się oczywiście różnić w zależności od klastra. Mimo tych różnic w podatności na I4.0, transformacja cyfrowa jako jedno z największych współczesnych wyzwań społeczno-gospodarczych będzie istotnie wpływać na organizację działalności biznesu również w klastrach. Transformacja cyfrowa, czyli I4.0, jest nie tylko instrumentem umożliwiającym współpracę na odległość i ułatwiającym ekspansję zagraniczną, ale także stanowi temat i przedmiot tej współpracy. Współpraca ta, jak pokazuje przypadek HAv ma charakter wieloskalarny, powinna odzwierciedlać preferencje geograficzne członków klastra i wymaga systematycznych wysiłków, które pozwolą w przyszłości zapewnić jej naturalny zrównoważony rozwój (Götz, 2019). Uzyskane wyniki wskazują na potrzebę podejścia granularnego – tj. skupienia uwagi na poziomie jednej firmy. Wynika to ze zidentyfikowanej warunkowości pewnych elementów i korzyści pewnych działań. W zależności od wielkości firmy i jej pozycji w sieci, różne będą proporcje korzyści płynących ze specjalizacji bądź z dywersyfikacji działalności, a także stopień postępów we wdrażaniu I4.0.

Klaster może być postrzegany jako format organizacyjny dla wdrażania technologii I4.0, a uniwersalny charakter I.40 (tzw. technologie GPT) stanowić może wspólne wyzwanie, które „wiąże” różne podmioty – członków klastra. Tym bardziej, że I4.0 oznacza nie tylko nowoczesne technologie, ale także innowację modelu biznesowego i transformację produkcji przemysłowej w kierunku inteligentnych, wzajemnie połączonych systemów technologicznych.

Bibliografia

- Aarstad, J., Kvitastein, O. A., & Jakobsen, S. E. (2016). Related and unrelated variety as regional drivers of enterprise productivity and innovation: A multilevel study. *Research Policy*, 45(4), 844-856.
- Autio, E., Nambisan, S., Thomas, L. D., & Wright, M. (2018). Digital affordances, spatial affordances, and the genesis of entrepreneurial ecosystems. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 12(1), 72-95.
- Bailey, D., & De Propris, L. (2014). Manufacturing reshoring and its limits: the UK automotive case. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 7(3), 379-395.

- Balland P.A & Boschma R (2021): Mapping the potentials of regions in Europe to contribute to new knowledge production in Industry 4.0 technologies, *Regional Studies*, DOI: 10.1080/00343404.2021.1900557
- Bathelt H., Glückler J., (2018). Relational Research Design in Economic Geography, 179-196, in: G. L. Clark, M. P. Feldman, M. S. Gertler, D. Wójcik (eds.), *The New Oxford Handbook of Economic Geography*
- Bathelt, H, Malmberg A & Maskell P (2004) Clusters and knowledge: local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation. *Progress in Human Geography* 28(1): 31–56.
- Baum, J. A., & Oliver, C. (1991). Institutional linkages and organizational mortality. *Administrative science quarterly*, 187-218.
- Belussi, F., & Hervás-Oliver, J. L. (Eds.). (2016). *Unfolding cluster evolution*. Routledge.
- Benner M., (2021), Rethorizing industrial–institutional co-evolution: a multidimensional perspective, *Regional Studies*, 1-14
- Bettiol, M., Capestro, M., De Marchi, V., Di Maria, E., & Sedita, S. R. (2020). Industrial districts and the fourth industrial revolution. *Competitiveness Review: An International Business Journal*
- Boschma, R. & Iammarino, S. (2009). Related Variety, Trade Linkages, and Regional Growth in Italy. *Economic Geography*, 85(3), 289-311. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1944-8287.2009.01034.x>
- Bramanti A., (2016). New Manufacturing Trends in Developed Regions. Three Delineations of New Industrial Policies: ‘Phoenix Industry’, ‘Industry 4.0’, and ‘Smart Specialisation’, Working Paper, 2016 www.certet.unibocconi.it, DOI: 10.13140/RG.2.2.30402.99522,
- Büchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150, 119790.
- Buxbaum-Conradi S., Global and local knowledge dynamics in an industry during modular transition A case study of the Airbus production network and the Aerospace Cluster in Hamburg, Northern Germany; Dissertation with the aim of achieving a doctoral degree at the Faculty of Mathematics, Informatics and Natural Sciences, Department of Geosciences of Universität Hamburg, May 2018 in Hamburg
- Charmaz, K. (2009). Shifting the grounds: Constructivist grounded theory methods. *Developing grounded theory: The second generation*, 127-154.
- Ciffolilli, A., & Muscio, A. (2018). Industry 4.0: national and regional comparative advantages in key enabling technologies. *European Planning Studies*, 26(12), 2323-2343.
- Contieri, P. G. S., Anholon, R., & De Santa-Eulalia, L. A. (2022). Industry 4.0 enabling technologies in manufacturing: implementation priorities and difficulties in an emerging country. *Technology Analysis & Strategic Management*, 34(5), 489-503
- Cooke P. (2012). *Complex Adaptive Innovation Systems. Relatedness and Transversality in the Evolving Region. Regions and Cities*, Routledge, London.
- Cornelissen, J., Höllerer, M. A., & Seidl, D. (2021). *What Theory Is and Can Be: Forms of Theorizing in Organizational Scholarship*. Organization;
- Culot, G., Orzes, G., Sartor, M., & Nassimbeni, G. (2020). The future of manufacturing: A Delphi-based scenario analysis on Industry 4.0. *Technological forecasting and social change*, 157
- De Marchi, V., Di Maria, E., & Gereffi, G. (Eds.). (2017). *Local clusters in global value chains: Linking actors and territories through manufacturing and innovation*. Routledge.
- Eisenhardt K.M., (1989). building theories from case study research, *Academy of Management Review*,14(4): 532-550
- Ferrás-Hernández, X. (2020). Rethinking Industry 4.0: is there life beyond manufacturing?. *International Journal of Business Environment*, 11(4), 404-416
- Fornahl, D., & Hassink, R. (Eds.). (2017). *The life cycle of clusters: A policy perspective*. Edward Elgar Publishing.
- Fratesi, U., & Rodríguez-Pose, A. (2016). The crisis and regional employment in Europe: what role for sheltered economies?. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 9(1), 33-57.

- Frenken K. F. Van Oort , & Verburg T., (2007). Related Variety, Unrelated Variety and Regional Economic Growth, *Regional Studies*, Vol. 41.5, pp. 685–697
- Gancarczyk, M. (2015). Enterprise-and industry-level drivers of cluster evolution and their outcomes for clusters from developed and less-developed countries. *European Planning Studies*, 23(10), 1932-1952.
- Gancarczyk, M., & Bohatkiewicz, J. (2018). Research streams in cluster upgrading: a literature review. *Journal of Entrepreneurship, Management and Innovation*, 14(4).
- German Cluster Platform- <https://www.clusterplattform.de/CLUSTER/Navigation/DE/Home/home.html>)
- Gioia, D.A., Corley, K.G., and Hamilton, A.L., (2013), Seeking qualitative rigor in inductive research: Notes on the Gioia methodology. *Organizational Research Methods*, 16(1), 15–31.
- Glaser, B., & Strauss, A. (1967). Grounded theory: The discovery of grounded theory. *Sociology the journal of the British sociological association*, 12(1), 27-49.
- Gong, C., & Ribiere, V. (2021). Developing a unified definition of digital transformation. *Technovation*, 102;
- Gong, H., & Hassink, R. (2018). Co-evolution in contemporary economic geography: towards a theoretical framework. *Regional Studies*, 1-12.
- Götz M., (2019), Unpacking the provision of the industrial commons in Industry 4.0 cluster, *Economics and Business Review*, Vol. 5 (19), No. 4: 23-48
- Götz, M. (2020), Cluster role in industry 4.0 – a pilot study from Germany, *Competitiveness Review*, Vol. 31 No. 1: 54-82.
- Götz M. (2021), *Clusters, Digital Transformation and Regional Development in Germany*, Routledge
- Intelligent technical systems OstWestfalenLippe - <https://www.its-owl.com/home/>
- Jankowska B., Di Maria E., Cygler J., (2021), Do clusters matter for foreign subsidiaries in the Era of industry 4.0? The case of the aviation valley in Poland, *European Research on Management and Business Economics*, 27(2), <https://doi.org/10.1016/j.iedeen.2021.100150>
- Karafyllia, M., & Zucchella, A. (2017). Synergies and tensions between and within domestic and international market activities of firms. *International Business Review*, 26(5), 942-958.
- Kiel D; Voigt K.I; Müller J.M; (2018) How to Implement Industry 4.0? An Empirical Analysis of Lessons Learned from Best Practices; Conference Paper; International Association for Management of Technology IAMOT 2018 Conference Proceedings; https://www.researchgate.net/profile/Daniel_Kiel/publication/324918522_How_to_Implement_Industry_40_An_Empirical_Analysis_of_Lessons_Learned_from_Best_Practices/links/5aeff4aaa6fdcc8508b95b39/How-to-Implement-Industry-40-An-Empirical-Analysis-of-Lessons-Learned-from-Best-Practices.pdf
- Knight, G., Chidlow, A., & Minbaeva, D. (2021). Methodological fit for empirical research in international business: A contingency framework. *Journal of International Business Studies*, 1-14;
- Magnani, G., & Gioia, D. (2022). Using the Gioia Methodology in international business and entrepreneurship research. *International Business Review*, 102097.
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31(2), 247-264.
- Meindl, B., Ayala, N. F., Mendonça, J., & Frank, A. G. (2021). The four smarts of Industry 4.0: Evolution of ten years of research and future perspectives. *Technological Forecasting and Social Change*, 168, 120784
- Njøs R. & Jakobsen S.E. (2016). Cluster policy and regional development: scale, scope and renewal, *Regional Studies, Regional Science*, 3:1, 146-169
- Njøs, R., Jakobsen, S. E., Wiig Aslesen, H., & Fløysand, A. (2017). Encounters between cluster theory, policy and practice in Norway: Hubbing, blending and conceptual stretching. *European Urban and Regional Studies*, 24(3), 274-289.
- Ortt, R, Stolwijk C., Punter M. (2020) Implementing Industry 4.0: assessing the current state., *Journal of Manufacturing Technology Management*

- Pisano G.P., & Shih W.C. (2009). Restoring American Competitiveness. *Harvard Business Review*, Vol. 87, No 7-8.
- Pisano G.P., & Shih W.C. (2012). Does America Really Need Manufacturing. *Harvard Business Review*, Vol. 90, No 3.
- Prodi, E., Tassinari, M., Ferrannini, A., & Rubini, L. (2022). Industry 4.0 policy from a sociotechnical perspective: The case of German competence centres. *Technological Forecasting and Social Change*, 175, 121341
- Reuber, A.R., Fischer, E. (2021) Putting qualitative international business research in context(s). *JIBS*
- Rodríguez-Pose, A., Di Cataldo, M., & Rainoldi, A. (2014). The Role of Government Institutions for Smart Specialisation and Regional Development. JRS Technical Report, No. 4, European Commission, Brussels.
- Rübmann M., Lorenz M., Gerbert P., Waldner M., Justus J, Engel P., & Harnisch M. (2015). "Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries", http://www.inovasyon.org/pdf/bcg.perspectives_Industry.4.0_2015.pdf, 09.04.2015.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Acatech, Frankfurt/Main
- Schwab K., Foreward (2019), The Fourth Industrial Revolution, *Journal of international Affairs*, Vol. 72, No. 1 - Fall/Winter – 2019
- Scienze Regionali Italian Journal of Regional Science, vol. 21, 1/2022, Numero speciale/Special Issue, The Effects of Industry 4.0 for Firms and Territories, Edited by M. Capestro, E. Di Maria, M. Bettiol;
- Sedita S.R., de Noni I., & Pilotti L. (2015). How Do Related Variety and Differentiated Knowledge Bases Influence the Resilience of Local Production System?. Paper in Innovation Studies, No 20, CIRCLE, Lund University, Lund.
- Ter Wal, A. L., & Boschma, R. (2011). Co-evolution of firms, industries and networks in space. *Regional Studies*, 45, 919–933.
- Tsang, E.W.K. (2022) Alternative typologies of case study theorizing: Causal explanation versus theory development as a classification dimension. *JIBS*
- Vanninen, H., Kuivalainen, O., & Ciravegna, L. (2017). Rapid multinationalization: Propositions for studying born micromultinationals. *International Business Review*, 26(2), 365-379.
- Welch, C., Paavilainen-Mäntymäki, E., Piekkari, R., & Plakoyiannaki, E. (2022). Reconciling theory and context: How the case study can set a new agenda for international business research. *Journal of International Business Studies*, 1-23
- Welch, C., Piekkari, R., Plakoyiannaki, E., & Paavilainen-Mäntymäki, E. (2011). Theorising from case studies: Towards a pluralist future for international business research. *JIBS*, 42(5), 740-762;
- Yin R. K (2009) *Case Study Research: Design and Methods*. Los Angeles, CA: Sage.

Streszczenie

Prowadzone badania poprzez analizę procesu rozciągania (*stretching*) oraz roli wspólnych aktywów przemysłowych i powiązanej różnorodności (*industrial commons i related variety*) pozwoliły scharakteryzować znaczenie klastra – geograficznego skupiska działalności gospodarczej w procesach transformacji cyfrowej (Przemysłu 4.0). W szczególności przegląd literaturowy i studia przypadków niemieckich klastrów, w tym Hamburskiego klastra lotniczego HAV, umożliwiły ustalenie, jakie konkretnie elementy mogą przesądzać o atrakcyjności klastrów w dobie *Industry 4.0*, ale także jak zachodzące procesy transformacji

cyfrowej – usieciowienia, digitalizacji, automatyzacji i robotyzacji mogą zwrotnie modyfikować sam klaster – zmieniać jego podstawowe cechy. Uzyskane wyniki mogą stanowić przydatne wskazówki dla prowadzenia polityki klastrowej w dobie przemian cyfrowych.

Słowa kluczowe: klaster, Przemysł 4.0, rozciąganie sektorowe, rozciąganie geograficzne, wspólne dobra przemysłowe

ⁱ Badania prowadzono w ramach grantu im. Bekkera, Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej NAWA [decyzja nr PPN/BEK/2018/1/00034/ DEC/1].