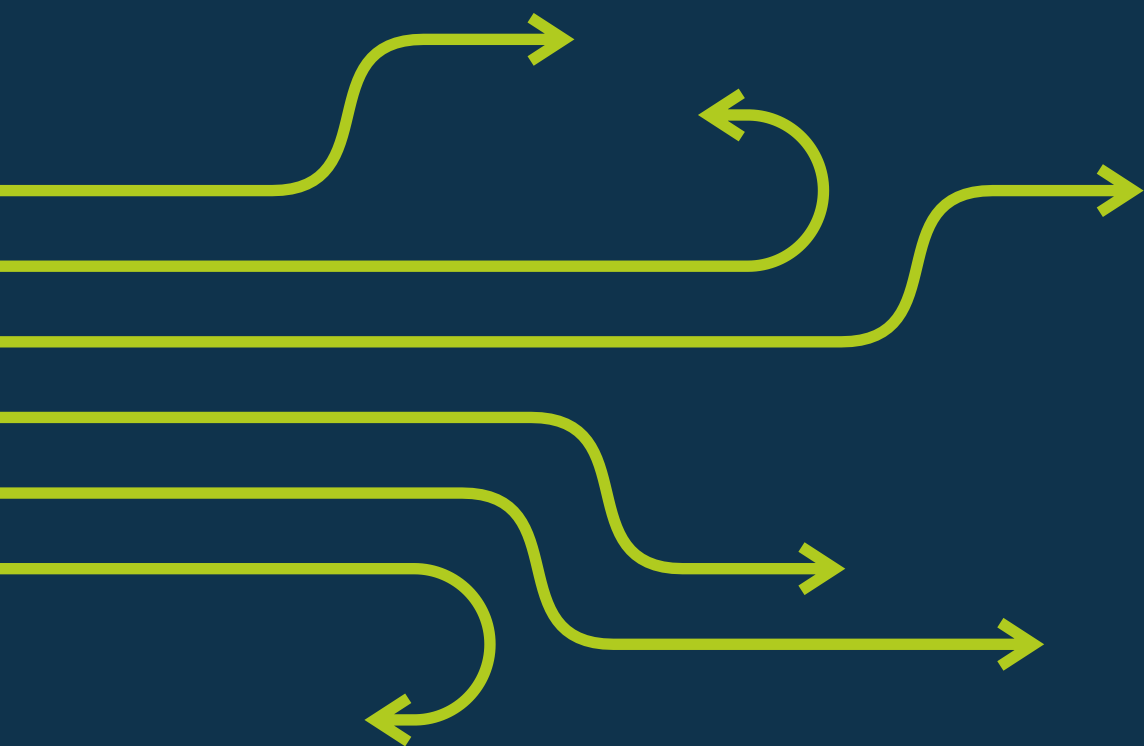


METODYKA MAPOWANIA TECHNOLOGII W BADANIACH FORESIGHT

Alicja Ewa Gudanowska



Alicja Ewa Gudanowska

METODYKA MAPOWANIA TECHNOLOGII W BADANIACH FORESIGHT



OFICyna WYDAWNICZA POLITECHNIKI BIAŁOSTOCKIEJ
BIAŁYSTOK 2021

Recenzenci:
prof. dr hab. inż. Józef Gawlik
prof. dr hab. inż. Józef Kuczmarszewski

Redaktor naukowy dyscypliny nauki o zarządzaniu i jakości:
prof. dr hab. inż. Joanicjusz Nazarko

Redakcja i korekta:
Janina Demianowicz

Skład, grafika i okładka:
Marcin Dominów

© Copyright by Politechnika Białostocka, Białystok 2021

ISBN 978-83-67185-01-1 (eBook)
DOI: 10.24427/978-83-67185-01-1



Publikacja jest udostępniona na licencji
Creative Commons Uznanie autorstwa-Użycie niekomercyjne-Bez utworów zależnych 4.0
(CC BY-NC-ND 4.0).

Pełną treść licencji udostępniono na stronie
creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.pl.
Publikacja jest dostępna w Internecie na stronie Oficyny Wydawniczej PB.

Oficina Wydawnicza Politechniki Białostockiej
ul. Wiejska 45C, 15-351 Białystok
e-mail: oficina.wydawnicza@pb.edu.pl
www.pb.edu.pl

Spis treści

Wprowadzenie	5
1. Współczesne technologie – jak je rozumieć i jak nimi zarządzać	8
1.1. Pojęcie technologii, jej złożoność i dynamika rozwoju	8
1.2. Potrzeba i idea zarządzania technologią.....	22
2. Zarządzanie technologią w kontekście foresightu	33
2.1. Istota badań foresightowych i ich typologia.....	33
2.2. Foresight technologiczny a zarządzanie technologią.....	41
2.3. Metodyka badań foresightowych.....	45
3. Diagnoza technologii i analiza kierunków jej rozwoju – wybrane zagadnienia metodyczne	52
3.1. Podstawowe koncepcje analizy technologii	52
3.2. Wybrane metody analizy technologii i jej rozwoju	64
3.3. Mapowanie technologii jako współczesne ujęcie metodyki diagnozy technologii	80
4. Mapowanie technologii – wybrane doświadczenia	89
4.1. Wybrane zagraniczne inicjatywy badawcze	89
4.2. Krajowe doświadczenia foresightowe	103
4.3. Rekomendacje w zakresie metodyki mapowania technologii na potrzeby badań foresightowych	120
4.4. Pilotażowa adaptacja metodyki mapowania technologii w projekcie foresightu technologicznego.....	124
5. Propozycja metodyki mapowania technologii	135
5.1. Założenia metodyki mapowania technologii.....	135
5.2. Autorska metodyka mapowania technologii	139
5.3. Wizualizacja w metodyce mapowania technologii	155
Podsumowanie.....	163
Aneks. Załącznik 1. Przykład karty technologii	166
Bibliografia	170

Netografia	187
Spis tabel	191
Spis rysunków	192
Abstract.....	194

Wprowadzenie

Każda podejmowana obecnie decyzja dotycząca kierunków rozwoju technologicznego, aby zyskać miano racjonalnej, musi zostać poprzedzona analizą wielu czynników oraz zależności przyczynowo-skutkowych między nimi, które często są złożone i trudne do identyfikacji¹. Współczesna praktyka gospodarcza oraz nauka, wychodząc naprzeciw wyzwaniu realizacji określonych celów stawianych zarządzaniu, coraz częściej wskazują na procedury zarządzania zorientowanego na konkretne zagadnienie. Jedną z nich to zarządzanie technologią. Podejście w centrum zainteresowania stawia wdrażanie nowych, bardziej sprawnych i ekonomicznych technologii jako dominujących w doskonaleniu konkurencyjności przedsiębiorstwa². Równocześnie należy pamiętać, że wybór technologii wymaga posiadania odpowiednich zasobów wiedzy, która jest rozproszona oraz dotyczy wielu aspektów rozwoju technologicznego. Decydując o wyborze konkretnej technologii, poza wiedzą i umiejętnościami umożliwiającymi przeprowadzenie merytorycznej oceny technicznych właściwości i własności technologii bądź produktów, niezbędna jest także orientacja w zakresie procesów zarządczych, umiejętność współpracy ze specjalistami pochodzącymi z różnych środowisk oraz orientacja w aktualnych trendach rozwoju technologii. Istotne jest również doświadczenie, intuicja i umiejętność praktycznego wykorzystania metod naukowych, w tym predykcyjnych, szczególnie podczas podejmowania decyzji w niepewnych warunkach³.

Narzędziem wspomagającym w tym zakresie mogą być badania foresightowe, których przeprowadzenie umożliwia tworzenie wizji rozwoju z równoczesnym wskazaniem, jak doprowadzić do ich urzeczywistnienia. W odróżnieniu od przewidywania, foresight to proces, którego celem jest tworzenie przyszłości przez poszukiwanie wspólnej pożądanej wizji, która zostanie zrealizowana w wyniku działań podejmowanych

¹ J. Kaźmierczak, *Ocena oddziaływań społecznych innowacyjnych produktów i technologii* („technology assessment”), [w:] R. Knośala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją, Opole 2013, s. 124–137; Komitet Inżynierii Produkcji Polskiej Akademii Nauk, *Stan i perspektywy badań naukowych w obszarze inżynierii produkcji w Polsce*. Warszawa 2010.

² E. Pająk, *Zarządzanie produkcją. Produkt, technologia, organizacja*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006; I. Durlik, *Inżynieria zarządzania. Strategia i projektowanie systemów produkcyjnych*, cz.1, wyd. 7, Placet, Warszawa 2007; J. Łunarski, *O możliwościach standaryzacji zarządzania technologią*, „Zarządzanie i Marketing” 2010, nr 3, z. 17.

³ J. Kaźmierczak, *Ocena oddziaływań społecznych...*

dzisiaj. Za bardzo istotne wśród zagadnień podejmowanych w ramach realizacji badań foresightowych autorka uznaje szczególnie pierwszą fazę metodyki badań – obejmującą diagnozę istniejącego stanu. To w tej fazie dostarcza się informacji dla decydentów rozwoju technologicznego i w głównej mierze warunkuje się zasadność podejmowanych decyzji. Etap ten, bez względu na jego przedmiot, jest etapem wspomagającym tworzenie uzasadnionego obrazu przyszłych zmian. Równocześnie poruszony problem zarządzania technologią, ogniskuje się wokół podejmowanych w ramach zarządzania działań, które mają zapewnić równowagę w procesie formowania technologii, takich jak: identyfikacja, selekcja, nabycie, eksploatawanie, ochrona technologii oraz pozyskiwanie wiedzy płynącej z rozwoju oraz eksploatacji technologii⁴. W publikacji szczególną uwagę skierowano na znalezienie odpowiedzi na pytanie dotyczące sposobu identyfikacji i selekcji technologii w procesie zarządzania technologią w kontekście badań foresight, tak aby wykorzystać jak najobszerniejszy, uporządkowany zbiór dostępnej wiedzy o bieżącym stanie technologii. Obecnie nie znaleziono w literaturze metodyki diagnozy bieżącego stanu technologii stanowiącej zbiór założeń, zasad oraz algorytmu realizacji, warunkujących prawidłowy przebieg procesu diagnozy, zapewniających dostęp do wiedzy będącej podstawą wyboru technologii. Metodą, która stanowi jeden z możliwych sposobów wypełnienia zauważonej luki jest mapowanie technologii, rozumiane jako przeprowadzenie diagnozy bieżącego stanu technologii przy uwzględnieniu również relacji, jakie mogą zachodzić w większej grupie technologii. To metoda, o dużym potencjale wykorzystania, jednak nieuporządkowana w zakresie definicji, jak i przebiegu procesu badawczego. W ramach niniejszej publikacji podjęto się zatem opracowania metodyki mapowania technologii w badaniach foresightowych wspomagającej wybrane etapy procesu zarządzania technologią.

Publikacja obejmuje pięć rozdziałów, uzupełnionych wprowadzeniem, podsumowaniem oraz niezbędnymi spisami. W rozdziale pierwszym skupiono uwagę na technologii jako przedmiocie prowadzonych analiz. Omówiono istotę technologii, etymologię jej pojęcia, przybliżono pojęcia systemu technologicznego i jego komponentów, cyklu życia technologii, a także zwrócono uwagę na problemy w zakresie potrzeby i przebiegu procesu zarządzania technologią. W rozdziale drugim opisano istotę badań nad przyszłością. Scharakteryzowano badania foresightowe, ich założenia, cele i definicje, a także poddano analizie technologiczny kontekst badań foresightowych. Przytoczono również typologię i klasyfikację metod wykorzystywanych podczas realizacji tego typu badań oraz zwrócono uwagę na relację pomiędzy foresightem technologicznym a zarządzaniem technologią. W rozdziale trzecim przedstawiono metody analizy technologii i jej rozwoju oraz zwrócono uwagę na ogólną ideę metody mapowania technologii jako jednej z metod diagnozy bieżącego stanu technologii. Rozdział czwarty obejmuje opis wybranych zagranicznych oraz polskich doświadczeń z zakresu mapowania technologii. Z uwagi na dostępność danych dotyczących projektów foresightowym realizowanych w Polsce, dokonano analizy większości

⁴ D. Cetindamar, R. Phaal, D. Probert, *Understanding technology management as a dynamic capability: A framework for technology management activities*, "Technovation" 2009, nr 29, s. 237–246.

polskich projektów zarówno pod kątem przyjmowanej metodyki mapowania technologii, jak i elementów spójnych z jej ideą opisaną w poprzednim rozdziale. Zwrócono uwagę na przyjęte postępowanie badawcze, wykorzystywane narzędzia, generowane rezultaty, ich formę prezentacji. Zamieszczono również rekomendacje w zakresie mapowania technologii na potrzeby badań foresightowych wynikłe z przeprowadzonego przeglądu. Rozdział kończy opis pilotażowego wdrożenia metodyki mapowania technologii w wybranym projekcie foresightowym. W rozdziale piątym przedstawiono autorską propozycję metodyki mapowania technologii, poprzedzoną opisem przyjętych założeń. Zaprezentowano algorytm mapowania technologii jako rozszerzenie opracowanej metodyki, stanowiący wizualizację przebiegu procesu mapowania technologii, jak również przepływu wiedzy pomiędzy poszczególnymi fazami realizacji metodyki. W rozdziale poruszono też aspekt graficznej prezentacji danych tworzących strukturę sieciową w metodyce mapowania technologii.

1. Współczesne technologie – jak je rozumieć i jak nimi zarządzać

1.1. Pojęcie technologii, jej złożoność i dynamika rozwoju

Wdrażanie oraz stosowanie nowych technologii, a także doskonalenie już istniejących wymuszane jest często przez realia gospodarcze na funkcjonujących w ich obrębie podmiotach, w wyniku nieustannego rozwoju przemysłowego, coraz większej konkurencji oraz postępującej globalizacji⁵. Postawienie technologii w centrum działań przedsiębiorstwa umożliwia mu zajęcie odpowiedniej pozycji na rynku. Zauważono to już w latach czterdziestych XX wieku, kiedy dostrzeżono potrzebę rozwoju i wdrożenia technologii w procesach wytwórczych⁶. W późnych latach pięćdziesiątych stwierdzono, że to technologia jest czynnikiem odpowiadającym za wzrost ekonomiczny w dłuższym okresie w o wiele większym stopniu niż praca czy kapitał. Spostrzeżenie to przyczyniło się do przyznania jego autorowi – R. Solow – Nagrody Nobla w zakresie nauk ekonomicznych w 1987 roku⁷. Postęp technologiczny jest uznawany za główny wyznacznik rozwoju przemysłowego, a także krajowego wzrostu gospodarczego, zwiększa kapitał i wydajność pracy, kreując nowe produkty, usługi i systemy⁸.

Rozumienie pojęcia technologii jest niejednoznaczne i zależne od kontekstu, w którym jest rozważane. Odmienne rozumiana jest technologia, kiedy poszukiwane są priorytetowe rozwiązania dla danego obszaru, inaczej podczas procesu wytwarzania,

⁵ J. Łunarski, *Zarządzanie technologiami. Ocena i doskonalenie*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2009, s. 9.

⁶ I. Hejduk, W. Grudzewski, *Rozwój nowych technologii i ich wpływ na gospodarkę*, [w:] G. Wróbel (red.), *Flow Management. Zarządzanie przepływem w procesach biznesowych*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Informatyki i Zarządzania, Rzeszów 2010, s. 55; N. Sharif, *The evolution of Technology Management Studies*, Professorial Lecture, "Technology Management" 1995, nr 2, s. 119; J. A. Schumpeter, *The Theory of Economic Development*, Harvard University Press, Cambridge – Massachusetts 1949, s. 68.

⁷ E. Garfield, *Theory of Technology's Role in Economic Growth Brings MIT's Robert M. Solow the 1987 Nobel Prize in Economic Sciences*, "Current Contents" 1988, nr 17, s. 123.

⁸ J. Łunarski, *Zarządzanie technologiami...*, s. 9; Tae Joon Lee, *Technological learning by national R&D: the case of Korea in CANDU-type nuclear fuel*, "Technovation" 2004, nr 24, s. 288; G. R. Mitchell, *Global technology policies for economic growth*, "Technological Forecasting and Social Change" 1999, nr 60, t. 3, s. 207.

a jeszcze inaczej podczas czynności takich jak praca twórcza, podejmowanie decyzji czy obsługa klienta⁹. Wielość definicji wskazuje również na brak jednego pojęcia technologii – satysfakcjonującego większość jej odbiorców, stanowiącego precyzyjne wyjaśnienie istoty technologii. Wybrane definicje terminu technologia przedstawiono w tabeli 1.1.

Termin technologia jest złożeniem dwóch słów pochodzących z greckiego: *τεχνη* (*techne*), a więc ‘sztukę, rzemiosło, umiejętność’ a także *λογος* (*logos*), czyli ‘rozum, zbiór, nauka’¹⁰. W podstawowym i równocześnie najprostszym ujęciu można zatem rozumieć technologię jako naukę o praktyce wytwarzania¹¹. Według E. Chodakowskiej, niezależnie od rozumienia terminu technologii, każde ujęcie wskazuje na bezpośredni związek technologii z procesami wytwórczymi, praktyką przemysłową, usługami. Lokuje ona technologię w *continuum* wiedzy pomiędzy nauką a wiedzą specjalistyczną, przed sztuką/techniką przemysłową i praktyką rzemieślniczą. I chociaż granice pomiędzy wymienionymi obszarami są rozmyte i dynamiczne, to jednak warto zauważyć, że technologia, w przeciwieństwie do nauki, stanowi zasób o konkretnej wartości rynkowej¹². Kompleksowe, systemowe ujęcie prezentuje z kolei N. Sharif, wymieniający komponenty systemu technologicznego: *technoware* (narzędzia i urządzenia), *humanware* (umiejętności i talenty), *inforeware* (specyfikacje i przepisy) oraz *orgaware* (przepływy i procedury), jak również w późniejszych pracach *cysnetware* (przestrzeń wirtualna)¹³. W kontekście tak rozumianej technologii warto zauważyć, że Sharif podkreśla kluczowe znaczenie komponentu *humanware*, obejmującego szeroko pojęte umiejętności (nie tylko techniczne, ale też kreatywność czy umiejętność podejmowania decyzji)¹⁴. Z uwagi na systemowy charakter tego ujęcia nie można zapominać o dbałości o każdy z wymienionych komponentów technologii, gdyż jedynie ich dynamiczna interakcja spowoduje pojawienie się technologicznej wartości dodanej¹⁵. Spójne z ujęciem Sharif’a rozumienie pojęcia technologii prezentuje J. Łunarski. W jego opinii, technologia posiada wszystkie charakterystyczne cechy systemu (a więc posiada możliwą do zidentyfikowania, powiązaną z otoczeniem, o określonej historii rozwoju strukturę wewnętrzną, która realizuje ściśle określoną funkcję – wytwarzania

⁹ J. Łunarski, *Zarządzanie technologiami...*, s. 11.

¹⁰ R. J. Tulley, *Is There Techne in My Logos? On the Origins and Evolution of the Ideographic Term–Technology*, “The International Journal of Technology, Knowledge and Society” 2008, t. 4, nr 1, s. 93–104.

¹¹ A. Gudanowska, *Istota współczesnych technologii w kontekście procesów zarządzania technologią i foresightu technologicznego*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie” 2015, nr 83, s. 196.

¹² E. Chodakowska, *Hybrydowy model priorytetyzacji technologii*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2019, s. 17.

¹³ M. N. Sharif, *Measurement of Technology for National Development*, “Technological Forecasting and Social Change” 1986, nr 29, s. 119–172; M. N. Sharif, *Basis for Techno-Economic Policy Analysis*, “Science and Public Policy” 1988, nr 15, s. 217–229; M. N. Sharif, *Technology innovation governance for winning the future*, “Technological Forecasting and Social Change” 2012, nr 79, s. 596–598.

¹⁴ M. N. Sharif, *Technology innovation...*, s. 596–598.

¹⁵ N. Sharif, *The evolution of Technology Management...*, s. 127–128.

produktów lub usług)¹⁶. Wzorując się na ujęciu P. Lowe'a, Łunarski wymienia elementy strukturalne technologii takie jak: podstawowe zasady naukowe, *know-how* (praktyczna wiedza i umiejętności w sposobie wykorzystania naukowych zasad), metody realizacji procesów, narzędzia i urządzenia konieczne do przekształceń stanu wyrobu i jego finalnego wykonania oraz organizację/koordynację procesów przekształcania¹⁷. Ujęcie systemowe rozwija również K. Halicka wymieniając wśród komponentów składających się na technologię: sprzęt, maszyny, urządzenia, wyposażenia (*hardware*); oprogramowanie (*software*); środki łączności i sieci (*net*); procedury (*orgaware*); zasoby osobowe, ludzi wraz z ich kompetencjami (*humanware*); bazę danych (*database*) oraz przestrzeń wirtualną (*virtual space*)¹⁸. Autorka wskazuje również, że technologia może być rozpatrywana w pięciu kontekstach obejmujących: obiekty fizyczne i metody ich organizacji; zorganizowaną materię nieorganiczną; procesy, działania, czynności; wiedzę, umiejętności i kompetencje oraz naukę¹⁹.

TABELA 1.1. Definicje pojęcia technologia

Definicja technologii	Autor/źródło
Zespół nauk syntetycznych ukierunkowanych na badanie procesów i środków wytwarzania; odnajdywanie i formułowanie rządzących nimi praw i zasad oraz opracowywanie podstaw optymalizacji procesów wytwórczych	J. Kaczmarek
Zbiór wiedzy teoretycznej i praktycznej, umiejętności jej stosowania (<i>know-how</i>), a także metod, procedur, doświadczeń i urządzeń fizycznych	G. Dosi
Zastosowanie nowej wiedzy w procesie produkcji	R. M. Solow
Proces wytwarzania produktów i usług, ukierunkowany i wykonywany w zhierarchizowanym systemie produkcyjnym o jasno określonych elementach i ich powiązaniach, stworzonym na potrzeby realizacji tego procesu na podstawie dostępnej wiedzy teoretycznej i praktycznej	J. Łunarski
Środek umożliwiający realizację ludzkich celów, sformułowanych bardziej bądź mniej precyzyjnie (np. napędzanie samolotów bądź określenie sekwencji w próbie DNA)	W. B. Arthur
Wiedza o rodzajach techniki, metodach, konstrukcjach, czynnych nawet wówczas, gdy przyczyny ich pracy nie są jeszcze rozpoznane	N. Rosenberg
„Wytwór” powstały w wyniku działań człowieka, ściśle związany z jego życiem, cechujący się funkcjonalnością w zakresie rozwiązywania licznych, różnorodnych problemów	N. Sharif
Systematyczne stosowanie naukowej bądź innej wiedzy w praktyce	J. K. Galbraith

¹⁶ J. Łunarski, *Kluczowe procesy w systemowym zarządzaniu technologią*, „Technologia i Automatyzacja Montażu” 2009, nr 1, s. 4.

¹⁷ J. Łunarski, *Zarządzanie technologiami...*, s. 13.

¹⁸ K. Halicka *Prospektywna analiza technologii: metodologia i procedury badawcze*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2016, s. 20.

¹⁹ Ibidem, s. 14.

Definicja technologii	Autor/źródło
Nauka o przetwarzaniu zasobów naturalnych występujących w przyrodzie, a także wiedza rzemieślnicza objaśniająca kompleksowo, odpowiednio i zrozumiale całość podjętych działań, uzyskane rezultaty oraz ich przyczyny	J. Beckamann
Istotny zasób i/lub zdolność, który może być wykorzystany jako podstawa konkurencyjności	M. Torrkeli M. Tuominen
Wyposażenie, technika, czyli umiejętność i wiedza dotycząca jej stosowania przez organizację	L. Winner
Zastosowanie zasad nauki i wiedzy praktycznej w sposób usystematyzowany w odniesieniu do fizycznych faktów i systemów	P. Lowe
Proces polegający na przetwarzaniu w sposób celowy i ekonomicznie uzasadniony dóbr naturalnych, wyrobów i informacji w dobra użyteczne (produkty) wraz z wiedzą na ten temat	K. Halicka
Zasób wiedzy technicznej ale też umiejętności wpływających na obecną oraz przyszłą pozycję konkurencyjną przedsiębiorstwa na rynku	Technology Management Training Manual
Metoda realizacji procesu produkcyjnego lub przetwórczego, a także dziedzina techniki, która zajmuje się opracowywaniem metod produkcji wyrobów bądź przetwarzania surowców	Słownik języka polskiego

ŹRÓDŁO: opracowanie własne na podstawie: A. Gudanowska, *Istota współczesnych technologii w kontekście procesów zarządzania technologią i foresightu technologicznego*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie” 2015, nr 83, s. 196; J. Lünarski, *Zarządzanie technologiami. Ocena i doskonalenie*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2009, s. 9; W. B. Arthur, *The structure of invention*, „Research Policy” 2007, nr 36, s. 276; N. Sharif, *The evolution of Technology Management Studies*, Professorial Lecture, „Technology Management” 1995, nr 2, s. 114; G. Dosi, *Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinant and direction of technical change*, „Research Policy” 1982, nr 11, s. 147–162; M. Torrkeli, M. Tuominen, *The contribution of technology selection to core competences*, „International Journal of Production Economics” 2002, nr 77, s. 272; strona internetowa <http://thefrailestthing.com/2011/11/01/techno-logos-technology-technique/> [data wejścia 08.01.2021]; E. Garfield, *Theory of Technology's Role in Economic Growth Brings MIT's Robert M. Solow the 1987 Nobel Prize in Economic Sciences*, *Current Contents* 1988, nr 17, s. 123; A. Meijers, *Philosophy of Technology and Engineering Sciences*, Elsevier North-Holland 2009, s. 179–181; P. Lowe, *The Management of Technology: Perception and Opportunities*, Chapman & Hall, Londyn 1995, s. 18–19; R. Tavares, A. Avila-Merino, *Technology Management. Training Manual*, UNIDO/International Centre for Science and High Technology, 2008, s. 11; Portal Słownik języka polskiego Wydawnictwa Naukowego PWN, sjp.pwn.pl [data wejścia 08.01.2021]; K. Halicka *Prospektywna analiza technologii: metodologia i procedury badawcze*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2016, s. 21.

Przytoczone definicje technologii w różnych kontekstach poddają pod rozwagę także aspekt wiedzy związanej z technologiami. Wskazuje się, że wiedza technologiczna jest odmienna od wiedzy naukowej, a związki pomiędzy badaniami naukowymi a rozwojem technologii są niejednoznaczne. Sytuację, gdy odkrycia naukowe są bezpośrednią podstawą tworzenia przydatnych komercyjnych rozwiązań technicznych (sytuacja oparta na mechanizmie *technology push*) uznaje się za coraz rzadszą. Częstsza w praktyce jest sytuacja, gdy badania naukowe doskonałą produkt, w odpowiedzi

na konkretne oczekiwania odbiorców lub w wyniku świadomości niedoskonałości obecnego rozwiązania (mechanizm *market pull*)²⁰. Idea zakładająca, iż odkrycia nauki wyprzedzają aplikacje technologiczne, nie wydaje się zasadna w świetle analizy praktyki badawczej czy analizy historycznej²¹. Wychodząc od „paradygmatu technologii”²² A. Bouras i V. Albe wskazują, iż technologię należy postrzegać znacznie szerzej niż zbiór wiedzy teoretycznej, a wręcz jako dyscyplinę niezależną od innych dyscyplin naukowych²³. Z kolei M. Kondo podkreśla, że technologie stały się bardziej oparte na nauce, szczególnie w przypadku najnowszych osiągnięć technicznych (*high-tech*), co wymusza na przedsiębiorstwach współpracę z ośrodkami naukowymi i jednostkami badawczymi²⁴. Można zatem zauważyć, że zgłaszane przez rynek zapotrzebowanie na nowe technologie prowadzi częściej do sytuacji opracowania wdrożonego do praktyki rozwiązania niż ma to miejsce w przypadku projektów naukowych. Z drugiej strony to właśnie naukowe propozycje rozwiązań technologicznych bądź prowadzenie badań w zakresie poszukiwania nowych rozwiązań technologicznych są istotnym źródłem wiedzy o technologiach i warunkują rozwój danej dziedziny i innowacyjność pojawiających się propozycji. Praktyczne wdrożenie na rynku nie jest domeną każdego rozwiązania technologicznego, ale nawet w takim przypadku możliwe jest, że stanie się ono inspiracją dla innych pomysłów i rozwiązań²⁵. W opinii autorki oba mechanizmy – *technology push* oraz *market pull* – w równym stopniu oddziałują na tempo postępu technologicznego.

Trudność w jednoznacznym zdefiniowaniu technologii wpływa również na trudność w dokonaniu ich klasyfikacji. Łunarski podaje, że „w praktyce stosowane są różnorodne klasyfikacje wskazujące bezpośrednio lub pośrednio na wyroby, dziedziny działalności lub wynalazki, które z kolei wskazują na związane z nimi technologie”²⁶. Są to między innymi: Europejska Klasyfikacja Działalności (EKD); międzynarodowa klasyfikacja patentowa; klasyfikacja dziedzin działalności normalizacyjnej, wskazująca na główne kierunki działań zawiązanych z określonymi technologiami,

²⁰ K. Kłincewicz, M. Żemigala, M. Mijał, *Bibliometria w zarządzaniu technologiami i badaniami naukowymi*, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa 2012, s. 22–23.

²¹ A. Bouras, V. Albe, *Viewpoints of higher education teachers about technologies*, „International Journal of Technology and Design Education” 2008, nr 18, s. 288.

²² Pojęcie wprowadzone przez G. Dosiego w 1982 roku w publikacji *Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinant and direction of technical change*. „Paradygmat technologii” zdefiniowany został przez G. Dosiego jako „model” i jako „wzór” rozwiązania wybranych technologicznych problemów na podstawie wybranych zasad wywodzących się z nauk przyrodniczych oraz z wybranych technologii materiałowych. „Paradygmat technologii” zawiera ściśle wytyczne zarówno do pożądaných, jak i niepożądanych kierunków technicznej zmiany. Autor ponadto w tej samej publikacji wprowadza swoją definicję technologii (patrz tabela 1.1).

²³ A. Bouras, V. Albe, *Viewpoints of higher education ...*, s. 288.

²⁴ M. Kondo, *Networking for Technology Acquisition and Transfer*, „Management of technology. Selected Discussion Papers presented at the Vienna Global Forum, Vienna International Centre, Austria, 29–30 May 2001”, UNIDO, Wiedeń 2002, s. 118.

²⁵ A. Gudanowska, *Istota współczesnych technologii ...*, s. 197.

²⁶ J. Łunarski, *Zarządzenie technologiami...*, s. 16.

czy klasyfikacja dla prac B+R i działalności gospodarczej oparta na słowach kluczowych²⁷. Wśród przykładowych klasyfikacji można wymienić podziały na technologie: materialne (związane z materialnymi wyrobami i urządzeniami) lub niematerialne (dotyczące zagadnień organizacyjnych i społecznych, pełniące rolę uzupełniającą w stosunku do technologii materialnych); ogólne oraz szczegółowe; główne – stanowiące podstawę wytwarzania wyrobów – oraz wspomagające – zapewniające funkcjonowanie technologii głównych; systemowe/zintegrowane oraz zindywidualizowane; związane z cyklem życia wyrobów (technologie: pozyskiwania, przetwarzania, łączenia i dzielenia, utylizacji)²⁸. Z kolei R. C. Whelan identyfikuje technologie krytyczne – *critical technologies* (obejmujące wyróżniające się i podstawowe technologie, bezpośrednio wpływające na pozycję konkurencyjną przedsiębiorstwa), technologie wspomagające – *enabling technologies* (umożliwiające przedsiębiorstwu działanie, ale nie bezpośrednią konkurencję) oraz technologie strategiczne – *strategic technologies* (wciąż pozostające na wczesnym etapie rozwoju, ale stanowiące potencjalne źródło transformacji w technologię krytyczną, kreujące szansę na podniesienie konkurencyjności)²⁹. Ostatnie z wymienionych technologii – strategiczne – poruszają zagadnienie etapów rozwoju technologii, a więc jej cyklu życia, wprowadzając równocześnie kolejny ich podział na technologie wyłaniające się, rozwojowe, kluczowe, dojrzałe i przestarzałe³⁰.

Z perspektywy niniejszej publikacji interesującym podziałem był podział technologii uwzględniający aspekt relacji pomiędzy technologiami, szczególnie istotny w przypadku rozważań dotyczących liczniejszego zbioru technologii i konieczności ich porównywania. Według M. W. Pretoriusa i G. de Wet różne technologie mogą być: zależne od siebie, komplementarne względem siebie, niezależne od siebie, czy konkurencyjne względem siebie³¹. Liczebność technologii i relacji między nimi, według G. Adomavisiusa i in. utrudniają ich analizę. Autorzy wprowadzili zatem pojęcie ekosystemu technologii (*technology ecosystem*), zwracając uwagę na fakt, że spojrzenie na ekosystem technologii jako zestaw powiązanych ze sobą technologii umożliwia menedżerowi bardziej efektywną identyfikację czynników, które mogą stymulować innowacje, rozwój i adaptację nowych technologii, a tym samym determinować sukces działań przedsiębiorstwa w zakresie wykorzystania innowacji. W publikacji wspomnianych autorów wskazano na trzy istotne w poruszonym aspekcie wątki badawcze: pierwszy, sygnalizujący, że powiązane technologie stanowią system lub populację, której charakterystyki oraz członkowie zmieniają się z upływem czasu; drugi, wskazujący

²⁷ Ibidem, s. 16–20; P. Lowe, *The Management of Technology: Perception and Opportunities*, Chapman & Hall, Londyn 1995, s. 13–15.

²⁸ J. Łunarski, *Zarządzanie technologiami...*, s. 16.

²⁹ A. H. Molina, *Understanding the role of the technical in the build-up of sociotechnical constituencies*, "Technovation" 1999, nr 19, s. 4.

³⁰ J. Łunarski, *Zarządzanie technologiami...*, s. 30.

³¹ M. W. Pretorius, G. de Wet, *A model for the assessment of new technology for the manufacturing enterprise*, "Technovation" 2000, nr 20, s. 7.

na hierarchiczność organizacji złożonego systemu technologii (wedle porządku: *component-level technologies*, *product-level technologies* oraz *system of use*) i trzeci, podejmujący aspekt trajektorii i ścieżek innowacji technologicznych³².

Jak wynika z liczności, jak i treści przytoczonych definicji oraz ujęć technologii niezbędne podczas podejmowania badań technologii jest jej definiowanie w danym, konkretnym kontekście. Można wskazać elementy, na których skupia się istota technologii, a także aspekty, jakich nie należy pominąć dokonując jej analizy. Mając na uwadze istotę technologii będzie to sposób wytworzenia danego produktu, ale także wiedza, jaka powstaje w procesie jego wytwarzania, wiedza pochodząca z badań naukowych oraz doświadczeń wdrażających technologię przedsiębiorstw. Analizując technologię nie należy zapominać ponadto o jej dynamicznym charakterze oraz systemowym ujęciu istoty technologii, jak też relacyjności, która może wystąpić gdy poddajemy analizie liczniejszą ich grupę. **Definicja technologii**, przyjęta na potrzeby niniejszej publikacji to ujęcie jej jako **sposób uzyskania wyrobu z danego materiału, ale też system wiedzy, sposobów, procedur i kwalifikacji związanych z takimi zdolnościami jak projektowanie, produkcja oraz dostarczanie towarów i usług w celu zaspokojenia potrzeb rynkowych, zdolnościami pochodzącymi z praktycznej aplikacji wiedzy naukowej (również jako nowe zastosowanie rozwiązań już istniejących)**³³.

Dążąc do rzetelnego zrozumienia istoty technologii aspektem, na jaki należy zwrócić szczególną uwagę jest dynamika jej rozwoju. Technologia stała się siłą napędową zmian zachodzących we współczesnym biznesie. Ponadto jest to właściwie jedyny czynnik zdolny do zapoczątkowania realnej zmiany na rynku. Całe działy przemysłu, sektory, a także funkcje biznesowe są przekształcane właśnie poprzez technologię³⁴. J. Utterback opisuje przemiany, które wstrząsnęły wielkimi przemysłami i zmieniły sposób funkcjonowania społeczeństw, jak przykład zastąpienia lodu wykozystywanego jako jedyne źródło chłodzenia lodówkami czy porzucenie maszyny

³² G. Adomavicius, J. C. Bockstedt, A. Gupta, R. J. Kauffman, *Making Sense of Technology Trends in the Information Technology Landscape: A Design Science Approach*, "MIS Quarterly" 2008, t. 32, nr 4, s. 783. G. Adomavicius, J. C. Bockstedt, A. Gupta, R. J. Kauffman, *Technology roles and paths of influence in an ecosystem model of technology evolution*, "Information Technology and Management" 2007, nr 8, s. 185–202.

³³ T. Durand, *Twelve Lessons from 'Key Technologies 2005': the French Technology Foresight Exercise*, "Journal of Forecasting" 2003, nr 22, s. 168–169; K. Grysa (red.), L. Płonecki (red.), *Raport Foresight Wiodących Technologii Województwa Świętokrzyskiego*, raport w ramach projektu Foresight Priorytetowe technologie dla zrównoważonego rozwoju województwa świętokrzyskiego, Kielce 2008, s. 10–11; A. Gudanowska, *Istota współczesnych technologii...*, s. 202.

³⁴ J. Utterback, *The Dynamics of Innovation*, "The Internet and the University", Aspen Institute Forum 2002, Educase, s. 81; A. Antunes, C. Canongia, *Technological foresight and technological scanning for identifying priorities and opportunities: the biotechnology and health sector*, "Foresight" 2006, t. 8, nr 5, s. 32; S. Lee, M. Kim, Y. Park, *ICT co-evolution and Korean ICT strategy – an analysis based on patent data*, "Telecommunications Policy" 2009, nr 33, s. 496; S. A. W. Drew, *Building technology foresight: using scenarios to embrace innovation*, "European Journal of Innovation Management" 2006, t. 9, nr 3, s. 243.

do pisania na rzecz komputera³⁵. W obliczu tak silnego oddziaływania technologii na rynek, istotną staje się dynamika zmian dokonywanych w obszarze technologii. Potwierdzają to studia przeprowadzone przez E. Lichtenthalera, wskazującego, że beczynność wobec radykalnej zmiany technologicznej prowadzi w większości przypadków do upadłości przedsiębiorstw³⁶. Wagę technologii oraz następstw jej rozwoju podkreślił również M. Kondo analizując funkcję produkcji. Zakłada ona wzrost wartości dodanej w wyniku zmiany trzech surowców na wejściu. Spośród nich jedynie technologia jest czynnikiem, który jest w stanie zainicjować wzrost produkcji bez podwyższania w tym samym czasie wejściowego kapitału bądź pracy, a więc o największym potencjale w zakresie stymulacji realnych zmian rynkowych³⁷.

Podstawowym sposobem opisu dynamicznego rozwoju technologii jest model cyklu życia technologii. Tworzone są w jego kontekście analogie biologiczne – wyodrębnienie faz zbliżonych ideologicznie do narodzin, rozwoju, dojrzałości i śmierci organizmu³⁸. Zmiany opisane cyklem postępują wraz z upływem czasu lub, jak podaje K. Klincewicz, wraz ze wzrostem całkowitych nakładów na badania i rozwój danej technologii. Klasyczne modele cyklu życia technologii pochodziły z lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX wieku, a niewielkie różnice między nimi sprowadzały się do wykorzystanego nazewnictwa, wyodrębnienia faz cyklu oraz rekomendacji dla przedsiębiorstw, których rozwiązania technologiczne znalazły się w danej fazie³⁹.

Krzywa obrazująca cykl życia technologii (rysunek 1.1) zbliżona jest do cyklu życia produktu, choć jej podstawą nie jest pojedynczy produkt tylko technologia⁴⁰; ponadto cykl życia technologii jest często znacznie dłuższy niż cykl życia produktu⁴¹. Wyznaczenie krzywej może być zadaniem dość problematycznym, głównie z uwagi na ograniczenia wynikające z trudności określenia granic funkcjonowania technologii. Wiedza o technologii koncentruje się wokół danych problemów, do których rozwiązania wykorzystuje się naukowe zasady i wiedzę praktyczną. Często rozwój danego produktu wymaga rozwoju całego zestawu technologii, które – jak wskazywano – mogą mieć charakter kluczowy czy wspomagający⁴².

³⁵ J. Utterback, *The Dynamics of Innovation...*, s. 81–89.

³⁶ E. Lichtenthaler, *Managing technology intelligence processes in situation of radical technological change*, „Technological Forecasting and Social Change” 2007, nr 74, s. 1110–1111.

³⁷ M. Kondo, *Networking for Technology Acquisition and Transfer...*, s. 116; A. Gudanowska, *Mapowanie technologii jako jedna z metod analizy technologii w świetle wybranych zagranicznych doświadczeń*, „Economics and Management” 2014, nr 1, s. 266.

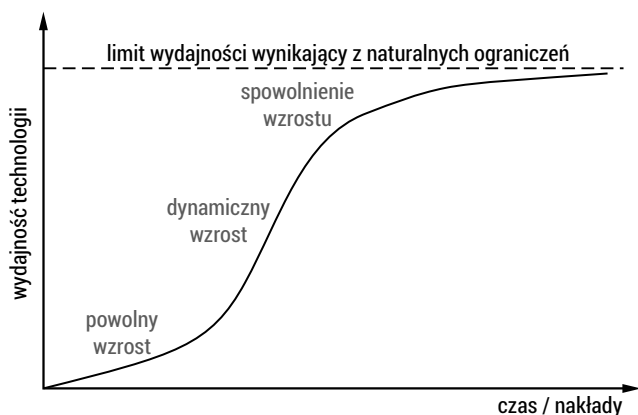
³⁸ P. Lowe, *The Management of Technology...*, s. 25.

³⁹ K. Klincewicz, *Zarządzanie technologiami. Przypadek niebieskiego lasera*, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2010, s. 41.

⁴⁰ Ibidem.

⁴¹ J. Łunarski, *Zarządzanie technologiami...*, s. 27.

⁴² R. Nowosielski, K. J. Gołębek, A. Jaskuła, *Wybrane aspekty oceny cyklu życia technologii*, materiały konferencyjne 12 Międzynarodowej Konferencji Naukowej *Achievements in Mechanical and Material Engineering*, [online], dostęp zdalny: http://jamme.acmsse.h2.pl/papers_amme03/12135.pdf, [data wejścia: 01.07.2021].



RYSUNEK 1.1. Model cyklu życia technologii

ŹRÓDŁO: K. Klincewicz, *Zarządzanie technologiami. Przypadek niebieskiego lasera*, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2010, s. 41.

Rozwój technologii przebiega zgodnie ze ścieżką wyznaczoną przez krzywą w kształcie litery S (krzywa S-kształtna, *S-curve*). Początkowo powolny rozwój nabiera z czasem dynamicznego charakteru, aby następnie wyhamować w chwili osiągnięcia granicy fizycznych możliwości doskonalenia technologii. Fakt istnienia granicy technologii (*technological frontier*⁴³) wraz z przekonaniem, iż nakłady na B+R prowadzą do doskonalenia technologii stanowią dwa podstawowe założenia modelu krzywej S. Należy ponadto pamiętać, że model przedstawia uproszczony schemat, oddający pewne prawidłowości w rozwoju, a nie stanowi dokładnego odwzorowania cyklu poszczególnych technologii⁴⁴.

W cyklu życia technologii wyróżnia się fazy i choć mogą być one nazywane nieco odmiennie przez różnych autorów, to wymienia się wśród nich: czas narodzin/wprowadzenia, wzrostu/rozwoju, dojrzałości oraz schyłku. Oś pozioma symbolizuje upływający czas związany z wzrostem nakładów na rozwój technologii. Oś pionowa odzwierciedlać może osiągnięte przez technologię wartości parametru technicznego (jak na rysunku 1.1). Warto zauważyć, że raz wprowadzone właściwości nie mogą ulec pogorszeniu, zatem krzywa nie powinna obniżać się a może jedynie ulegać stagnacji⁴⁵. Oś pionowa może odnosić się także to parametru ekonomicznego (na przykład zysk ze sprzedaży), wówczas krzywa w pierwszej fazie schodziłaby poniżej osi poziomej, a w końcowych etapach zauważalny byłby spadek reprezentowanych przez nią wartości (takie ujęcie technologii innowacyjnej prezentuje na przykład A. Moczała⁴⁶).

⁴³ P. Lowe, *The Management of Technology...*, s. 25.

⁴⁴ K. Klincewicz, *Zarządzanie technologiami...*, s. 41–42.

⁴⁵ Ibidem.

⁴⁶ A. Moczała, *Zarządzanie innowacjami. Narzędzia Innowatyki. Transfer Technologii. Zarządzanie Technologią*, Wydawnictwo Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, Bielsko-Biała 2005, s. 21.

Bardziej szczegółową klasyfikacją niż fazy są etapy cyklu życia technologii (rysunek 1.2). Można je scharakteryzować w następujący sposób⁴⁷:

- etap I – obejmuje wygenerowanie pomysłów nowej technologii, ich krytyczną analizę i selekcję, kwalifikację do dalszych prac rozwojowych; niezbędne jest określenie wewnętrznych potrzeb organizacji oraz zewnętrznych, które jej dotyczą, źródeł motywacji i zaangażowania potencjalnych twórców, środków i zasobów do realizacji pomysłu, dostępu do wiedzy i infrastruktury;
- etap II – wdrożenie technologii, obejmujący badania sprawdzające efektywność i skuteczność technologii, opracowanie niezbędnego oprzyrządowania, urządzeń i narzędzi, opracowanie parametrów ich pracy; stopień dopracowania technologii powinien umożliwiać jej pierwsze praktyczne zastosowanie/a;
- etap III – rozpoczęcie stosowania technologii; doskonalenie nowo wdrożonej technologii, aby ograniczyć jej wadliwość, podnieść jakość, udoskonalić instrukcje technologiczne; wraz z upływem czasu intensywność prac modernizacyjnych maleje;
- etap IV – rozwój stosowania technologii, którą cechuje jakościowe i produktywne wytwarzanie konkurencyjnych wyrobów, racjonalne wykorzystanie zasobów, zoptymalizowane parametry; technologia na tym etapie przynosi organizacji korzyści w formie klientów, marki, sprzedaży, zysku stanowiąc źródło przewagi konkurencyjnej;
- etap V – dojrzałość technologii, wysoki poziom doskonałości technologii, tempo jej ewentualnych modyfikacji jest niskie i bardziej kosztowne; jest technologią niezbędną z uwagi na produkcję lecz nie stanowi źródła przewagi konkurencyjnej;
- etap VI – usuwanie technologii, wówczas gdy brakuje możliwości zakupu alternatywnego rozwiązania technologicznego lub koszty zakupu są zbyt wysokie dla przedsiębiorstwa bądź efekty zastąpienia wykorzystywanej technologii są prognozowane jako nieznaczące.

Przyglądając się cyklowi życia technologii zauważyć można, że samo odkrycie naukowe jest niewystarczające, gdyż poznanie natury danego zjawiska nie stanowi źródła technologii⁴⁸. Autor A. S. C. Fernandes powołując się zarówno na badaczy amerykańskich, jak i europejskich wskazuje, że technologia jest nierozzerwalną częścią społeczeństwa⁴⁹, podobnie jak J. Łunarski wskazujący, iż technologie są „podstawą bytu jednostek, społeczeństw i całej cywilizacji”⁵⁰. Ewolucja technologii jest więc procesem nie tylko technicznym, lecz także społecznym⁵¹. W aspekcie tych

⁴⁷ J. Łunarski, *Zarządzanie technologiami...*, s. 27–29; P. Lowe, *The Management of Technology...*, s. 26; R. Nowosielski, K. J. Gołąbek, A. Jaskuła, *Wybrane aspekty oceny cyklu życia technologii...*

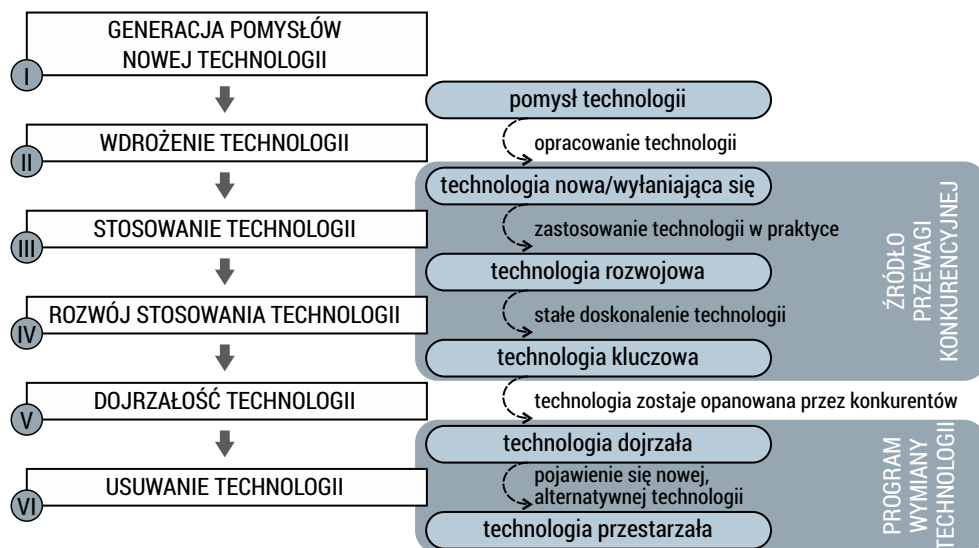
⁴⁸ J. Łunarski, *Zarządzanie technologiami...*, s. 22.

⁴⁹ A. S. C. Fernandes, *Assesing the technology contribution to value added*, „Technological Forecasting and Social Change” 2012, nr 70, s. 292.

⁵⁰ J. Łunarski, *Zarządzanie technologiami...*, s. 12.

⁵¹ K. Kłincewicz, M. Żemigła, M. Mijał, *Bibliometria w zarządzaniu technologiami...*, s. 31.

spostrzeżeń za źródła technologii i ich rozwoju uznaje się przede wszystkim potrzeby społeczeństwa (potrzeby bytowe, dominacja, przewaga militarna, potrzeba bezpieczeństwa, ale też rekreacji czy współdziałania) i kreatywność funkcjonujących w nim jednostek. Czynnikiem sprzyjającym rozwojowi technologii są również występujące w relacjach społecznych dążenie do uzyskania korzyści osobistych oraz dążenie do uzyskania przewagi konkurencyjnej⁵².



RYSUNEK 1.2. Etapy rozwoju technologii zestawione z procesem jej przemiany

ŹRÓDŁO: A. E. Gudanowska, *Jak analizować technologie? Wybrane zagadnienia z zakresu metodyki analizy technologii*, [w:] R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, t. 2, Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją, Opole 2014, s. 130.

Technologie nie rozwijają się w sposób prosty i liniowy. Autorka J. K. Musango wskazuje, że wyróżnia się cztery istotne charakterystyki rozwoju technologii: niepewność (*uncertainty*), dynamiczność (*dynamic*), systemowość (*systemic*) oraz kumulacyjność (*cumulative*). Niepewność związana jest z istnieniem wielu rozwiązań danego problemu. Trudno jednoznacznie wskazać, które z rozwiązań jest najlepsze w aspekcie wszystkich ekonomicznych, społecznych, technicznych, środowiskowych i innych czynników. Charakterystyka ta ma znaczenie na wszystkich etapach rozwoju technologii. Technologia i jej rozwój cechują się dynamizmem, zmienia się ona z upływem czasu (co jest uzasadnione przez kształt oraz analizę krzywej S). Ponadto, rozwój technologii nie może być traktowany jako odrębne, wyizolowane zdarzenie, związane tylko z samą technologią (systemowość rozwoju technologii), istnieją wzajemne interakcje między odbywającymi się jednocześnie technologicznymi, instytucjonalnymi i społecznymi zmianami. Z kolei kumulacyjność rozwoju technologii wynika z ciągłości zmiany

⁵² J. Łunarski, *Zarządzanie technologiami...*, s. 12, 20–23.

technologicznej, dokonującej się na bazie poprzedzających doświadczeń i zdobytej wiedzy. Oznacza to, że wydajność, a tym samym koszty produkcji zależne są od stadium cyklu życia technologii⁵³. Analizując przedstawione przez Musango charakterystyki rozwoju technologii warto zauważyć sygnalizowaną istotę faktu współwystępowania technologii⁵⁴.

Rozwój technologii wynika z innowacyjności, odkryć, zasad naukowych, danych i doświadczeń płynących z procesu produkcyjnego⁵⁵. Siłą inicjującą życie technologii jest inwencja. Rozwój technologii kształtuje natomiast innowacja. Istota innowacji została jako pierwsza dostrzeżona przez J. Schumpetera, który wprowadził trylogię „inwencja-innowacja-dyfuzja” (*invention-innovation-diffusion*)⁵⁶. Trylogia Schumpetera jest podstawowym ujęciem tematyki innowacji i dzieli proces zmiany technologicznej na trzy etapy: (1) oryginalnego pomysłu, koncepcji rozwiązania technicznego (inwencja); (2) skomercjalizowanego wynalazku, a więc przekształconego w produkt lub proces i wprowadzonego na rynek (innowacja); (3) proces upowszechniania innowacji na rynku wśród użytkowników (dyfuzja)⁵⁷.

W literaturze szeroko opisuje się innowację, a powszechnie pojęcie to jest traktowane jako równoznaczne z całym procesem zmiany technologicznej, oznaczające w najprostszym ujęciu wykonanie czegoś nowego. Do ujęcia tego przychylił się również J. Schumpeter, w jednej ze swoich ostatnich opublikowanych prac odnosił innowację do wykonania nowych rzeczy bądź wykonywania rzeczy już realizowanych w nowy sposób⁵⁸. Podejście „twórcy pojęcia innowacji” ukształtowało się w gospodarce kapitalistycznej, charakteryzującej się innym niż obecny zbiorem czynników produkcji. Obecnie to wiedza i informacja stały się czynnikami o dużym znaczeniu, niezbędnymi w ujęciu istoty innowacji. Innowacje utożsamia się zatem nie tylko z konkretnym efektem, zmianą czy procesem wprowadzającym nowatorskie rozwiązania, ale także z pomysłem, nową ideą⁵⁹. Według T. B. Kalinowskiego można wyróżnić dwa sposoby rozumienia innowacji: *sensu largo*, właśnie jako każdą nowość lub zmianę oraz *sensu stricto*, gdzie nacisk położony jest „na rozumienie innowacji jako zmiany w wyrobach i metodach wytwarzania, nie zaś we wszystkich

⁵³ J. K. Musango, *Technology Assessment of Renewable Energy Sustainability in South Africa*, rozprawa doktorska, Stellenbosch University, Matieland 2012, s. 18–19.

⁵⁴ A. Gudanowska, *Mapa relacji technologii jako narzędzie wspomagające proces ich selekcji*, w: R. Knosala (red.) „Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji”, t. 1, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2016, s. 61.

⁵⁵ A. Moczala, *Zarządzanie innowacjami...*, s. 18.

⁵⁶ D. Mahdjoubi, *Schumpeterian Economics and the Trilogy of 'Invention-Innovation-Diffusion'*, 1997, s. 2, [online], dostęp zdalny: www.ischool.utexas.edu/~darius/17-Schumpeter-innovation.pdf, [data wejścia: 01.07.2019].

⁵⁷ Ibidem; K. Klincewicz, *Zarządzanie technologiami...*, s. 27.

⁵⁸ D. Mahdjoubi, *Schumpeterian Economics...*, s. 3; J. Schumpeter, *The Creative Response in Economic History*, „The Journal of Economic History” 1947, t. 7, nr 2, s. 151.

⁵⁹ J. Nazarko, *Regionalny foresight gospodarczy. Scenariusze rozwoju innowacyjności mazowieckich przedsiębiorstw*, Związek Pracodawców Warszawy i Mazowsza, Warszawa 2013, s. 10–11.

obszarach funkcjonalnych przedsiębiorstwa”⁶⁰. Autorzy I. Hejduk i W. Grudzewski tłumaczą innowację w węższym ujęciu, wskazując, iż jest to nowa koncepcja produkcyjna, w wyniku której następuje ulepszenie techniki i technologii produkcji, a także powstają wyroby nowe bądź istotne zmiany w już wytwarzanych. Wskazują, że wedle przeprowadzonych studiów literaturowych innowacje postrzega się zarówno jako rezultat pewnych działań (jakiegokolwiek nowe dobro, usługa lub pomysł), a także jako cały proces ich realizacji (od pomysłu po upowszechnianie danego dobra). Ponadto, autorzy podkreślili, że w obecnych czasach cechujących się globalizacją, umiejętność kreowania innowacji ma kluczowe znaczenie w aspekcie działalności przedsiębiorstwa, gdyż jest warunkiem powodzenia ekonomicznego w dłuższym okresie⁶¹. Z kolei K. Galanakis traktuje innowację jako tworzenie nowych produktów, procesów, wiedzy lub usług, przy wykorzystaniu nowej bądź istniejącej, naukowej lub technologicznej wiedzy, odnoszących sukces na rynku, stanowiących pewne novum dla odkrywcy, sektora przemysłowego, gospodarki krajowej lub światowej⁶².

Innowacje mogą być postrzegane przez pryzmat różnych aspektów, co powoduje także ich liczne podziały⁶³. Jednym z nich, uwzględniającym kryterium skali, w jakiej zachodzą innowacje, jest podział ich na: przełomowe (*breakthrough, radical*), znaczące (*substantial, semi-radical*) oraz drobne usprawnienia (*incremental*)⁶⁴. Innym podziałem, tak zwaną klasyfikacją przedmiotową, jest wyszczególnienie innowacji produktowej, procesowej oraz strategicznej (bądź zamiast strategicznej: organizacyjnej i marketingowej)⁶⁵. Innowacje związane z technologią lokuje się bezpośrednio wśród innowacji procesowych (realizacja/przyjęcie nowych lub znacząco ulepszonych metod produkcji lub dostaw), a także łączone są z produktowymi (wdrożenie/komercjalizacja produktu o ulepszonych parametrach użytkowych)⁶⁶. W aspekcie innowacji o charakterze technologicznym, jak wskazują R. Garcia i R. Calantone, wielu autorów niespójnie i niejednoznacznie używa określeń innowacji jako radykalnej (*radical*), przyrostowej (*incremental*), nieciągłej (*discontinuous*) i zaburzającej (*disruptive*). Autorzy, prezentując obszerny przegląd literatury dotyczący innowacji, wyszli z założenia, że w przypadku innowacji technologicznej istotne są dwa fakty: proces innowacji obejmuje rozwój technologicznego wynalazku oraz wprowadzenie

⁶⁰ T. B. Kalinowski, *Innowacyjność przedsiębiorstw a systemy zarządzania jakością*, Oficyna a Wolters Kluwer business, Warszawa 2010, s. 16.

⁶¹ I. Hejduk, W. Grudzewski, *Zarządzanie technologiami: zaawansowane technologie i wyzwanie ich komercjalizacji*, Difin, Warszawa 2008, s. 242–248.

⁶² K. Galanakis, *Innovation process. Make sense using systems thinking*, “Technovation” 2006, nr 26, s. 1223.

⁶³ J. Nazarko, *Regionalny foresight gospodarczy. Scenariusze...*, s. 11.

⁶⁴ T. B. Kalinowski, *Innowacyjność przedsiębiorstw...*, s. 24.

⁶⁵ Ibidem, s. 26–27.

⁶⁶ OECD, *The measurement of scientific and technological activities. Proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data. OSLO MANUAL*, s. 9, [online], dostęp zdalny: www.oecd.org/sti/inno/2367580.pdf, [data wejścia: 20.09.2018]; A. Moczala, *Zarządzanie innowacjami...*, s. 10–11.

go na rynek dla użytkowników końcowych poprzez przyjęcie i dyfuzję (ujęcie jakie można utożsamiać z podejściem J. Schumpetera) oraz proces innowacji ma charakter „iteracyjny”, a więc automatycznie obejmuje pierwsze wprowadzenie nowej innowacji oraz przywrócenie udoskonalanej innowacji⁶⁷.

Analizując opisany uprzednio model cyklu życia technologii (rysunek 1.1) i mając na uwadze istotę innowacji można zauważyć, że to fazę dojrzałości technologii powinno charakteryzować poszukiwanie nowych źródeł przychodów i intensyfikacja prac badawczo-rozwojowych, tak by poprzez wykorzystanie innowacji uzyskiwać większe przychody poprzez stosowanie technologii dojrzałej. Okres wzrostu i dojrzałości w cyklu technologii jest czasem tak zwanej „żywności innowacji”. W okresie dojrzałości, wykorzystując możliwość substytucyjności w relacji pomiędzy technologiami można również wprowadzić technologię alternatywną, która pomimo niższych początkowo parametrów stopniowo, przez ich doskonalenie uzyska dużo wyższy poziom limitu fizycznych możliwości rozwoju technologii. Pomimo prostoty ujęcia (sprowadza się je do zestawienia dwóch krzywych S) jest ono istotnym sygnałem dla uczestników rynku o konieczności odpowiednio wczesnego zainteresowania potencjalnymi następcami technologicznymi⁶⁸.

Za podstawowe źródło innowacji uznać można środowisko, gdyż stymuluje, umożliwia dostrzeżenie oraz reakcję na zmiany. Innowacjami, zwłaszcza technologicznymi, mogą być prace naukowo-badawcze i naukowo-techniczne prowadzone przez ośrodki naukowe w kraju i zagranicą, informacje zamieszczane w dostępnych publikacjach i opracowaniach, informacje możliwe do zebrania na targach, wystawach czy zjazdach naukowych, a także nowe konstrukcje wyrobów, technologii i organizacji oraz wynalazki i udoskonalenia przeprowadzone już w samym przedsiębiorstwie. Stąd też sygnały do zmiany technologicznej płynąć mogą zarówno z wnętrza organizacji, ale także z zewnętrznych źródeł. Sygnały pojawiające się z zewnątrz nie wywołują dość szybkiej reakcji, a jak wykazał w swoich badaniach J. Utterback, większość innowacji zmieniających oblicze danej gałęzi przemysłu pochodziło spoza danej branży⁶⁹. Bez względu jednak na źródło innowacji, ważne jest, by starać się wykorzystać dokonującą się zmianę technologiczną, co wymaga przede wszystkim sprawnego zarządzania technologią.

⁶⁷ R. Garcia, R. Calantone, *A critical look at technical innovation typology and innovativeness typology: a literature review*, "Journal of Product Innovation Management" 2002, t. 19, s. 110–132.

⁶⁸ K. Klineciewicz, *Zarządzanie technologiami...*, s. 42–43; A. Moczała, *Zarządzanie innowacjami...*, s. 21.

⁶⁹ A. Moczała, *Zarządzanie innowacjami...*, s. 22–23; Międzynarodowe Centrum Nauki i Zaawansowanej Technologii ICS, *Zarządzanie technologią. Kurs Zarządzania Transferem Technologii*, UNIDO, [online], dostęp zdalny: www.uz.zgora.pl/~skotylak/kursy/ZT-part1.pdf, [data wejścia 01.07.2018]; J. Utterback, *Mastering The Dynamics of Innovation*, Harvard Business Press, 1996.

1.2. Potrzeba i idea zarządzania technologią

Obserwacja technologii nie jest obecnie wyborem, ale wymogiem przetrwania przedsiębiorstwa działającego na współczesnym rynku⁷⁰, a wiedza o technologiach jest jednym z elementów kształtujących rozwój gospodarczy. Jednak współczesne technologie to coraz bardziej złożone systemy, nierozzerwalnie związane z maszynami i urządzeniami tworzącymi podstawę systemu produkcyjnego, ale także z wyrobami wytwarzanymi za pomocą danej technologii⁷¹. Obecny rynek oczekuje na ogół produktów, które niekoniecznie będą służyć jego uczestnikom latami, ale takich, które będą lepsze od poprzedników pod względem ich formy, łatwości serwisu lub niezawodności w określonym czasie. Oczekiwania i potrzeby klientów determinują skracanie się cyklu życia wyrobu, a tym samym także cyklu zastosowania technologii. Technologie stają się elementem dominującym w podnoszeniu konkurencyjności wykorzystujących je przedsiębiorstw, a obserwacja w zakresie ich rozwoju ma zapewnić swego rodzaju zabezpieczenie inwestycji powiązanych z technologiami. Logiczna wydaje się potrzeba ustanawiania właściwego sposobu zarządzania technologią, tak jak ma to miejsce w wypadku zagadnień jakości, środowiska i bezpieczeństwa⁷². Komitet Inżynierii Produkcji Polskiej Akademii Nauk (KIP PAN) w sporządzonej w 2010 roku ekspertyzie wskazał, że nawet najlepiej opracowane konstrukcje i techniki związane z wytwarzaniem nie stanowią determinant skutecznego wdrożenia, a niezbędnymi działaniami w przedsiębiorstwie jest właściwie przygotowane zarządzanie produkcją, a także dbałość o rozwiązywanie problemów okołoprodukcyjnych. Z perspektywy KIP PAN elementy wiedzy ekonomicznej, czy społecznej, uwzględnienie zagadnień związanych z otoczeniem systemu produkcyjnego są również istotne jak podstawy techniczne⁷³.

Zainteresowanie zarządzaniem technologią jako obszarem badawczym znacznie wzrosło, szczególnie w ostatnich dwóch dziesięcioleciach, choć jego początki sięgają lat pięćdziesiątych XX wieku. Ukształtowało się jako samodzielna dyscyplina wraz z pojawieniem się profesjonalnych organizacji, jak PICMET (*Portland International Centre for Management of Engineering and Technology*) czy EITIM (*European Institute for Technology and Innovation Management*)⁷⁴. W procesie dokumentowania publikacji w tej tematyce odnotowano między innymi, że liczba opublikowanych artykułów w latach 1995–2005 wzrosła o ponad 160% w stosunku do lat poprzedzających (od roku 1986). Zagadnienie jest badane przez naukowców

⁷⁰ A. Gudanowska, *Maps of Technology Experts Relations and Technology Development Centers Relations as a Part of the Technological Knowledge Base in Foresight Studies*, "Journal of System and Management Sciences" 2016, nr 6/1, s. 15.

⁷¹ J. Łunarski, *Kluczowe procesy w systemowym zarządzaniu technologią...*, s. 4; J. Łunarski, *O możliwościach standaryzacji zarządzania technologią*, „Zarządzanie i Marketing” 2010, t. 17, nr 3, s. 250.

⁷² I. Hejduk, W. Grudzewski, *Zarządzanie technologiami...*, s. 328; J. Łunarski, *Kluczowe procesy w systemowym zarządzaniu technologią...*, s. 4.

⁷³ *Stan i perspektywy badań...*

⁷⁴ D. Cetindamar, R. Phaal, D. Probert, *Understanding technology management as a dynamic capability: A framework for technology management activities*, "Technovation" 2009, nr 29, s. 237–238.

publikujących wyniki swoich badań w takich czasopismach, jak “Technovation”, “Technological Forecasting and Social Change”, “Research Policy”, “IEEE Transaction on Engineering Management”, “Research-Technology-Management”, “International Journal of Technology Management” czy “Journal of Engineering and Technology Management”⁷⁵. Analizę rosnącego zainteresowania tematyką związaną z zarządzaniem technologią, popartą studiami bibliometrycznymi dotyczącymi publikacji z tego zakresu podejmują między innymi D. Cetindamar z współautorami⁷⁶ czy S. W. Cunningham i J. Kwakkel⁷⁷ oraz K. I. Pelc⁷⁸. W literaturze pojawia się także struktura zarządzania technologią (*technology management framework*⁷⁹). Podając za H. P. Tschirskym, zarządzanie technologią, obok potrzeby zrozumienia zakresu i potencjału obecnych jak i przyszłych technologii oraz rozwoju metod podnoszenia wiarygodności decyzji związanych z technologiami, jest jedynym z trzech głównych obszarów zainteresowań badawczych oraz praktycznych w zakresie zmian i postępu technologicznego⁸⁰.

Jak można zauważyć, analizując liczbę publikacji w zakresie zarządzania technologią w bazach wiedzy takich, jak Web of Science czy Scopus, w ostatnim dziesięcioleciu liczba ta regularnie przekraczała 100 publikacji rocznie. Najliczniej autorzy zarządzania technologią publikują prace w obszarach biznesu i zarządzania oraz inżynierii, choć wiele prac pojawia się także w obszarach: informatyka, nauki decyzyjne, czy nauki społeczne⁸¹. Na rysunku 1.3 przedstawiono mapę trendów badawczych w publikacjach dotyczących zarządzania technologią. Publikacje pochodziły z bazy danych Scopus z lat 2011–2016, oparto się na współwystępowaniu słów kluczowych podanych przez autorów z analizowanego zbioru publikacji.

⁷⁵ B. Beyhan, D. Cetindamar, *No escape from the dominant theories: The analysis of intellectual pillars of technology management in developing countries*, “Technological Forecasting and Social Change” 2011, nr 78, s. 103–115; T. Daim, H. Yalcin, *The Main Sources for Technology Management Research: A Bibliometric Approach*, 2019 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), Portland, OR, USA, 2019, s. 1–6.

⁷⁶ B. Beyhan, D. Cetindamar, *No escape from the dominant theories ...*, s. 103–115; D. Cetindamar, D. Kocaoglu, T. Lammers and J. M. Merigo, *A Bibliometric Analysis of Technology Management Research at PICMET for 2009–2018*, 2019 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), Portland, OR, USA, 2019, s. 1–7.

⁷⁷ S.W. Cunningham, J. Kwakkel, *Innovation forecasting: A case study of the management of engineering and technology literature*, “Technological Forecasting and Social Change” 2011, nr 78, s. 346–357.

⁷⁸ K. I. Pelc, *Knowledge Mapping: The Consolidation of the Technology Management Discipline*, “Knowledge, Technology & Policy” 2002, t. 15, nr 3, s. 36–44.

⁷⁹ R. Phaal, C. J. P. Farrukh and D. R. Probert, *A framework for supporting the management of technological knowledge*, “International Journal of Technology Management” 2004, nr 27, s. 1–15.

⁸⁰ H. P. Tschirsky, *The role of technology forecasting and assessment in technology management*, “R&D Management” 1994, t. 24, nr 2, s. 121.

⁸¹ A. Gudanowska, *Modern Research Trends within Technology Management in the Light of Selected Publications*, “Procedia Engineering” 2017, nr 182, s. 247–248; Eadem, *A map of current research trends within technology management in the light of selected literature*, “Management and Production Engineering Review” 2017, nr 8/1, s. 80–81.

W wyniku analizy mapy zauważony został silny trend łączenia badań odnoszących się do zarządzania technologią z kontekstem innowacji i zarządzania innowacjami. Należy zauważyć, że może on wynikać między innymi z definicji zarządzania technologią i faktem, że w dużej mierze obejmuje zarządzanie technologiczną innowacją. Silnym trendem badawczym okazały się także analizy odnoszące się do strategii zarządzania technologią, jak również zarządzania technologią informacyjną. Ciekawym obszarem, który pojawił się blisko centrum sieci był trend ukierunkowany na analizy związane z zarządzaniem wiedzą. Jako kontekst narzucany wielu analizom z różnych obszarów, to ten trend odzwierciedla zmiany w postrzeganiu całego procesu zarządzania technologią z wąsko ukierunkowanego na samą technologię, na proces ujmujący wiele aspektów, nie tylko technologicznych. Interesującymi, dostrzegalnymi trenami okazały się również te, które pojawiły się na obrzeżach mapy, jak analiza patentów czy zarządzanie technologiami zdrowia. Interesujące z perspektywy poszukiwania luk badawczych i nowych innowacyjnych tematów badawczych w zakresie zarządzania technologiami wydają się również obszary rzadziej występujące w zbiorze prac wziętych pod uwagę podczas tworzenia przedstawionej wizualizacji, ale współwystępujące z obszarami, które pojawiały się w nim często (jak analiza sieci społecznych czy proces rozmytej analitycznej hierarchizacji)⁸².

W aspekcie zdefiniowania tak chętnie rozwijanego zagadnienia można zauważyć, że w przeciągu lat wielu autorów tworzyło swoje ujęcia definicyjne zarządzania technologią. Autor J. Łunarski definiuje zarządzanie technologią jako „wszystkie działania z zakresu zarządzania, które decydują o stosowaniu polityki technologicznej, celach i odpowiedzialności, a także o ich realizacji w ramach organizacji za pomocą takich środków jak: planowanie, zapewnienie zasobów, organizowanie, i sterowanie rozwojem technologii oraz jej doskonalenie w procesach stosowania”⁸³. Badacz wskazuje równocześnie, że zdefiniowanie zarządzania technologią, z uwagi na różnorodność stosowanych technologii i użycie tego terminu w różnych sytuacjach, jest utrudnione⁸⁴. Z kolei I. Hejduk i W. Grudzewski sprowadzają zarządzanie technologią – powołując się na J. Bessanta – przede wszystkim do zarządzania zmianą technologiczną, charakteryzowaną przez umiejętność wykorzystania najnowszych osiągnięć nauki⁸⁵. Zarządzanie technologią zostało także zdefiniowane przez *The Task Force on Management of Technology* jako proces obejmujący działania planowania, rozwoju i realizacji możliwości technologicznych (*technological capabilities*), tak aby kształtować i osiągać strategiczne i operacyjne cele organizacji⁸⁶. Przedmiotem całego procesu w tym ujęciu są technologiczne możliwości danej organizacji, innymi słowy

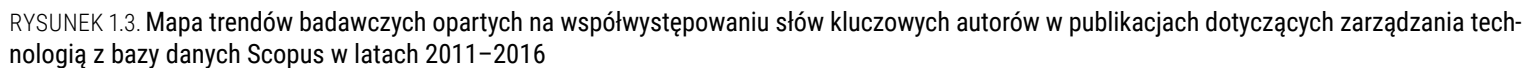
⁸² A. Gudanowska, *A map of current research trends within technology management...*, s. 86.

⁸³ J. Łunarski, *Zarządzanie technologiami...*, s. 205.

⁸⁴ Ibidem, s. 201.

⁸⁵ I. Hejduk, W. Grudzewski, *Zarządzanie technologiami...*, s. 324.

⁸⁶ NRC/National Research Council, *Management of Technology: The Hidden Competitive Advantage*, National Academy Press, Washington DC 1987, s. 9.



25

dostępny portfel (*portfolio*) technologii⁸⁷. Przytoczona definicja często pojawia się w literaturze światowej, choć wedle D. Cetindamara i in. pomimo, że ujmuje zarówno „twardy”, jak i „miękki” wymiar technologii, to stanowi statyczne ujęcie tematyki i nie uwzględnia dynamicznego charakteru procesu. Autorzy wskazują, że w aspekcie analizy zarządzania technologią niezbędne jest uwzględnienie kreowanych przez postęp technologiczny wyzwań oraz szans na rozwój nowego produktu, jak też dywersyfikację przemysłu⁸⁸.

W roku 1997 Drejer, w przeprowadzonym przeglądzie historii rozwoju zarządzania technologią, wskazywał na cztery szkoły związane z zagadnieniem: zarządzanie B+R (skupiające się na zasobach B+R, gdzie obiektem działań byli ludzie, idee, fundusze oraz kultura); zarządzanie innowacją (w przedsiębiorstwach, głównym obszarem działań były tu koncepcja, wynalazek i wykorzystanie technologii); planowanie technologiczne (również w przedsiębiorstwach, skupienie na analizie i planowaniu złożonego procesu rozwoju technologicznego) oraz strategiczne zarządzanie technologią (odbywające się przez zarządzanie i integrację technologii z innymi aspektami, tak by radzić sobie ze wszystkimi wymiarami ewolucji technologicznej). Autor wskazywał, że szkoły te były wzajemnie powiązane i stanowiły wzajemną inspirację do doskonalenia i budowy nowych teorii. Jednocześnie, każda szkoła rozwijała się także indywidualnie⁸⁹.

Bazę dla późniejszych przymysłów dla wielu autorów podnoszących tematykę zarządzania technologią w swoich pracach stworzył M. J. Gregory. Według opracowanego przez niego ujęcia zarządzanie technologią składa się z pięciu podstawowych procesów (rysunek 1.4)⁹⁰:

- identyfikacji technologii, które są bądź mogą być istotne dla organizacji;
- selekcji technologii;
- nabycia i przyswojenia wybranych technologii;
- eksploataowania technologii w celu osiągnięcia zysku;
- ochrony wiedzy i doświadczenia zgromadzonych w obrębie systemu produkcyjnego.

Wymienione procesy powinny być realizowane efektywnie, tak aby utrzymywać strumień przepływu produktów i usług na rynek. Struktura ta jest związana z innymi modelami obejmującymi takie procesy, jak: świadomość, nabycie, adaptacja, rozwój,

⁸⁷ J. J. Chanaron, D. Jolly, *Technological management: expanding the perspective of management of technology*, "Management Decision" 1999, nr 37/8, s. 614.

⁸⁸ D. Cetindamar, R. Phaal, D. Probert, *Understanding technology management ...*, s. 237–238.

⁸⁹ A. Drejer, *The discipline of management of technology, based on considerations related to technology*, "Technovation" 1997, nr 17/5, s. 253–265.

⁹⁰ M. J. Gregory, *Technology management: a process approach*, "Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers" 1995, nr 209, s. 347–356.

porzucenie (model D. J. Sumanth i J. J. Sumanth), czy pomysł, inkubacja, demonstracja, promowanie i utrzymanie (model V. J. Jolly). Podejścia te są ściśle związane z innowacjami i procesem rozwoju nowego produktu⁹¹.



RYSUNEK 1.4. Struktura zarządzania technologią wraz z przykładem działań w obrębie każdego procesu wedle spostrzeżeń M. J. Gregory'ego

ŹRÓDŁO: R. Phaal, C. J. P. Farrukh, D. R. Probert, *Technology management process assessment: a case study*, "International Journal of Operations & Production Management" 2001, t. 21, nr 8, s. 1118.

W kontekście spostrzeżeń M. J. Gregory'ego, dokonując modyfikacji tego ujęcia D. Cetindamar, R. Phaal, i D. R. Probert określili zarządzanie technologią jako skierowane na efektywną realizację, określone działania (identyfikacja, selekcja, nabycie, eksploatacja oraz ochrona technologii) podejmowane w celu osiągnięcia i utrzymania (lub wzrostu) wysokiej rynkowej pozycji, opierając się na celach organizacji⁹². Stworzona przez nich definicja porusza dwa istotne zagadnienia w zakresie zarządzania technologią⁹³:

⁹¹ R. Phaal, C. J. P. Farrukh, D. R. Probert, *Technology management process assessment: a case study*, "International Journal of Operations & Production Management" 2001, t. 21, nr 8, s. 1117; C. Kerr, C. Farrukh, R. Phaal, D. R. Probert, *Key principles for developing industrially relevant strategic technology management toolkits*, "Technological Forecasting & Social Change" 2013, nr 80, s. 1051.

⁹² R. Phaal, C. J. P. Farrukh, D. R. Probert, *Technology roadmapping – A planning framework for evolution and revolution*, "Technological Forecasting and Social Change" 2004, nr 71, s. 7.

⁹³ R. Phaal, C. J. P. Farrukh, D. R. Probert, *A framework for supporting the management of technological innovation*, conference "The Future of Innovation Studies", the Netherlands 2001, s. 5; D. Cetindamar, R. Phaal, D. Probert, *Understanding technology management ...*, s. 242.

- nawiązywanie i utrzymywanie powiązań między zasobami technologicznymi a celami organizacji ma ogromne znaczenie i jest stałym wyzwaniem dla firm, co wymaga efektywnej komunikacji i zarządzania wiedzą, wspartych właściwym postępowaniem i narzędziami, szczególnie istotna jest relacja pomiędzy komercyjnymi i technologicznymi funkcjami organizacji;
- efektywne zarządzanie technologią wymaga realizacji pięciu procesów (wprowadzonych przez M. J. Gregory'ego), które nie zawsze muszą być dobrze widoczne w organizacji, a mogą być uwikłane w inne procesy realizowane w organizacji, jak strategia, czy innowacje; z uwagi na dynamiczny charakter zarządzania technologią, duży nacisk kładzie się również na pozyskiwanie wiedzy z rozwoju i eksploatacji technologii.

Z racji swojej specyfiki, działania z zakresu zarządzania technologią ewoluując przeniosły się ze stabilnego obszaru badań i rozwoju do często dyskusyjnych i trudnych do przewidzenia działań strategicznych. Z czasem zauważalny stał się trend łączenia pojęcia zarządzania technologią z dwoma innymi zagadnieniami – innowacjami oraz zarządzaniem wiedzą, które w naturalny sposób zazębiają się, tworząc pewne wspólne płaszczyzny badań⁹⁴. Jak wskazuje V. Szum z współautorami zarówno naukowcy jak i praktycy poprzez zastosowanie zarządzania technologią szukają przewodnictwa w zakresie zarządzania wiedzą czy w obszarze rozwoju nowych produktów⁹⁵. Równocześnie związek między zarządzaniem technologią a innowacyjnością nie jest prosty, innowacje wymagają różnych praktyk zarządzania technologią na różnych etapach zdolności technologicznej⁹⁶. Zauważa się także konieczność dążenia do zrównoważenia w kwestii mechanizmów *technology push* oraz *market pull*, tak, aby proces zarządzania technologią stanowił odpowiedź na zgłaszany przez użytkowników popyt na konkretne nowe technologie oraz odzwierciedlał zamiar przedsiębiorstwa dotyczący późniejszego poszukiwania zapotrzebowania na nią i jej potencjalnych zastosowań⁹⁷.

Struktura zarządzania technologią ujmuje jego dynamiczny charakter, dbając równocześnie o odpowiednie relacje pomiędzy zasobami technologicznymi oraz celami przedsiębiorstwa, co wymaga skutecznej komunikacji, wysoce rozwiniętych umiejętności dialogu i zrozumienia oraz sprawnego zarządzania dostępną wiedzą. W kwestii działań podejmowanych w ramach struktury zarządzania technologią elementy, które można wymienić będą różne w zależności od wybranego źródła⁹⁸. Interesujące

⁹⁴ D. Cetindamar, R. Phaal, D. Probert, *Understanding technology management...*, s. 239–242.

⁹⁵ V. Shum, A. Park, E. Maine, L. F. Pitt, *A Bibliometric Study of Research-Technology Management, 1998–2017*, "Research-Technology Management" 2019, nr 62/1, s. 34–43.

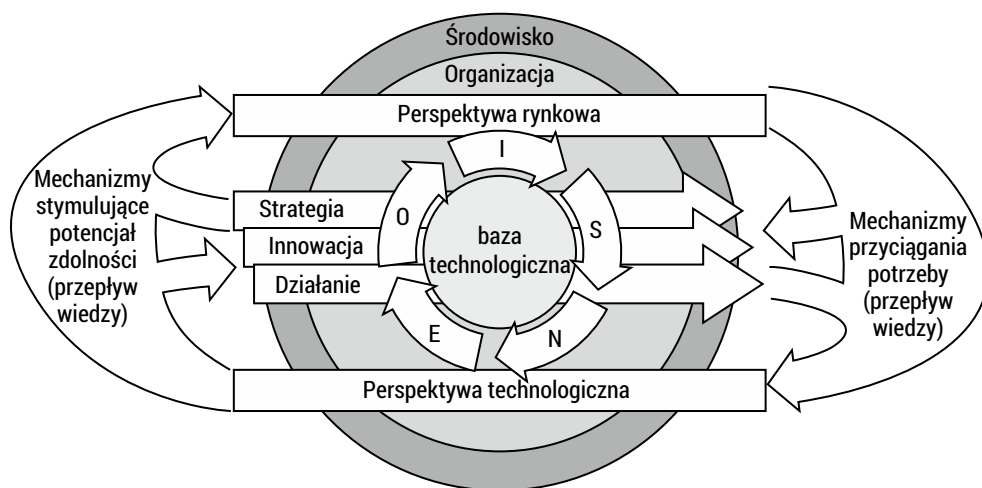
⁹⁶ Y. Liu, W. Wu, Y. Wang, *The Impacts of Technology Management on Product Innovation: The Role of Technological Capability*, "IEEE Access" 2020, nr 8, s. 210729–210730.

⁹⁷ *UNIDO Technology Foresight Manual. Organizations and Methods*. t. 1, UNIDO, Vienna 2005, s. 151.

⁹⁸ D. Cetindamar, R. Phaal, D. Probert, *Understanding technology management...*, s. 242.

podejście (rysunek 1.5), wprowadzone przez D. Cetindamara, R. Phaala i D. Proberta, scala wiele z obecnych w literaturze podziałów. Autorzy wskazali w jego obrębie działania w ramach zarządzania technologią⁹⁹:

- identyfikację (*identification*) technologii o realnym lub potencjalnym znaczeniu dla przedsiębiorstwa, obejmującą wyszukiwanie, kontrolę, gromadzenie informacji i ich przetwarzanie;
- selekcję (*selection*) technologii wymagającą podejmowania decyzji, poprzedzoną wskazaniem priorytetów przedsiębiorstwa na poziomie strategicznym, pozwalającą odnieść zidentyfikowane technologie do strategii biznesowej;
- nabycie (*acquisition*) uprzednio wyselekcjonowanych technologii, decyzje dotyczące nabycia dotyczą wyboru pomiędzy zakupem, współpracą bądź wykonaniem technologii;
- eksploataowanie (*exploitation*) technologii w celu dostarczenia finansowych lub innych korzyści dla przedsiębiorstwa;
- ochronę (*protection*) wiedzy i doświadczenia zdobytych w wyniku realizacji procesu produkcji;
- pozyskiwanie wiedzy (*learning*) płynącej z rozwoju oraz eksploatacji technologii, gdzie uwidacznia się silny związek z zarządzaniem wiedzą w organizacji.



I – identyfikacja, S – selekcja, N – nabycie, E – eksploatacja, O – ochrona technologii

RYSUNEK 1.5. Struktura zarządzania technologią

ŹRÓDŁO: D. Cetindamar, R. Phaal, D. Probert, *Understanding technology management as a dynamic capability: A framework for technology management activities*, "Technovation" 2009, nr 29, s. 240.

Zarządzanie technologią nie powinno ograniczać się do zarządzania konkretnym zestawem technologii, ale także rozwijać strategię ich wdrożeń w aspekcie dostępnych zasobów, obecnie stosowanych technologii, przyszłości rynku

⁹⁹ Ibidem, s. 242–243.

oraz społeczno-ekonomicznego środowiska¹⁰⁰. Według badania przeprowadzonego przez D. Cetindamar i in., zasadnicze wątki, które są przedmiotem zainteresowania autorów zajmujących się tematyką zarządzania technologią obejmowały głównie kwestie¹⁰¹:

- organizacji, jej kultury, struktury, kompetencji, wiedzy, kreatywności, idei zarządzania;
- polityki w dziedzinie technologii, a więc polityk i systemów zarządzania technologią, systemów innowacji w ujęciu narodowym, regionalnym, sektorowym;
- nabycia technologii, jej transferu, dyfuzji, adaptacji, rozpowszechniania.

Z kolei K. Klincewicz wśród zagadnień pozostających w obszarze zainteresowań badaczy zarządzania technologią wymienia¹⁰²:

- aspekt pojawiania się nowych technologii i ich wpływu na dotychczasową działalność i rozwój przedsiębiorstwa;
- identyfikację szans i zagrożeń w kontekście rozwoju technologii, zwłaszcza nowych i dynamicznie rozwijanych (*emerging technologies*);
- obserwację i analizę działań innych uczestników rynku, szczególnie w kwestii rezultatów prowadzonych prac badawczo-rozwojowych;
- decyzyjność w zakresie prowadzenia i koordynacji własnych działań badawczo-rozwojowych oraz rozwoju produktów technologicznych;
- wskazanie technologii o strategicznym i taktycznym znaczeniu;
- przygotowanie produktów technologicznych do wprowadzenia na rynek;
- rozwój kompetencji w wybranych obszarach;
- ochronę własności przemysłowej i intelektualnej przedsiębiorstwa.

Interesujące współczesne ujęcie procesu zarządzania technologią bazujące na studiach literaturowych, analizie studiów przypadków dotyczących zarządzania technologiami w przedsiębiorstwach klastrowych oraz badaniach ankietowych na temat uwarunkowań i etapów tego procesu przedstawia E. Krawczyk-Dembicka. W jej opinii model zarządzania technologiami w przedsiębiorstwie klastrowym składa się z dwóch części – procesu rozwoju technologii oraz pozostałych procesów operacyjnych. Cały proces Autorka podzieliła na pięć etapów, bazując wyjściowo na ujęciu M. Gregory'ego. Etap pierwszy to określenie oczekiwań, obejmuje ustalony ciąg działań mających umożliwić opracowanie założeń nowej technologii. Etap drugi to badanie technologii, podczas którego przeprowadzane są wstępne badania weryfikujące opracowane założenia technologii. Etap trzeci, czyli wykonanie technologii to jej pozyskanie/wprowadzenie do przedsiębiorstwa. Etap czwarty to uruchomienie

¹⁰⁰ S. Liao, *Technology management methodologies and applications. A literature review from 1995 to 2003*, "Technovation" 2005, nr 25, s. 381.

¹⁰¹ D. Cetindamar, S. N. Wasti, H. Ansal, B. Beyhan, *Does technology management research diverge or converge in developing and developed countries?*, "Technovation" 2009, nr 29, s. 51.

¹⁰² K. Klincewicz, *Zarządzanie technologiami...*, s. 25.

technologii, stanowiące ostatni etap należący do części procesu odnoszącej się do rozwoju technologii. Polega on na testowaniu technologii w warunkach rzeczywistych, jej modyfikacji, opracowaniu dokumentacji z nią związanej oraz szkoleniu pracowników obsługujących technologię. Dzięki jego realizacji jest możliwe przekazanie technologii do eksploatacji i wygenerowanie przez przedsiębiorstwo najszerzego zasobu wiedzy (teoretycznej oraz praktycznej) na temat technologii. Ostatni etap – etap piąty to wykorzystanie technologii przez jej eksploatację, poszukiwanie nowych możliwości zastosowania oraz modernizację zgodnie z nowymi potrzebami, jak również opcjonalne działania takie, jak likwidacja oraz ochrona wiedzy. Autorka podejścia zwróciła również uwagę na szczególną rolę współpracy w kontekście zarządzania technologią w przedsiębiorstwach funkcjonujących w obrębie klastra. Podkreśliła również, że zarządzanie technologiami w przedsiębiorstwach, aby było skuteczne, powinno być łączone ze strategią, innowacjami i procesami operacyjnymi, wspartymi dynamicznym przepływem wiedzy¹⁰³.

Przeanalizowane definicje, złożone i różnorodne obszary zainteresowania badaczy z zakresu zarządzania technologią oraz rozwój zagadnienia wskazują na wysoki poziom jego interdyscyplinarności. Biorąc pod uwagę stwierdzenie o ogromnej liczbie powstających każdego dnia technologii i wypływającej z tego faktu potrzeby szacowania ich wartości, tak aby świadomie wybierać, a następnie rozwijać najbardziej obiecujące technologie¹⁰⁴, autorka szczególną wagę przykłada do trzech spośród zidentyfikowanych w ramach struktury zarządzania technologią działań. Są to: identyfikacja technologii, ich selekcja oraz pozyskiwanie wiedzy płynącej z rozwoju i eksploatacji. Skupienie uwagi na tych trzech aspektach pozwala na zwiększenie zasadności decyzji organizacji podejmowanych w całym procesie zarządzania technologią i wspomaga rozwiązanie problemów zarządzania technologią, wymienianych przez K. Klincewicza, takich jak zrozumienie pojawiających się nowych technologii oraz ich znaczenia dla dotychczasowej działalności firmy, identyfikacja szans i zagrożeń, związanych z rozwojem technologii oraz wybór technologii o znaczeniu strategicznym.

Zarządzanie technologią jako dyscyplina ewoluowało, zmieniały się także główne obszary zainteresowań w jej obrębie. Obecnie to nie tylko skupienie na zarządzaniu technologiczną innowacją, ale także konkretne obszary działań, które brokerzy technologii muszą wykonywać w codziennej pracy. Warto podkreślić, że powinni być oni świadomi możliwych do wystąpienia powiązań między technologiami w przedsiębiorstwie, które rozwijają się jako powiązane ze sobą systemy, a nie odrębne byty;

¹⁰³ E. Krawczyk-Dembicka, *Model zarządzania technologiami w przedsiębiorstwie klastrowym – studium przypadku*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2019, s. 265–295; W. Urban, E. Krawczyk-Dembicka, *An In-depth Investigation of Technology Management Process in the Metal Processing Industry*, “European Research Studies Journal” 2020, nr 23/1, s. 115–136; W. Urban, E. Krawczyk-Dembicka, *Technology Management as a Process – a View from In-Depth Studies in Metal Processing Companies*, [w:] Hamrol A. (red.), Kujawińska A. (red.), Barraza M.F.S. (red.), *Advances in Manufacturing II*, Springer International Publishing, Cham 2019, s. 58–69.

¹⁰⁴ A. M. Pawlak, *Niszowe kierunki rozwoju regionów Polski*, prezentacja w ramach seminarium, Katowice 2010.

jest to szczególnie widoczne w kontekście chociażby opisanych w rozdziale technologii wspomagających pozwalających przedsiębiorstwu podejmować działania, choć nie konkurować. To przecież technologie wspomagające zapewniają funkcjonowanie technologii głównych będących trzonem procesu wytwarzania wyrobu. Zauważenie istniejących powiązań (relacji, koincydencji) pomiędzy technologiami w przedsiębiorstwie jest istotnym elementem rozsądnego zarządzania technologią¹⁰⁵.

Umiejętnie przeprowadzony proces zarządzania technologią jest zatem jednym z ważniejszych przejawów nowoczesności i efektywności danej organizacji. Efektywne zarządzanie technologią w zmiennych i złożonych warunkach rynkowych wymaga zestawu odpowiednich narzędzi, rozumianych zarówno jako konkretne metody, jak i techniki, procedury, modele czy koncepcje działania. Nowoczesne przedsiębiorstwa powinny monitorować pojawiające się na rynku nowe technologie, usługi, czy trendy konsumenckie. Potrzeba wspomagania analizy i rozwoju technologii w przedsiębiorstwie wymusza znajomość takiego pojęcia jak prognozowanie rozwoju technologii, jednak stosowanie w zakresie zarządzania technologią tradycyjnego planowania, modelowania, a także prognozowania powinno zostać wsparte także umiejętnością posługiwania się nowoczesnymi narzędziami z dziedziny zarządzania przyszłością¹⁰⁶. Jednym z takich narzędzi są badania określane mianem foresight, których prowadzenie jest zasadne szczególnie w szybko zmieniającym się środowisku. Badania te są jednym z nurtów badawczych w naukach o zarządzaniu, cechującym się wielością interesujących, często jedynie sygnalizowanych w dostępnej literaturze, wątków badawczych, a ich przeprowadzenie wymaga wykorzystania różnorodnych metod badawczych. Przedsiębiorstwa cechujące się wysokim potencjałem produkcyjnym, mające na celu ciągłe prowadzenie polityki innowacyjnej powinny posiadać zdolność wykorzystywania zarówno foresightu, jak i zakorzenionych w jego obrębie metod badawczych¹⁰⁷. W drugim rozdziale publikacji opisano zatem tematykę foresightu, skupiając się, z uwagi na przedmiot publikacji przede wszystkim na foresighcie technologicznym, wraz z ujęciem kontekstu zarządzania technologią.

¹⁰⁵ J. Łunarski, *Zarządzanie technologiami...*, s. 16.; A. H. Molina, *Understanding the role...*, s. 4.

¹⁰⁶ A. Magruk, A. E. Gudanowska, *Future management in the context of technology management*, [w:] J. Kałkowska (red.), *Applications of information technologies in management*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010, s. 15; R. Phaal, C. J. P. Farrukh, D. R. Probert, *Technology management tools: concept, development and application*, "Technovation" 2006, nr 26, s. 336–344; J. Łunarski, *Zarządzanie technologiami...*, s. 171; A. Magruk, *Foresight technologiczny a zarządzanie technologią*, "Problemy Eksploatacji" 2011, nr 3, s. 48.

¹⁰⁷ L. A. Costanzo, *Strategic foresight in a high-speed environment*, "Futures" 2004, nr 36, s. 219–235.

2. Zarządzanie technologią w kontekście foresightu

2.1. Istota badań foresightowych i ich typologia

Myślenie o przyszłości, przewidywanie jej lub prognozowanie od dawna jest przedmiotem ludzkiego zainteresowania. Świadczyć może o tym twórczość chociażby Platona, T. Moore'a, czy G. Orwella. Badania nad przyszłością zostały zainicjowane przez francuskiego myśliciela A. Comte'a w pierwszej połowie XIX wieku, z kolei H. Fayol w 1916 roku wskazywał, że przewidywanie oznacza ocenianie przyszłości i równoczesne przygotowanie się do niej¹⁰⁸. Prognozowanie pogody, trendów politycznych, militarnych, gospodarczych ma historię sięgającą tysięcy lat. Jak wskazywali J. R. Bright i M. E. F. Schoeman, świadomie czy też nieświadomie prognozuje każdy, kto w wyniku prowadzenia prac badawczo-rozwojowych przygotowuje bądź podejmuje inwestycyjne decyzje¹⁰⁹. Na bazie przewidywania oraz prognozowania podjęto badania foresightowe, wymuszone niejako przez dynamikę zmian charakteryzujących współczesne otoczenie jako instrument planowania i zarządzania przyszłością nauki, gospodarki i technologii.

Z pojęciem foresight utożsamia się poprzedzające ewolucyjnie pojęcia, jak prognozowanie, przewidywanie, czy planowanie, jednak sformułowanie to pojawiło się z uwagi na fakt, iż nie oddawały one istotny postępowania badawczego. Foresight różni się od prognozowania przede wszystkim dlatego, że jego nadrzędną rolą nie jest przewidywanie, ale zrozumienie przyszłości. Ponadto, w odróżnieniu od tradycyjnego planowania foresight zakłada wykorzystanie systematycznych metod, które obejmują znaczny przedział czasowy i uwzględniają aspekt partycypacji społecznej¹¹⁰. Prognozowanie, rozumiane jako naukowe przewidywanie przyszłości przy wykorzystaniu aparatu naukowego opiera się zazwyczaj na liczbach, wykorzystując metody

¹⁰⁸ J. R. Bright (red.), M. E. F. Schoeman (red.), *Prognozowanie w technice*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1978, s. 9; PARP, *Foresight jako Narzędzie Zarządzania Wiedzą i Innowacją*, Warszawa 2010, s. 7–8, publikacja dostępna również online na Portalu Innowacji www.pi.gov.pl, [data wejścia 04.02.2019].

¹⁰⁹ J. R. Bright (red.), M. E. F. Schoeman (red.), *Prognozowanie w technice...*, s. 10.

¹¹⁰ B. Piasecki, A. Rogut, *Foresight jako instrument zarządzania rozwojem regionalnym. Pierwsze doświadczenia*, Konferencja Otwierająca Przedsięwzięcie pn. Narodowy Program Foresight – wdrożenie wyników, 2011, s. 3.

analizy szeregów czasowych, analiz przyczynowo-skutkowych, analogii historycznej. Dopiero wykorzystanie metod heurystycznych wymaga oparcia się na opinii ekspertów. Foresight wykorzystuje kombinację metod z obu grup, ponadto nie stanowi zestawu możliwych do użycia technik, a raczej jest procesem, w trakcie którego realizacji można je wykorzystać¹¹¹. Tym z kolei, co odróżnia foresight od innych podejść długoterminowego myślenia o przyszłości, jak planowanie strategiczne, z którym bywa porównywany to partycypacja zainteresowanych grup interesariuszy, zorientowanie na działania (foresight jest zawsze próbą połączenia spostrzeżeń na temat dynamiki zmian z bieżącym podejmowaniem decyzji) oraz otwartość (celem podjętych działań nie jest wskazanie z góry określonej przyszłości, ale możliwych dróg jej rozwoju)¹¹².

Słowo foresight jest połączeniem dwóch słów: *forecasting* ‘prognostowanie’ oraz *sight* ‘spojrzenie’. Jest to aktywne przewidywanie przyszłości, co oznacza nie tylko określanie możliwych przyszłych zdarzeń, ale również zaplanowanie odpowiednich działań, które pozwolą najlepiej wykorzystać, to, co się wydarzy, jak też równolegle zminimalizować ewentualne zagrożenia¹¹³. Foresight wymaga więc w swym założeniu nie tylko spojrzenia w przyszłość w sposób usystematyzowany, uwzględniający szanse i zagrożenia związane z rozwojem społecznym, czy gospodarczym, lecz również bierze pod uwagę możliwość wpływu na bieg wydarzeń i przygotowanie odpowiednich działań wyprzedzających.

Jako pierwszy określenie foresight użył J. F. Coates w roku 1985, w kontekście strategicznych badań przyszłości, a początków foresightu jako metodyki można dopatrywać się w czasie drugiej wojny światowej, kiedy w armii amerykańskiej wykorzystano panel ekspercki i burzę mózgów. Foresight jako proces kształtował się w firmach przemysłu zbrojeniowego w późnych latach pięćdziesiątych XX wieku. Dziesięć lat później intensywne działania o charakterze foresightowym były prowadzone przez amerykański Departament Obrony oraz zrzeszenia przedsiębiorców związanych z przemysłem lotniczym oraz komputerowym. W latach sześćdziesiątych XX wieku powstały organizacje związane z badaniem przyszłości, takie jak *World Future Studies Federation*, czy *World Future Society*. W 1969 roku firma Rand Corporation zastosowała metodę wielokrotnego ankietowania dużych grup fachowców, co okazało się przełomem

¹¹¹ PARP, *Foresight jako Narzędzie Zarządzania Wiedzą i Innowacją...*, s. 6–7; B. Martin, *The origins of the concept of ‘foresight’ in science and technology: An insider’s perspective*, “Technological Forecasting and Social Change” 2010, nr 77, s. 1440; D. Szpilko, *Foresight as a Tool for the Planning and Implementation of Visions for Smart City Development*, “Energies” 2020, nr 13(7), s. 1–24; J. Ejdyś, A. Gudanowska, K. Halicka, A. Kononiuk, A. Magruk, J. Nazarko, Ł. Nazarko, D. Szpilko, U. Widelka, *Foresight in Higher Education Institutions: Evidence from Poland*, “Foresight and STI Governance” 2019, t. 13, nr 1, s. 77–89.

¹¹² P. Warnke, G. Heimeriks, *Technology Foresight as Innovation Policy Instrument: Learning from Science and Technology Studies*, [w:] C. Cagnin (red.), M. Keenan (red.), R. Johnston (red.), F. Scapolo (red.), R. Barre (red.), *Future-Oriented Technology Analysis*, Springer, Heidelberg 2008, s. 72.

¹¹³ A. Leszkowska, *Foresight to nie prognoza. Rozmowa z prof. Markiem Dietrichem*, „Sprawy Nauki – Biuletyn Ministra Edukacji i Nauki” 2004, nr 6–7, [online], dostęp zdalny: www.sprawynauki.waw.pl/?section=article&ref=issue&art_id=1169, [data wejścia 04.12.2018].

dla działań związanych z foresightem. Powstawanie społeczeństwa o coraz większej świadomości spowodowało, że metody wykorzystywane jedynie w obszarze wojskowości, znalazły zastosowanie najpierw w przemyśle, a następnie w społeczeństwie. Proces foresight przeprowadzono po raz pierwszy w Japonii w 1970 roku. Kolejne lata przyniosły zainteresowanie badaniami w takich krajach, jak Szwecja, Norwegia, Holandia, Korea Południowa, Niemcy, Francja i Portugalia¹¹⁴. Poglębianą analizę historii badań foresight znaleźć można w publikacjach między innymi K. Cuhlsa¹¹⁵, R. Johnsona¹¹⁶ czy L. Georghiou, który wyodrębnia trzy, a następnie pięć generacji badań foresightowych¹¹⁷. Z kolei wpływ przemian społecznych (przekształcenia od społeczeństwa rolniczego, przez przemysłowe i informacyjne po molekularne) na prognozowanie technologiczne oraz foresight jest przedmiotem zainteresowania H. A. Linstone'a¹¹⁸.

Foresight stanowił innowację socjoekonomiczną, co spowodowało, że przez pierwsze lata był procesem elitarnym, stosowanym jedynie przez kilka krajów, które cechowały się dynamizmem rozwoju oraz zaawansowaniem technologicznym. Koniec roku 2004 to czas, w którym obejmował już większość krajów europejskich. Liczba projektów foresightowych zarówno w Polsce, jak i na świecie wciąż wzrastała. W 2011 roku *European Foresight Monitoring Network* (EFMN) – sieć monitorująca projekty foresightowe na świecie – odnotowała, iż liczba zrealizowanych i trwających projektów zbliża się do 2000. W Polsce od chwili rozpoczęcia pierwszej inicjatywy w roku 2003 (*Pilotażowy Narodowy Projekt Foresight* w obrębie pola badawczego „Zdrowie i Życie”) to ponad 40 projektów realizowanych bądź zrealizowanych w 11 województwach¹¹⁹.

¹¹⁴ Ibidem; R. Cachia, R. Compañó, O. Da Costa, *Grasping the potential of online social network for foresight*, “Technological Forecasting and Social Change” 2007, nr 74, s. 1180; J. Kuciński, *Organizacja i prowadzenie projektów foresight w świetle doświadczeń międzynarodowych*, Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN, Warszawa 2006, s. 3–5; *Między nauką a gospodarką – kontynuacja czy reforma?*, Niebieskie Księgi 2005, Polskie Forum Strategii Lizbońskiej, Gdańsk, t.18, s. 98–102.

¹¹⁵ K. Cuhls, *From Forecasting to Foresight Processes – New Participative Foresight Activities in Germany*, “Journal of Forecasting” 2003, nr 23.

¹¹⁶ R. Johnson, *Future Critical and Key Industrial Technologies as Driving Forces for Economic Development and Competitiveness*, UNIDO Technology Foresight Summit, Budapest 2007; R. Johnson, *Historical Review of the Development of Future-Oriented Technology Analysis*, [w:] C. Cagnin (red.), M. Keenan (red.), R. Johnston (red.), F. Scapolo (red.), R. Barre (red.), *Future-Oriented Technology Analysis*, Springer, Heidelberg 2008, s. 18–21.

¹¹⁷ L. Georghiou, *Third Generation Foresight: Integrating the Socio-economic Dimension*, Proceedings of the International Conference on Technology Foresight – The Approach to and Potential for New Technology Foresight, NISTEP Research Report, nr 77, Tokyo 2001; L. Georghiou, *Future of Forecasting for Economic Development*, UNIDO Expert Group Meeting on the Future of Technology Foresight, Vienna 2007.

¹¹⁸ H. A. Linstone, *Three eras of technology foresight*, “Technovation” 2011, nr 31, s. 69–76.

¹¹⁹ *Między nauką a gospodarką – kontynuacja czy reforma?...; R. Szewczyk (red.), Jak realizować projekty FORESIGHT na potrzeby zrównoważonego rozwoju regionu*, Ośrodek Przetwarzania Informacji, Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, Warszawa 2008; J. Nazarko (red.), *Badanie ewaluacyjne projektów foresight realizowanych w Polsce*, MNiSW, Warszawa 2012.

W literaturze występuje wiele definicji foresightu. Autorzy H. Grupp i H. Linstone opisali foresight jako odpowiednik wiązki systematycznych wysiłków patrzenia w przeszłość i dokonywania bardziej efektywnego wyboru. Ujęcie to wymaga założenia, że nie istnieje pojedyncza przyszłość, tylko możliwe są jej liczne warianty zależne od działania lub jego braku w chwili obecnej (zaistnieje jedynie jeden z wariantów)¹²⁰. Biorąc pod uwagę definicję B. Martina można z kolei zauważyć, że foresight jest procesem zaangażowanym w długookresową przyszłość nauki, technologii, gospodarki, środowiska i społeczeństwa, realizowanym w celu identyfikacji kluczowych technologii oraz pobudzenia strategicznych obszarów badań, rokujących największe korzyści w aspekcie społecznym bądź ekonomicznym¹²¹. Z kolei J.A. Heraud i K. Cuhls przedstawiają foresight jako proces budowania wspólnego postrzegania trendów w długim okresie, cechujący się systematycznością¹²². Do podstawowych zadań badań foresightowych należy wsparcie procesu podejmowania decyzji strategicznych. Realizacja badań powinna dostarczać decydentom alternatywnych scenariuszy przyszłości, których zaistnienie zdeterminowane jest podejmowanymi w dniu dzisiejszym decyzjami¹²³. Zgodnie z założeniami badań foresightowych przyszłość można kreować bazując na istniejącej rzeczywistości.

Inną kwestią, na którą zwraca się uwagę w aspekcie badań foresightowych jest waga konsultacji społecznych. Podejmowane działania mają angażować społeczeństwo w otwartą dyskusję nad przyszłością i tworzyć tak zwaną kulturę budowania społecznej wizji myślenia o przyszłości. Podczas realizacji projektów jest niezbędna dbałość o wysoki poziom partycypacji społecznej, poprzez zaangażowanie nie tylko naukowców, czy przedsiębiorców, ale także przedstawicieli administracji publicznej, organizacji pozarządowych, czy polityków¹²⁴. Przeprowadzenie szerokich konsultacji społecznych, determinuje charakter finalnych rekomendacji oraz opracowań, stanowiących nie tylko opinię wyspecjalizowanej grupy ekspertów, jak w przypadku większości tworzonych strategii, czy planów rządowych, ale również weryfikuje rezultaty wypracowane przez specjalistów z danej dziedziny z rzeczywistą na nie reakcją społeczną¹²⁵. To w dużej mierze od doboru środowiska społecznego zależeć będzie

¹²⁰ H. Grupp, H. A. Linstone, *National Technology Foresight Activities Around the Globe: Resurrection and New Paradigms*, "Technological Forecasting and Social Change" 1999, nr 60, s. 85–94.

¹²¹ B. R. Martin, *Foresight in Science and Technology*, "Technology Analysis & Strategic Management" 1995, s. 139–168.

¹²² J.-A. Heraud, K. Cuhls, *Current foresight activities in France, Spain, and Italy*, "Technological Forecasting and Social Change" 1999, nr 60, s. 56.

¹²³ K. B. Matusiak (red.), *Foresight kadr nowoczesnej gospodarki*, PARP, Warszawa 2009, s. 80.

¹²⁴ A. Matczewski, *Raport końcowy z realizacji Pilotażowego Projektu Foresight w polu badawczym Zdrowie i Życie*, Warszawa 2005; E. Okoń-Hordyńska, *Foresight – czyli jak określać priorytety rozwoju innowacji*, [w:] J. Szablowski (red.), *Zarządzanie innowacjami – teoria i praktyka*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Finansów i Zarządzania w Białymstoku oraz Balikesir Üniversitesi, Białystok 2006.

¹²⁵ A. E. Gudanowska, *Foresight – kolejny krok na drodze ewolucji zarządzania*, Materiały Krakowskiej Konferencji Młodych Uczonych 2011: Sympozja i konferencje KKMU, nr 6, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Grupa naukowa Pro Futuro, Kraków 2011, s. 839–847.

wdrażalność oraz rzeczywista użyteczność rezultatów generowanych przez projekt foresightowy. Zagadnienie to zdaje się być istotne również w świetle prowadzonych w literaturze badań polskich projektów foresight, gdzie jako nieformalne efekty realizacji projektów wskazuje się najczęściej tworzące się podczas ich przeprowadzania sieci współpracy. Formowanie nowych sieci komunikacji i współpracy wskazywane jest także jako jeden z czynników o dużym znaczeniu dla oddziaływania projektu na innowacyjność gospodarki¹²⁶. Warto podkreślić, że nadrzędnym celem foresightu nie jest przewidzenie przyszłości, co jest nieosiągalne w większości przypadków. Zamiast tego ma on na celu otwarcie umysłów społeczeństwa na nowe możliwości, przyczyniając się w ten sposób do kształtowania jej w pożądanym kierunku. Stąd też nie jest to obszar zarezerwowany jedynie dla specjalistów, ale stanowi otwartą sferę, gdzie każdy może podzielić się swoimi poglądami dotyczącymi przyszłości i dążenia do niej¹²⁷.

Foresight można określić jako systematyczny i uporządkowany instrument analizujący zjawiska kompleksowo, poprzez pogłębioną analizę, przy zaangażowaniu różnych grup interesariuszy, będący szansą na pełniejsze zrozumienie potencjału sektora nauki, jak i technologii, postrzeganego za kluczowy w procesie podejmowania decyzji¹²⁸. Stał się on swego rodzaju wygodnym skrótem¹²⁹ oddającym w jednym słowie ideę kryjących się za nim działań wraz z ich obszernym kontekstem.

Projekty o charakterze badań foresightowych można klasyfikować według różnych kryteriów. Zgodnie z jednym z podstawowych i często cytowanych w literaturze podziałów uwzględniających obszar, którego dotyczą badania można wyodrębnić: foresight globalny – skupiający interesariuszy z całego świata na wyzwaniach globalnych związanych między innymi z klimatem, wodą, energią, przyspieszeniem technologicznym czy cyfryzacją; foresight międzynarodowy – o udziale przynajmniej kilku regionów lub krajów, główna uwaga skupiona jest na propagowaniu efektywnych i bardziej adekwatnych strategii rozwoju badań i technologii, realizowane głównie w UE; foresight narodowy – pozwalający na wyznaczenie wizji rozwojowych kraju, zrzeszający specjalistów i organizacje kompetentne w zakresie wyznaczania kierunków zrównoważonego rozwoju danej gospodarki, wspólnej wizji przyszłych osiągnięć ekonomicznych, społecznych i politycznych; foresight regionalny – za cel przyjmuje się wyznaczenie pożądanego kierunku rozwoju regionu; foresight branżowy – skupiający się na rozwoju konkretnej branży oraz foresight korporacyjny – obejmujący

¹²⁶ J. Nazarko (red.), *Badanie ewaluacyjne projektów foresight realizowanych w Polsce...*

¹²⁷ R. Cachia, R. Compañó, O. Da Costa, *Grasping the potential...*, s. 1181.

¹²⁸ E. Okoń-Horodyńska, *Narodowy Program Foresight, a foresight regionalny*, [online], dostęp zdalny: www.pbf.pl/foresigh/pictures/npf-eoh-krakow040312_pliki/frame.htm, [data wejścia: 04.02.2019]; K. Safin, J. Ignacy, *Foresight strategiczny jako narzędzie kształtowania przyszłości*, s. 13, [online], dostęp zdalny: www.qol.ue.wroc.pl/p/_/65/foresight_strategiczny_jako_narzedzie.pdf, [data wejścia 04.02.2019]; J. P. Gavigan, F. Scapolo, *A comparsion of national foresight exercises*, "Foresight" 1999, t. 1, nr 6, s. 509–510.

¹²⁹ B. Martin, *The origins of the concept of 'foresight' in science and technology...*, s. 1440.

rozwój danej firmy, polegający na systematycznym i partycypacyjnym budowaniu wizji przedsiębiorstwa, a także identyfikacji czynników kluczowych w długoterminowej strategii jego rozwoju¹³⁰.

Badacz J. Nazarko określa profil foresightu, orientując się na cele prowadzonych badań (w przypadku przywołanej publikacji podział dotyczy foresightu regionalnego – choć w opinii autorki publikacji może być on wprost odniesiony do pozostałych klas foresightów wyodrębnionych ze względu na obszar). Określa charakter foresightu jako¹³¹:

- społeczny – którego celem jest budowa platform współpracy, kooperacji, zacieśnienia więzi pomiędzy interesariuszami;
- strategiczny – skoncentrowany na tworzeniu nowych bądź przebudowie istniejących strategii rozwoju;
- technologiczny – jego zasadniczym celem jest rozwój określonych rozwiązań technologicznych, które implikują rozwój obszaru, którego dotyczy badanie;
- gospodarczy (ekonomiczny) – przedsięwzięcia ukierunkowane na wzrost gospodarczy, a więc na poprawę ogólnej sytuacji ekonomicznej podmiotu realizującego projekt.

Według A. Kononiuk wyodrębnia się również nowe tendencje w podziale badań foresightowych, uwzględniając specyfikę ich realizacji. Jeden z dostępnych w literaturze podziałów wprowadza pojęcia: foresightu krytycznych studiów nad przyszłością (*practice of foresight of critical futures studies*) jako określenie wykorzystania teorii w badaniach nad przyszłością oraz foresightu praktycznego (*praxis foresight*), którego zasadniczym celem jest zaspokojenie potrzeb praktycznych. Autorka przywołuje także podział wedle D. Loveridge'a wyodrębniając foresight rzeczywisty (*real foresight*), charakteryzujący się zaangażowaniem wąskiej grupy osób i skupieniem na zdarzeniach o bardzo niskim prawdopodobieństwie wystąpienia, ale dużej sile oddziaływania – oraz foresight formalny/instytucjonalny (*institutional foresight*), który stanowi raczej inwentaryzację wiedzy o zjawiskach o wyższym prawdopodobieństwie wystąpienia i niższej sile oddziaływania¹³².

¹³⁰ U. Glińska, A. Kononiuk, Ł. Nazarko, *Przegląd projektów foresightu branżowego w Polsce*, [w:] *Raport z działalności Grupy Wsparcia przy Komitecie Sterującym Narodowego Programu Foresight „Polska 2020”*, Warszawa 2009, s. 85; A. M. J. Skulimowski, *Metodyka foresightu strumieni odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego*, raport z prac badawczych realizowanych w ramach projektu „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny”, Fundacja „Progress and Business”, Kraków 2011, s. 13–16; strona internetowa Fundacji Progress & Business, [online], dostęp zdalny: <https://www.foresight.pl/taksonomia-projektow-foresightowych.html> [data wejścia 21.10.2021].

¹³¹ J. Nazarko, *Regionalny foresight gospodarczy. Metodologia i instrumentarium badawcze*, Związek Pracodawców Warszawy i Mazowsza, Warszawa 2013, s. 98.

¹³² A. Kononiuk, *Foresight jako nurt badawczy w naukach o zarządzaniu – stan badań w Polsce i przykłady zastosowań*, „Współczesne Zarządzanie” 2012, nr 4, s. 94–95.

Analizując inicjatywy foresightowe pod względem ich definicji, założeń, czy samych już realizacji jest zauważalna wysoka waga, jaką przykładają się do aspektu technologicznego w tego typu badaniach. Potwierdzeniem tej tendencji może być liczba inicjatyw foresightowych o profilu technologicznym, w Polsce to ponad połowa spośród wszystkich zakończonych bądź realizowanych projektów. Często więc utożsamia się pojęcia foresightu z foresightem technologicznym i używa ich obu na określenie inicjatyw mających na celu zarówno rozwój technologii, jak i gospodarki, warunków społecznych oraz kulturowych¹³³. Jedną z definicji, skierowaną na technologie, jest sprowadzenie foresightu do rozpoznania i monitorowania tak zwanych słabych sygnałów (*weak signals*) związanych z nowymi technologiami lub istniejącymi rozwiązaniami¹³⁴. W opinii H. van Lente'a i A. Ripa, podając opinii społecznej przyjmowane strategie oraz deklaracje, badacze, przedsiębiorcy i decydenci polityczni bazują głównie na zapowiedziach rozwoju technologicznego¹³⁵. Tak jak genezy foresightu można upatrywać w prognozowaniu, tak za inspirację dla foresightu technologicznego można uznać prognozowanie technologiczne. Zdefiniować je można jako proces ukierunkowany na przewidywanie tak przyszłych właściwości nowych technologii, jak i czasu ich zaistnienia. W odróżnieniu jednak od pasywnego prognozowania, badania foresightu technologicznego cechuje aktywna forma wynikła z analizy kilku możliwych wariantów przyszłości, a więc następstw poszczególnych działań, decyzji czy czynników¹³⁶.

Według H. Chen, W. Wakeland, J. Yu, foresight technologiczny obejmuje istotne działania w wielu krajach, które stanowią pomoc w ukierunkowaniu postępu technologicznego oraz skupieniu krajowych zasobów na kluczowych dla państwa technologiach¹³⁷. Z kolei A. Antunes i C. Canongia wskazują, że foresight, podobnie jak skanowanie technologiczne, angażuje wykorzystanie różnych źródeł wiedzy, jak patenty, badania i projekty rozwojowe, ale także Internet, kontakty personalne oraz warsztaty skupiające specjalistów z danej dziedziny, aby następnie sortować, porządkować i analizować uzyskane informacje i w rezultacie wspomagać priorytetyzację obszarów badawczych i/lub technologii, wspomagając tym samym proces podejmowania decyzji¹³⁸.

¹³³ UNIDO *Technology Foresight Manual...*

¹³⁴ G. Reger, *Technology foresight in companies: From an indicator to a network and process perspective*, "Technology Analysis & Strategic Management" 2001, t. 13, nr 4, s. 535.

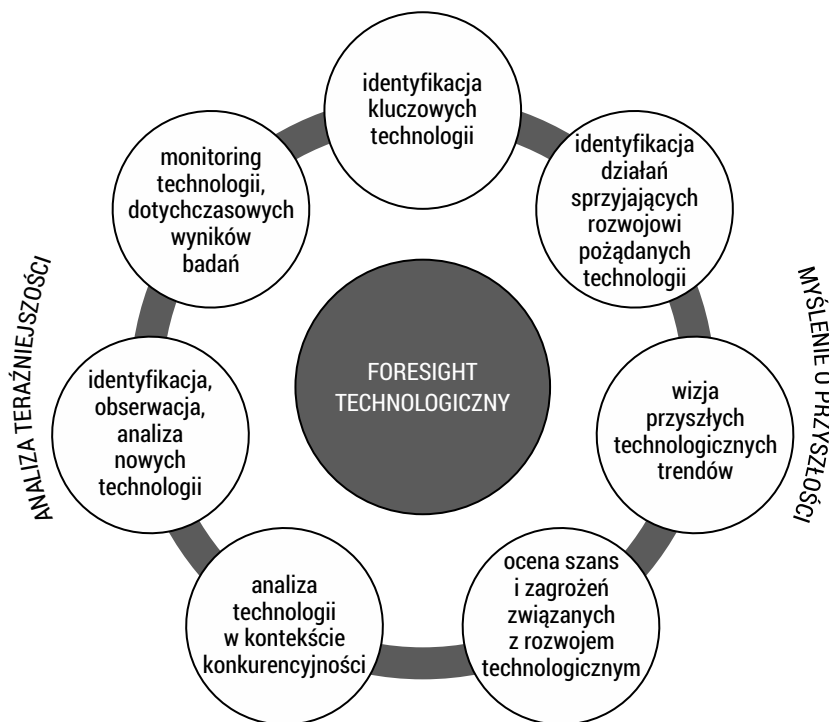
¹³⁵ H. van Lente, A. Rip, *The Rise of Membrane Technology*, "Social Studies of Science" 1998, t. 28, nr 2, s. 221–255.

¹³⁶ A. M. J. Skulimowski, *Metodyka foresightu...*, s. 17.

¹³⁷ H. Chen, W. Wakeland, J. Yu, *A two-stage technology foresight model with system dynamics simulation and its application in the Chinese ICT industry*, "Technological Forecasting and Social Change" 2012, nr 79, s. 1254–1267.

¹³⁸ A. Antunes, C. Canongia, *Technological foresight and technological scanning...*, s. 33.

Kontekst technologiczny w badaniach foresightowych¹³⁹ tworzy pewien zespół działań (rysunek 2.1). Analizując wymienione na schemacie elementy można zaobserwować, że odnoszą się one nie tylko do myślenia o przyszłości, ale też istotne są działania związane z analizą teraźniejszości.



RYSUNEK 2.1. Kontekst technologiczny w badaniach foresightowych

ŹRÓDŁO: A. Gudanowska, *Istota współczesnych technologii w kontekście procesów zarządzania technologią i foresightu technologicznego*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie” 2015, nr 83, s. 201; A. Magruk, *Foresight technologiczny a zarządzanie technologią*, „Problemy Eksploatacji” 2011, nr 3, s. 49.

Fascynacja technologią w badaniach foresightowych w erze technologii, informacji i czasu, wydaje się być zrozumiała. Technologia to kluczowy zasób dzisiejszej organizacji, gospodarki, ale także społeczeństwa. Wpływa ona na charakter badań foresightowych poprzez między innymi konieczność wskazania kluczowych technologii, czy ich monitoringu, realizowanego jako obserwacja zarówno bieżącego stanu technologii (również w kontekście ich otoczenia), jak i wyznaczanie potencjalnych ścieżek ich rozwoju.

¹³⁹ A. Magruk, *Foresight technologiczny a zarządzanie technologią*, „Problemy Eksploatacji” 2011, nr 3, s. 49.

2.2. Foresight technologiczny a zarządzanie technologią

Zarządzanie technologią to złożony proces wymagający wykorzystania różnych narzędzi i metod. Równocześnie wyniki, jakich dostarczają badania foresightowe stanowią pomoc podczas formułowania polityki oraz strategii innowacji, wspierając tym samym zarządzanie technologią oraz jej transferem. Ponadto, zawartość i złożoność zagadnień związanych z samą technologią, a przede wszystkim dynamika rozwoju technologii powodują, że firmy, których specyfika wymusza ukierunkowanie się na rozwój technologiczny, powinny stosować kompleksowe podejścia predykcyjne¹⁴⁰. Cykl życia nowej technologii, naturalnie wymuszający decyzję w zakresie wdrożenia innowacji technologicznej¹⁴¹, wymaga szerokiego spojrzenia zarówno na obecny stan technologii, jak i analizę możliwej do zaistnienia, związanej z nią przyszłości. Jak podaje M. Borup i in., już z samej definicji innowacje o charakterze tak technologicznym jak i naukowym są silnie ukierunkowane na analizy odnoszące się do przyszłości, zwłaszcza w kontekście poszukiwania nowych możliwości i szans. Warto również zauważyć, że zasadniczo nowatorskie technologie oraz fundamentalne zmiany w aspekcie zasad naukowych nie pojawiają ani nie dokonują się same, z wyjątkiem wyobrażeń, oczekiwań i wizji, które determinują ich potencjał. Zatem zorientowanie na przyszłość powinno być jedną z najistotniejszych cech badaczy i analityków innowacji technologicznych¹⁴².

Analogii pomiędzy foresightem technologicznym a zarządzaniem technologią można poszukiwać wychodząc już od ogólnej idei obu zagadnień. Przyglądając się opisanym w poprzedzającym podrozdziale elementom oddającym istotę foresightu, kontekstowi technologicznemu badań foresightowych oraz między innymi obszarem badawczym zarządzania technologią, wskazanym przez K. Kłincewicza¹⁴³, wyodrębnić można wspólne płaszczyzny obu zagadnień (tabela 2.1).

Konsekwencją wręcz wykładniczego wzrostu wiedzy technologicznej, podsycanej nakładami na badania i rozwój jest wzrost tendencji do kooperacji na rynku w kwestii rozwoju technologii. Nawet największe przedsiębiorstwa „nie mogą być ekspertami we wszystkim”¹⁴⁴. Trend ten również stanowi uzasadnienie wykorzystania w obszarze zarządzania technologią podejścia, cechującego się dużym naciskiem na kooperację zaangażowanych stron. Wymagana w realizacji badań foresightowych szeroka partycypacja interesariuszy wspomaga znalezienie ewentualnych kooperantów dla biorących

¹⁴⁰ A. Magruk, *Foresight technologiczny a zarządzanie technologią...*, s. 51.

¹⁴¹ J. Łunarski, *O możliwościach standaryzacji zarządzania technologią...*, s. 251.

¹⁴² M. Borup, N. Brown, K. Konrad, H. van Lente, *The Sociology of Expectations in Science and Technology*, “Technology Analysis & Strategic Management” 2006, t. 18, nr 3/4, s. 285–286; A. Gudanowska, *Istota współczesnych technologii ...*, s. 202–203.

¹⁴³ K. Kłincewicz, M. Żemigala, M. Mijał, *Bibliometria w zarządzaniu technologiami i badaniami naukowymi*, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa 2012, s. 25.

¹⁴⁴ Międzynarodowe Centrum Nauki i Zaawansowanej Technologii ICS, *Zarządzanie technologią...*

udział w badaniu przedsiębiorców. Ponadto, kładziony w badaniach foresightowych nacisk na zacieśnianie się sieci współpracy w środowiskach naukowym oraz biznesowym zwiększa dostępność źródeł ewentualnych innowacji¹⁴⁵.

TABELA 2.1. Foresight technologiczny i zarządzanie technologią – wspólne płaszczyzny

FORESIGHT TECHNOLOGICZNY	ZARZĄDZANIE TECHNOLOGIĄ
kształtowanie przyszłości między innymi technologii, nauki; postrzeganie trendów w długim okresie; ocena szans i zagrożeń związanych z rozwojem technologii	identyfikacja szans i zagrożeń związanych z rozwojem technologii; podejmowanie decyzji o działaniach badawczo-rozwojowych
identyfikacja pojawiających się technologii; analiza działań sprzyjających rozwojowi technologii	zrozumienie pojawiających się nowych technologii; analiza dostępnych zasobów, obecnie stosowanych technologii, przyszłości rynku oraz społeczno-ekonomicznego środowiska
wzmacnianie obszarów badań strategicznych dających duże prawdopodobieństwo osiągnięcia korzyści; dokonywanie bardziej efektywnego wyboru; identyfikacja technologii kluczowych	wybór technologii o znaczeniu strategicznym i taktycznym
konfrontowanie wyciągniętych wniosków z opinią społeczną	uwzględnienie potrzeb zainteresowanych stron i preferencja interesu społecznego

ŹRÓDŁO: A. Gudanowska, *Istota współczesnych technologii w kontekście procesów zarządzania technologią i foresightu technologicznego*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie” 2015, nr 83, s. 201.

Podsumowując przeprowadzony przegląd literatury z zakresu metodyki i aplikacji zarządzania technologią w latach 1995–2003, S. Liao wysnuwa trzy zasadnicze sugestie¹⁴⁶. Pierwszą, wskazującą na konieczność integracji metod ilościowych i jakościowych w zakresie metodyki zarządzania technologią, co tworzy analogię do metodyki badawczej foresightu uwzględniającej kombinację metod ilościowych i jakościowych, a także pośrednich. Drugą, obejmującą integrację technologii, rozumianą jako potrzeba zauważenia interdyscyplinarności zagadnienia zarządzania technologią i poszerzenia horyzontu badawczego w zakresie metod rozwiązywania problemów zarządzania technologią. Trzecią, proponującą przyjęcie zmiany jako źródła rozwoju – stagnacja zasobów wiedzy, rutyna w procedurach rozwiązywania problemów oraz ciągle podążanie za przeszłością mogą jedynie utrudniać i hamować rozwój organizacji, co również koresponduje z ideą badań foresight stanowiących systematyczną analizę możliwych do zaistnienia wariantów przyszłości. Współczesne, szybko rozwijające się przedsiębiorstwa funkcjonują w gwałtownym, konkurencyjnym otoczeniu z produktami o krótkim cyklu życia. W tym kontekście zmiana nie jest rzadkością,

¹⁴⁵ A. Gudanowska, *Istota współczesnych technologii...*, s. 201.

¹⁴⁶ S. Liao, *Technology management methodologies and applications...*, s. 389.

a jak wskazywał S. Liao źródłem rozwoju i przyczynkiem sukcesu. Stąd stwarzanie warunków dla przeprowadzania badań foresightowych wpływa mobilizująco na politykę innowacyjną firm¹⁴⁷.

Zarządzanie technologią to wedle M. K. Badawy'ego, praktyka integracji strategii technologicznej ze strategią biznesową w firmie, integracji wymagającej przemysłowej koordynacji badań i produkcji oraz funkcji marketingu, finansów i zasobów ludzkich w firmie¹⁴⁸. Z kolei S. A. W. Drew sugeruje, że istnieje pięć podstawowych funkcji potrzebnych do budowy strategii technologii, szczególnie w niepewnych i trudnych warunkach rynkowych. Na pierwszym miejscu wymienia foresight – niezbędny w celu wyznaczenia możliwych ścieżek rozwoju technologii i innowacji przy uwzględnieniu towarzyszącej temu niepewności. Pozostałe, choć nieodnoszone przez autora wprost do foresightu również, wydają się być z nim związane. Są to: zdolność do absorpcji i zarządzania nową wiedzą oraz rozumienia sygnałów przyszłych zmian, pojawiających się w otoczeniu; umiejętności twórczego myślenia oraz strategicznej analizy wewnątrz zespołów zarządzających; elastyczność i sprawność w podejmowaniu decyzji i planowaniu przyszłych działań oraz przywództwo, które może budować kulturę otwartości i zaangażowania w proces zmiany¹⁴⁹.

Związek pomiędzy zarządzaniem technologią a badaniami foresightowymi, podkreślany już przez S. Liao w aspekcie metodycznym, jest zauważany także przez innych autorów. Prawdopodobnie tę potwierdzić mogą spostrzeżenia A. Magruka, który również rozważa związek między dwoma analizowanymi zagadnieniami poprzez pryzmat wykorzystywanych metod. Autor wykazuje, że stosowanie foresightu technologicznego oraz jego metod badawczych w działaniach organizacji nastawionych na rozwój technologiczny jest coraz powszechniejsze. Analizując relację w odwrotnym kierunku zauważa także, że badania foresightowe, polskie i światowe, wykorzystują metody o charakterze technologicznym, najczęściej te przypisywane realizacji funkcji identyfikacji i selekcji technologii¹⁵⁰.

Poza zagadnieniem foresightu, pojęciem zyskującym popularność wśród badaczy technologii i przyszłości jest analiza technologii zorientowana na przyszłość (*future-oriented technology analysis* – FTA). Termin ten stał się wedle C. Cagnin'a i M. Keenan'a pojęciem wspólnym dla działań z zakresu foresightu technologicznego, technologicznego prognozowania (*technology forecasting*) oraz oceny technologii (*technology assessment* – TA)¹⁵¹. A. Porter identyfikuje wymienione pojęcia wraz z wywiadem technologicznym (*technology intelligence*) i metodą

¹⁴⁷ C. Andriopoulos, M. Gotsi, *Probing the future: Mobilising foresight in multiple-product innovation firms*, "Futures" 2006, nr 38, s. 50–66.

¹⁴⁸ M. K. Badawy, *Technology management education: alternatives models*, "California Management Review" 1998, t. 40, nr 4, s. 95.

¹⁴⁹ S. A. W. Drew, *Building technology foresight...*, s. 245.

¹⁵⁰ A. Magruk, *Foresight technologiczny a zarządzanie technologią...*, s. 56–57.

¹⁵¹ C. Cagnin, M. Keenan, *Positioning Future-Oriented Technology Analysis*, [w:] C. Cagnin (red.), M. Keenan (red.), R. Johnston (red.), F. Scapolo (red.), R. Barre (red.), *Future-Oriented Technology Analysis*, Springer, Heidelberg 2008, s. 1.

tworzenia marszrut rozwoju technologii¹⁵² (*technology roadmapping* – TRM) jako podzbiory FTA¹⁵³. Z kolei R. Rohrbeck traktuje foresight jako zbiór obejmujący prognozowanie, posiadający wspólny obszar z wywiadem technologicznym i umiejscowiony razem z nim w studiach przyszłości (*future studies*)¹⁵⁴. Badacze V. Coates i in. za nowe formy prognozowania technologicznego przyjmuje między innymi foresight, TRM oraz wywiad technologiczny, które stanowią odpowiedź na zmieniające się wymagania użytkowników. Autor ponadto wymienia także ocenę technologii oraz analizę wpływu społecznego (*social impact analysis*), które określają dalsze następstwa technologicznej zmiany¹⁵⁵.

Koncepcja FTA stała się pewną naturalną drogą ewolucji foresightu, skupiając analizy dotyczące przyszłości oraz teraźniejszości, analizę zarówno technologii, jak i jej dynamiki. Jak wskazują K. Cuhls i R. Johnston, o ile na przykład terminologia związana z FTA i foresightem technologicznym może być zróżnicowana, to stosowane metody są w obu przypadkach często takie same. W obu przypadkach współwystępują metody takie, jak między innymi: analiza patentów, analiza publikacji, analiza ryzyka, symulacje, mapowanie technologii, scenariusze, tworzenie marszrut rozwoju technologii czy rozwoju produktu, a także metody z grupy kreatywnych, jak chociażby burza mózgów¹⁵⁶.

Wymienione pojęcia: foresightu technologicznego, technologicznego prognozowania, wywiadu technologicznego, oceny technologii, czy tworzenia marszrut rozwoju technologii ujmowane są w literaturze przedmiotu zarówno jako metody analizy technologii i technologicznej zmiany, jak i jako podejścia/procesy, w trakcie których realizacji wykorzystuje się metody i narzędzia służące temu celowi. Istotne jest, że wskazane metody, właściwie wykorzystane mogą stanowić pomoc podczas identyfikacji, selekcji technologii bądź pozyskiwania wiedzy płynącej z rozwoju oraz eksploatacji technologii, podnosząc efektywność całego procesu zarządzania technologią.

¹⁵² Termin wprowadzony przez J. Nazarko, *Założenia metodologiczne mapowania technologii*, prezentacja w ramach panelu eksperckiego nt. „Mapowanie technologii” w projekcie systemowym MNiSW „Wsparcie systemu zarządzania badaniami naukowymi oraz ich wynikami”, Warszawa, 3 marca 2010.

¹⁵³ A. L. Porter, *Technology foresight: types and methods*, „International Journal of Foresight and Innovation Policy” 2010, t. 6, nr 1/2/3, s. 37–38; M. Rader, A. L. Porter, *Fitting Future-Oriented Technology Analysis Methods to Study Types*, [w:] C. Cagnin (red.), M. Keenan (red.), R. Johnston (red.), F. Scapolo (red.), R. Barre (red.), *Future-Oriented Technology Analysis*, Springer, Heidelberg 2008, s. 26.

¹⁵⁴ R. Rohrbeck, *Technology Scouting – a case study on the DeutscheTelekom Laboratories*, ISPIM-Asia Conference, New Delhi, India 2007, s. 3, [online], dostęp zdalny: mpira.ub.uni-muenchen.de/5699/1/MPRA_paper_5699.pdf, [data wejścia: 21.04.2021].

¹⁵⁵ V. Coates, M. Farooque, R. Klavans, K. Lapid, H. A. Linstone, C. Pistorius, A. L. Porter, *On the Future of Technological Forecasting*, „Technological Forecasting and Social Change” 2001, nr 67, s. 1.

¹⁵⁶ K. Cuhls, R. Johnston, *Corporate Foresight*, [w:] Cagnin C (red.), Keenan M. (red.), Johnston R. (red.), Scapolo F. (red.), Barre R. (red.), *Future-Oriented Technology Analysis*, Springer, Heidelberg 2008, s. 109–110.

2.3. Metodyka badań foresightowych

Działania podejmowane podczas realizacji badań foresightowych umożliwiają tworzenie wizji rozwoju, wskazując równocześnie, jak doprowadzić do ich urzeczywistnienia. Dostępne w literaturze metodyki realizacji projektów foresightowych nie stanowią uniwersalnego rozwiązania, czy wzorcowych procedur badawczych. To raczej próby wypracowania takowych rozwiązań, warte rozważenia propozycje, które charakteryzuje potencjał w aspekcie podniesienia prawomocności otrzymanych wyników. Modyfikacje i adaptacja istniejących rozwiązań do obszaru realizacji inicjatywy foresightowej są zatem nieuniknione¹⁵⁷. Inicjatywy foresightowe wymagają zastosowania metodyki ustrukturyzowanej, ale równocześnie dostosowanej do celów projektu, wymagań interesariuszy, czy wiedzy i doświadczenia realizatorów.

Metody wykorzystywane w badaniach foresightowych, pomimo, że zmodyfikowane na potrzeby badań foresight, to mają swoje korzenie tak w naukach społecznych (między innymi zarządzania), jak i technicznych. Opisy metod badawczych wykorzystywanych w badaniach foresightowych znaleźć można w dostępnych publikacjach¹⁵⁸, a badanie częstości ich wykorzystania i współwystępowania jest jednym z szerzej rozwijanych wątków badawczych foresightu, co szczególnie widoczne jest w literaturze światowej. W zależności od czasu prowadzenia badań wykorzystywano różne metody. Początkowo priorytetem było pozyskanie wiedzy eksperckiej, a więc opierano się na panelach eksperckich, burzy mózgów oraz metodzie Delphi; później, wraz z poszerzaniem się obszaru badanej przyszłości, główny nacisk został położony na metodach ilościowych, zwłaszcza krzyżowej analizie wpływów i modelowaniu¹⁵⁹. Wykorzystanie poszczególnych metod w badaniach foresightowych jest analizowane przy uwzględnieniu miejsca realizacji badania, generowanych przez projekt wyników, obszar/sektor, którego dotyczy badanie, horyzont czasowy badania, czy też innych aspektów. Na podstawie analizy ponad 1000 przypadków realizacji badań foresightowych opublikowanego w 2009 roku raportu *European Foresight Monitoring Network* wywnioskowano, że powszechnymi na świecie metodami foresightowymi, a więc cechującymi się najczęstszym wykorzystaniem, były panele eksperckie, przegląd literatury, scenariusze oraz ekstrapolacja trendów. Średnią liczbą

¹⁵⁷ J. Nazarko, *Regionalny foresight gospodarczy. Metodologia i instrumentarium badawcze...*, s. 26.

¹⁵⁸ Na przykład: J. Nazarko, *Regionalny foresight gospodarczy. Metodologia i instrumentarium badawcze...*, s. 26; J. Nazarko (red.), *Badanie ewaluacyjne projektów foresight realizowanych w Polsce...*; J. Nazarko (red.), J. Ejdyś (red.), *Metodologia i procedury badawcze w projekcie Foresight Technologiczny NT for Podlaskie2020: regionalna strategia rozwoju nanotechnologii*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2011.

¹⁵⁹ K. Mieczkowski, R. Szewczyk, T. Missała, C. Lichodziejewski, M. Andrzejczak, A. Bukała, W. Wiñarski, K. Pietruszyńska, K. Rzeplińska-Rykała, D. Zbinkowska, M. Komorowska, K. Roszkowski, *Analiza wstępna, stan wiedzy, dane statystyczne, analiza SWOT województwa mazowieckiego, raport z pierwszego etapu realizacji projektu "Monitorowanie i prognozowanie priorytetowych, innowacyjnych technologii dla zrównoważonego rozwoju województwa mazowieckiego"*, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa 2006, s. 11.

wykorzystywanych w ramach prowadzonych inicjatyw metod było 5 metod w Europie, 8 w Ameryce Łacińskiej, 4 w Ameryce Południowej, tyle samo w Azji, a 3 metody w Oceanii¹⁶⁰. Obszerne analizy w tym zakresie zawarto w publikacjach takich badaczy foresightu, jak między innymi R. Popper, I. Miles, M. Keenan czy J. Nazarko¹⁶¹. W Polsce dobór metod cechuje duża różnorodność. Wśród metod najczęściej wykorzystywanych przez realizatorów polskich projektów, wymienia się metodę scenariuszy, Delphi, panele eksperckie, analizę SWOT, kluczowe technologie, analizę PEST/STEEP/STEEPVL. Łącznie wykorzystano 38 metod, a średnią liczbą w projekcie było 8 metod, co przewyższa średnią europejską¹⁶². Jak z kolei zauważa A. Kononiuk, najczęściej pojawiającą się w polskich badaniach konfiguracją metod jest układ: panele eksperckie, Delphi, kluczowe technologie i scenariusze¹⁶³.

Duża liczba metod badawczych foresightu sprawia, że dostępne są zarówno liczne klasyfikacje (klasy cechuje rozłączność i wzajemne wykluczenie), jak i ich typologie (jeden obiekt może być przypisany do różnych typów). Jednym z podziałów jest typologia pochodząca z 1996 roku autorstwa D. Loveridge'a oraz B. van der Meulena, która bazowała na przyporządkowaniu metod w zakresie możliwości wsparcia realizacji trzech niżej wymienionych celów. Pierwszy, dotyczący rozwijania kreatywności (*creativity*), tak aby wygenerować wiarygodne założenia co do przyszłości, tym samym poszerzając zakres możliwych przyszłości. Drugi, dotyczący zebrania określonej wiedzy i doświadczeń w zakresie analizy (*expertise*). I trzeci, ukierunkowany na ułatwianie współpracy między jednostkami, aby przyczynić się do zmiany różnych punktów widzenia w spójną, wspólną perspektywę (*interaction/alignment*)¹⁶⁴. Ujęcie podziału wybranych metod zaprezentowano w formie trójkąta (rysunek 2.2).

Podziałem rozszerzającym spojrzenie na porządkowanie metod wedle D. Loveridge'a oraz B. van der Meulena jest tak zwany diament metodyczny foresight wprowadzony przez R. Poppera (rysunek 2.3). Konstrukcja zakłada podział metod tym razem według czterech wymiarów obejmujących ich możliwości, czy też zdolność do gromadzenia lub przetwarzania informacji na podstawie: udokumentowanej wiedzy, tak zwanych dowodów/faktów; wiedzy eksperckiej bazującej na doświadczeniu; kreatywności i współdziałania/interakcji. Ostatnie trzy wymiary odzwierciedlają poprzednio opisane ujęcie¹⁶⁵. Przynależność do wymiaru kreatywności odnieść można do metod cechujących się niebanalnością myślenia oraz inwencją twórczą. Metody przypisywane do wymiaru wiedzy eksperckiej wykorzystują doświadczenia

¹⁶⁰ R. Popper, *The European Foresight Monitoring Network. Mapping Foresight*, European Commission, 2009, s. 35.

¹⁶¹ R. Popper, *How are foresight methods selected?*, "Foresight" 2008, t. 10, nr 6; M. Keenan, R. Popper, *Comparing foresight "style" in six world regions*, "Foresight" 2008, t. 10, nr 6; R. Popper, M. Keenan, I. Miles, M. Butter, G. S. Fuenta, *Global Foresight Outlook 2007*, The European Foresight Monitoring Network, 2007; J. Nazarko (red.), *Badanie ewaluacyjne projektów foresight realizowanych w Polsce...*

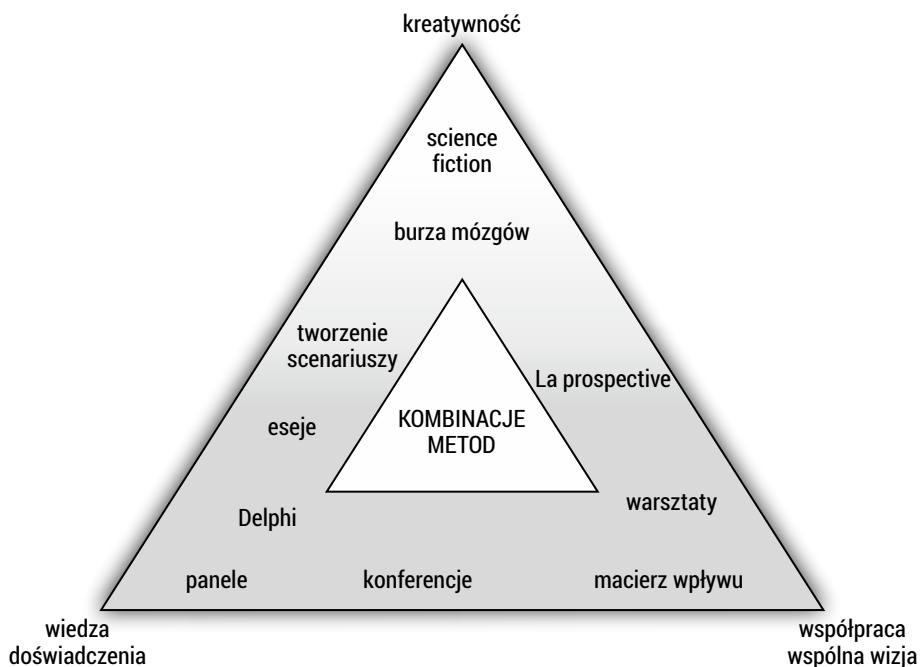
¹⁶² J. Nazarko (red.), *Badanie ewaluacyjne projektów foresight realizowanych w Polsce...*, s. 40.

¹⁶³ A. Kononiuk, *Foresight jako nurt badawczy w naukach o zarządzaniu...*, s. 96.

¹⁶⁴ R. Cachia, R. Compañó, O. Da Costa, *Grasping the potential...*, s. 1181.

¹⁶⁵ R. Popper, *How are foresight methods selected...*, s. 62–89.

i informacje pochodzące od ekspertów z danej dziedziny w celu wsparcia decyzji, czy formułowania porad i zaleceń. Wymiar interakcji, czy współdziałania zakłada wspólną konstrukcję wizji rozwoju i tworzenie nowej wiedzy poprzez zaangażowanie różnych grup interesariuszy. Przynależność do ostatniego z wymiarów – faktów – to cecha metod przydatnych podczas diagnozy aktualnego stanu obszaru badawczego poddanego analizie¹⁶⁶. Drugim aspektem ujęcia wedle R. Poppera jest poszerzenie opisaną typologii o klasyfikację metod w aspekcie ich: ilościowego, jakościowego bądź pośredniego charakteru.



RYSUNEK 2.2. Prezentacja wybranych metod w nawiązaniu do ich potencjału w zakresie realizacji trzech podstawowych aspektów badań foresightowych według D. Loveridge'a i B. van der Meulena

ŹRÓDŁO: R. Cachia, R. Compañó, O. Da Costa, *Grasping the potential of online social network for foresight*, "Technological Forecasting and Social Change" 2007, nr 74, s. 1181.

Inne podziały w literaturze światowej wprowadzali również R. A. Slaughter, G. May czy I. Miles i M. Keenan¹⁶⁷. W aspekcie polskich doświadczeń w obrębie klasyfikacji, ale także doboru metod wykorzystywanych w badaniach foresightowych, ciekawą propozycją jest opracowana przez A. Magruka metodyka zakładająca współdziałanie zintegrowanych hybrydowo metod badawczych. Klasyfikacja, jaką zaproponował,

¹⁶⁶ J. Nazarko, *Regionalny foresight gospodarczy. Metodologia i instrumentarium badawcze...*, s. 34.

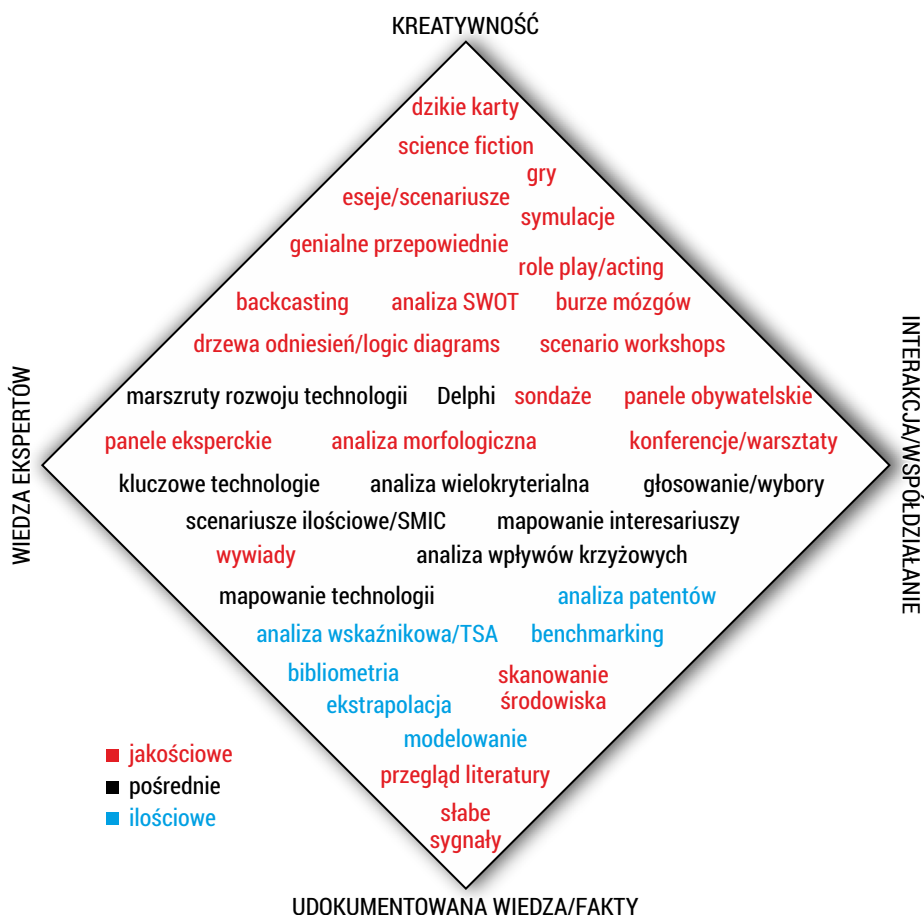
¹⁶⁷ J. Nazarko, *Regionalny foresight gospodarczy. Metodologia i instrumentarium badawcze...*, s. 34–35.

obejmuje przyporządkowanie metod badawczych foresightu do poszczególnych klas, oparte na analizie fenetycznej¹⁶⁸. A. Magruk wyodrębnił dziesięć klas wraz z przypisanymi do nich metodami. Pierwsza klasa – konsultatywna – obejmuje metody służące zbieraniu i analizie opinii szerokiego grona zaangażowanych w inicjatywę foresightową interesariuszy, często ekspertów w danej dziedzinie. Metody z tej klasy mogą być użyteczne na każdym etapie badań. Druga klasa – kreatywna – metody twórczo, elastycznie i systemowo poddające analizie i kreacji wizję badanej rzeczywistości, przy uwzględnieniu ekonomicznych, politycznych czy środowiskowych implikacji oraz opisu ról interesariuszy. Klasa trzecia – normatywna – bardziej sformalizowane, mniej elastyczne od kreatywnych metody antycypowania przyszłości, dla których wyjście stanowi pożądaný stan przyszłości. Czwarta klasa – multiplikatywna – obejmuje metody rozwiązywania bardziej skomplikowanych problemów. Bazują one na działaniach optymalizacyjnych, analizie oraz selekcji obszernych zbiorów danych dotyczących stanu bieżącego. W klasie piątej – radarowej – znalazły się metody identyfikacji sfery technologicznej, które mogą jednak charakteryzować również ogólne zagadnienia (stanowiące radary najnowszych osiągnięć naukowych, technologicznych, innowacji, szans, zagrożeń). Klasa szósta – określona mianem symulacyjnej – to matematyczne metody prognostyczne pozwalające w elastyczny, modelowy sposób wskazać działania związane z tworzeniem przyszłej strategii badanego podmiotu. Siódma klasa – diagnostyczna – to metody analizy stanu bieżącego obiektu poddanego analizie, odwołujące się do ekspertyz. Klasa ósma – analityczna – obejmuje metody, które często przy wykorzystaniu graficznego odwzorowania badają trendy rozwojowe, siły napędowe, warianty zmian, czy strukturę społeczeństwa, rzeczywistości bądź interesariuszy. W klasie dziewiętej skupiono metody przeglądowe, czasochłonne i przydatne w ocenie dostępnych danych wtórnych i analizie relacji, analizie postaw społecznych. Klasa dziesiąta – strategiczna – obejmuje metody przydatne podczas projektowania i analizy złożonych obiektów¹⁶⁹. Jak podaje autor, lista metod wykorzystywanych w badaniach foresightowych jest bardzo obszerna i wciąż powstają nowe metody czy nowe zastosowania już wykorzystywanych. Ich liczność sprawia zatem, że dobór jest zagadnieniem istotnym. Brak uniwersalnej metodyki badań pozostawia bardziej doświadczonym badaczom wolną rękę, lecz tym mniej doświadczonym utrudnia pracę, poprzez brak informacji o optymalności metod i technik na danym etapie badań¹⁷⁰.

¹⁶⁸ A. Magruk, *Hybrydowa metodyka badawcza foresightu technologicznego*, rozprawa doktorska, Politechnika Poznańska, Poznań 2012, niepublikowana; A. Magruk, *Innovative classification of technology foresight methods*, "Technological and Economic Development of Economy" 2011, t. 17, nr 4, s. 700–716.

¹⁶⁹ A. Magruk, *Innovative classification of technology foresight methods...*, s. 709–711; J. Nazarko, *Regionalny foresight gospodarczy. Metodologia i instrumentarium badawcze...*, s. 37–38.

¹⁷⁰ A. Magruk, *Innovative classification of technology foresight methods...*, s. 703.



RYSUNEK 2.3. Diament metodyczny foresightu według R. Poppera

ŹRÓDŁO: na podstawie R. Popper, *How are foresight methods selected?*, "foresight" 2008, t. 10, nr 6, s. 66; J. Nazarko, *Regionalny foresight gospodarczy. Metodologia i instrumentarium badawcze*, Związek Pracodawców Warszawy i Mazowsza, Warszawa 2013, s. 35.

Przedstawione dotychczas podziały metod badawczych foresightu opierały się na klasyfikacji danych metod do poszczególnych stworzonych przez ich autorów klas, uwzględniających funkcje metod, jak i cele ich stosowania. Pochodną takiego podejścia, przy uwzględnieniu etapowości badań foresightowych są obecne w literaturze podziały porządkujące metody w kontekście nie tyle ich przydatności do spełnienia danej funkcji, co ich przydatności w danej fazie procesu foresightowego. Przykładem takiego ujęcia może być metodyka systemowego foresightu (*systemic foresight methodology* – SFM) wprowadzona przez O. Saritasa, do której wraz z J. E. Smithem przyporządkował

wybrane metody badawcze foresightu¹⁷¹. Porządkują oni zbiór dostępnych metod pod kątem potencjału ich wykorzystania w poszczególnych fazach procesu foresight (rysunek 2.4). Autorzy wymieniają fazę zrozumienia (*systemic understanding*), fazę syntezy i modelowania (*systems synthesis and modeling*), fazę analizy i selekcji (*systemic analysis and selection*), fazę transformacji (*systemic transformation*) oraz fazę działań (*systemic action*)¹⁷². Warto zwrócić uwagę na pierwszą fazę obejmującą diagnozę istniejącego stanu – dostarczającą informacji wejściowych dla całego dalszego postępowania badawczego, co w opinii autorki powoduje, że w głównej mierze to ten etap warunkuje zasadność całego procesu. Faza ta powinna rozpocząć się od działań mających na celu sporządzenie jak najpełniejszego obrazu sytuacji, a więc zrozumienie systemu i jego otoczenia. Należy również określić cel i zakres planowanych działań foresightowych¹⁷³.

Badacz I. Miles wprowadził cykl badań foresightowych (*The Foresight Cycle*) wyodrębniając pięć etapów procesu:

- fazę *PreForesight* – obejmującą określenie zakresu badania, ich przesłanek, celów, dobór zespołu badawczego oraz metodyki badań;
- fazę rekrutacji, w trakcie której są podejmowane działania na rzecz identyfikacji interesariuszy, rekrutacji ekspertów, konstrukcji i organizacji paneli badawczych;
- fazę generacji wiedzy – najobszerniejszą, stanowiącą sedno procesu, obejmującą pozyskiwanie oraz generowanie wiedzy, jej przetwarzanie, analizę, priorytetyzację i syntezę a także kreację wizji przyszłości;
- fazę działania, w trakcie której uzyskane wyniki przekuwa się na rzeczywiste działania polityczne, biznesowe, czy prawne;
- fazę wznowienia, a więc ocena stopnia spełnienia zakładanych na wyjściu celów. Całość procesu spajają ponadto zarządzanie, monitorowanie oraz ewaluacja¹⁷⁴.

Rozszerzeniem koncepcji I. Milea jest metodyka gospodarczego foresightu regionalnego, referencyjnego rozwiązania według J. Nazarko. Proponowane ujęcie rozszerza model I. Milea do ośmiu faz: wstępnej, skanującej, rekrutacyjnej, generowania wiedzy, antycypacji, działania, ewaluacyjnej oraz wznawiającej. Elementy spajające poszczególne fazy to zarządzanie, monitoring i komunikacja. Prezentowana metodyka obejmuje przypisanie wybranych metod badawczych do poszczególnych faz, uwzględniając zasady triangulacji metod i podejścia hybrydowego do konstrukcji

¹⁷¹ J. E. Smith, O. Saritas, *Science and technology foresight baker's dozen: a pocket primer of comparative and combined foresight methods*, "Foresight" 2011, t. 13, nr 2, s. 79–96.

¹⁷² Ibidem, s. 83.

¹⁷³ Ibidem, s. 82–83.

¹⁷⁴ I. Miles, *Appraisal of Alternative Methods and Procedures for Producing Regional Foresight*, CRIC for European Commission's – Research DG, STRATA – ETAN Expert Group Action, Manchester 2002, s. 8, [online], dostęp zdalny: https://www.researchgate.net/publication/235407634_Appraisal_of_Alternative_Methods_and_Procedures_for_Producing_Regional_Foresight, [data wejścia: 21.04.2021]; J. Nazarko, *Regionalny foresight gospodarczy. Metodologia i instrumentarium badawcze...*, s. 62–63.

metodyki¹⁷⁵. Autor metodyki w pierwszych pięciu fazach zaproponował wykorzystanie metod ze wskazaniem ich przynależności do poszczególnych klas według przedstawionej wcześniej klasyfikacji A. Magruka. W aspekcie niniejszej publikacji istotne znaczenie ma faza skanująca, w której realizowana jest funkcja diagnostyczna badania polegająca na udzieleniu odpowiedzi na pytanie „jak jest?”¹⁷⁶. To jedna z początkowych faz procesu i podobnie jak w przypadku podziału według J. E. Smitha i O. Saritasa; w opinii autorki działania podejmowane na tym etapie mają potencjał podnoszenia zasadności całego procesu.

Z kolei N. Yüksel i H. Çifci ujęli foresight w ogólny model funkcjonalny obejmujący dziewięć kolejnych faz, których nazwy składają się w akronim FORESIGHT (*Framing, Obtaining, Reviewing, Establishing, Synthesizing, Illustrating, Guiding, Handling, Tracking*). Autorzy wskazali, jakie metody będą odpowiednie do wykorzystania w obrębie danej funkcji, ponieważ każdy krok ma swoje własne unikalne wejścia, działania i wyjścia, ale podkreślili również, że model nie narzuca konkretnej metody w danym etapie funkcjonalnym¹⁷⁷.

W jednej ze swoich publikacji S. Inayatullah wyrysował trójkąt przyszłości¹⁷⁸, podkreślając, że wiarygodna i akceptowalna przyszłość jest wynikiem trzech sił: ciężaru historii (*weight of history*), potrzeb przyszłości (*pull of the future*) oraz nacisku teraźniejszości (*push of the present*). Biorąc pod uwagę powyższe ujęcie oraz przekonanie, że badania foresightowe nie powinny być postrzegane jedynie przez pryzmat przyszłych potrzeb, autorka skupia swoją uwagę szczególnie na metodach odnoszących się do określania stanu bieżącego, które bez względu na przedmiot prowadzonej analizy wspomagają tworzenie uzasadnionego obrazu jego przyszłych zmian. Ponadto, biorąc pod uwagę istotę zagadnienia technologii oraz wagę, jaką przykłada się do technologii w badaniach foresightowych postanowiono podjąć się bliższego poznania oraz rozwoju zestawu metod służących diagnozie technologii w badaniach foresightowych. W rozdziale trzecim niniejszej publikacji dokonano przeglądu wybranych metod odnoszących się do analiz, których przedmiotem jest technologia, poszukując szczególnie aspektów, na jakie zwraca się uwagę w zakresie jej diagnozy.

¹⁷⁵ J. Nazarko, *Regionalny foresight gospodarczy. Metodologia i instrumentarium badawcze ...*, s. 63–64.

¹⁷⁶ Ibidem, s. 65.

¹⁷⁷ N. Yüksel, H. Çifci, *A new model for technology foresight: Foresight periscope model (FPM)*, 2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC), Madeira, Portugal, 2017, s. 814–816.

¹⁷⁸ S. Inayatullah, *Six pillars: futures thinking for transforming*, „Foresight”, t. 10, nr 1, 2008, s. 8.

3. Diagnoza technologii i analiza kierunków jej rozwoju – wybrane zagadnienia metodyczne

3.1. Podstawowe koncepcje analizy technologii

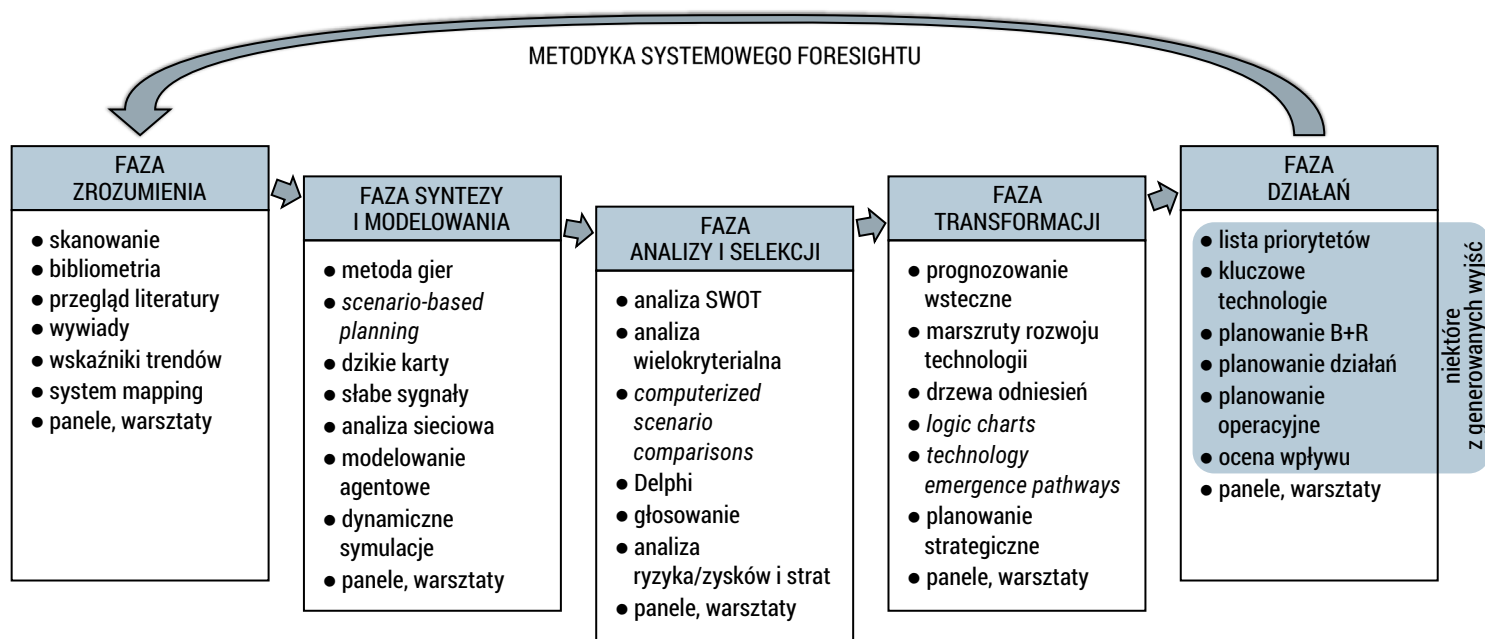
Główne koncepcje związane z analizą technologii i zmiany technologicznej to wedle porządku wprowadzonego przez V. Coatesa i in. ocena technologii oraz prognozowanie technologiczne, które rozwijając się równolegle, skupiały uwagę badaczy zarówno na teraźniejszości, jak i przyszłości konkretnych technologii. Ponadto badacze wymienili foresight technologiczny, wyłaniający się z potrzeby spojrzenia w dalszą przyszłość technologii oraz proces tworzenia marszrut rozwoju technologii – metodę o szerokim kontekście zastosowań, łączoną często z badaniami przyszłości. Ostatnie z wyróżnionych przez Coatesa głównych podejść do analizy technologii i jej rozwoju to wywiad technologiczny obejmujący identyfikację szans i zagrożeń związanych z technologią¹⁷⁹. Z uwagi na to, że badania foresightowe omówiono już wcześniej, dalsze rozważania skupiono między innymi na pozostałych wymienionych pojęciach.

Metodą odnoszącą się do badania technologii, która stanowi jedną z pierwszych idei odnoszących się do poszukiwania obiecujących technologii i której rozwój determinuje pojawienie się pozostałych opisanych metod, jest prognozowanie technologiczne (*technology/technological forecasting* – TF). Wykorzystanie metody umożliwia formułowanie prognoz dotyczących rozwoju technologii i związanych z nią charakterystyk. Pojęciem ogólnie opisującym prognozę jest przewidywanie, a więc wnioskowanie o zdarzeniach nieznanych na podstawie zdarzeń znanych. Prognozowanie obejmuje przewidywanie racjonalne (a więc proces logicznego formułowania wniosków, przebiegający od przesłanek do konkluzji) oraz naukowe (w przebiegu procesu formułowania wniosków wykorzystywane są reguły i prawa nauki)¹⁸⁰. Ekstrapolacja przeszłości w przyszłość, choć jest podejściem intuicyjnym i, jak wskazują A. T. Roper z współautorami, niebezpiecznym, to często również właściwym¹⁸¹. W wypadku

¹⁷⁹ V. Coates, M. Farooque, R. Klavans, K. Lapid, H. A. Linstone, C. Pistorius, A. L. Porter, *On the Future...*, s. 1–11.

¹⁸⁰ J. Nazarko (red.), *Prognozowanie w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 2004–2005.

¹⁸¹ A. T. Roper, S. W. Cunningham, A. L. Porter, T. W. Mason, F. A. Rossini, J. Banks, *Forecasting and Management of Technology...*, s. 9.



RYSUNEK 2.4. Przyporządkowanie wybranych metod foresightowych do faz procesu foresight według J. E. Smitha i O. Saritasa

ŹRÓDŁO: opracowanie własne na podstawie J. E. Smith, O. Saritas, *Science and technology foresight baker's dozen: a pocket primer of comparative and combined foresight methods*, "Foresight" 2011, t. 13, nr 2, s. 83–85.

prognozowania uzasadnionego obrazu przyszłości technologii ekstrapolacja powinna być uwzględniana, jednak wraz z całym szeregiem innych czynników. Jakościowa ocena technologii i badanie analogii jest tak samo potrzebne jak ustrukturyzowane podejście do zebrania informacji o samej technologii, czy technologiach wspierających i konkurujących¹⁸². Prognoza technologiczna, podobnie jak każda inna prognoza, powinna obejmować cztery podstawowe elementy: obiekt (w przypadku tego typu prognozy to technologia), czas prognozy, zestawienie cech technologii oraz określenie prawdopodobieństwa związanego z prognozą¹⁸³. Prognozowanie technologiczne to proces skupiający uwagę badacza na zmianach technologii, które mogą dotyczyć między innymi znaczenia technologii, ścieżek jej rozwoju, możliwości funkcjonalnych¹⁸⁴. Według E. Jantscha prognozowanie technologiczne można określić jako ocenę prawdopodobieństwa transferu technologii przyszłości na stosunkowo wysokim poziomie ufności¹⁸⁵. Rolę prognozowania technologii podkreśla między innymi R. E. Albright, wskazując na ich przydatność podczas planowania przez decydentów politycznych możliwych przyszłych rozwiązań problemów społecznych, gospodarczych i militarnych (prognozy długoterminowe), czy też podczas planowania biznesowego (prognozy krótkoterminowe)¹⁸⁶. W wypadku prognozowania technologii, poza przeznaczeniem prognozy oraz jej dziedziny, podkreślana jest także istotność okresu, na jaki jest formułowana prognoza. Pomiar powinien uwzględniać nowoczesność danej technologii oraz szybkość reakcji gospodarki na jej rozwój, stąd ważne jest uwzględnienie czynników społecznych, ekonomicznych czy politycznych oraz ich wpływu na rozwój rynku. Ważne jest nie tylko co nastąpi, ale i kiedy oraz jakie przyniesie konsekwencje¹⁸⁷.

Reguły stosowane podczas prognozowania technologicznego nie różnią się od tych, które należy stosować podczas ogólnie pojętego prognozowania. To obiekty, dla których konstruowana jest prognoza, czy zmienne je charakteryzujące będą miały charakter technologiczny. Błędne byłoby również stwierdzenie, że metodologia wykorzystywana przez prognostów technologii jest unikalna dla tego obszaru zastosowania, odmienna od innych obszarów aplikacyjnych¹⁸⁸. Główne grupy metod

¹⁸² Ibidem, s. 10.

¹⁸³ J. P. Martino, *Technological Forecasting for Decision Making*, McGraw-Hill, Inc., USA 1993, s. 2.

¹⁸⁴ A. T. Roper, S. W. Cunningham, A. L. Porter, T. W. Mason, F. A. Rossini, J. Banks, *Forecasting and Management of Technology*, John Wiley & Sons, Inc., New York 2011, s. 16.

¹⁸⁵ E. Jantsch, *Technological forecasting in perspective. A Framework for Technological Forecasting, its Techniques and Organisation*, OECD, 1967, s. 23, [online], dostęp zdalny: prod2-territoires.integra.fr/sites/default/files/datar/prevtech-en.pdf, [data wejścia: 09.09.2019].

¹⁸⁶ R. E. Albright, *What can past technology forecasts tell us about the future?*, "Technological Forecasting and Social Change" 2002, nr 69, s. 443–444.

¹⁸⁷ M. Karczewska, *Pomiar i porównanie technologii w przedsiębiorstwie – podstawy w kierunkowaniu jego innowacyjnej działalności*, [w:] J. Skonieczny (red.), *Kształtowanie zachowań innowacyjnych, przedsiębiorczych i twórczych w edukacji inżyniera*, Wydawnictwo Indygo Zahir Media, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2011, s. 132–133.

¹⁸⁸ J. P. Martino, *Technological Forecasting for Decision Making ...*, s. 10.

obejmują prognozowanie na podstawie szeregów czasowych (metody naiwne, średniej, wygładzania), prognozowanie przyczynowo-skutkowe (modele ekonometryczne, symulacje), prognozowanie przez analogię (historyczną, biologiczną, przestrzenną) i metody heurystyczne (burza mózgów, Delphi). Liczni autorzy identyfikują, opisują i porządkują metody przydatne podczas prognozowania technologii¹⁸⁹, wśród metod tych poza wskazanymi uprzednio można wymienić: analizę trendów, analizę krzywej wzrostu, analizę Fisher-Pry'a, analizę morfologiczną, skanowanie, scenariusze, teorię gier, drzewa odniesień, analizę krzyżową, techniki sieciowe, analizę dynamiki systemu, czy analizę substytucji.

Zgodnie z podziałem prognozowania technologicznego wprowadzonym przez P. Lowe'a wyodrębnia się dwa rodzaje prognozowania: badawcze, czyli prognozowanie możliwości technologicznych (*Technological Opportunity Forecasting*) oraz normatywne, a więc zapotrzebowania na technologię (*Technology Demand Forecasting*). W wypadku pierwszego z nich, analizie poddawany jest przebieg, który doprowadził do obecnych rozwiązań, wskazywany przez nie kierunek oraz perspektywy. Drugi rodzaj z kolei zakłada określenie przyszłych potrzeb i możliwości rynku oraz celów (wedle ich ważności), których osiągnięcie umożliwia rozwój technologii oraz porównanie ich ze stanem obecnym¹⁹⁰.

Podstawowe trudności związane z prognozowaniem technologii to przede wszystkim dobór modelu oraz koszty związane z gromadzeniem danych. Ponadto, co bardziej charakterystyczne, problematyczna może okazać się ocena oddziaływania technologii na siebie, pojawienie się niespodziewanych potrzeb społecznych, fundamentalnych odkryć naukowych zaburzających określoną tendencję czy niewłaściwa ocena szybkości upowszechniania się technologii i akceptacji wytwarzanego przy jej udziale produktu¹⁹¹.

Kolejną wskazaną koncepcją, na którą zwrócono uwagę jest ocena technologii. Określa się ją również mianem pomiaru czy wartościowania technologii, a także oceną społecznego wpływu innowacyjnych technologii i produktów (**technology assessment – TA**). Zasadniczym problemem, dla którego wykorzystywana jest TA jest ocena wspomnianego oddziaływania innowacyjnych technologii i produktów na otoczenie społeczne w szerokim ujęciu¹⁹². Tym, co odróżnia obecne ekosystemy

¹⁸⁹ J. Nazarko (red.), *Prognozowanie w zarządzaniu przedsiębiorstwem...*; S. Makridakis, S. C. Wheelwright, *Forecasting Methods and Applications*, Wiley, New York 1978; S. Mishra, S. G. Deshmukh, P. Vrat, *Matching of technological forecasting technique to a technology*, „Technological Forecasting and Social Change” 2002, nr 69, s. 1–27; An-Chin Cheng, Chung-Jen Chen, Chia-Yon Chen, *A fuzzy multiple criteria comparison of technology forecasting methods for predicting the new materials development*, „Technological Forecasting and Social Change” 2008, nr 75, s. 131–141; G. Intepe, E. Bozdog, T. Koc, *The selection of technology forecasting method using a multi-criteria interval-valued intuitionistic fuzzy group decision making approach*, „Computers & Industrial Engineering” 2013, nr 65, s. 277–285.

¹⁹⁰ M. Karczewska, *Pomiar i porównanie technologii w przedsiębiorstwie...*, s. 132.

¹⁹¹ Ibidem, s. 134.

¹⁹² J. Kaźmierczak, *Ocena oddziaływań społecznych innowacyjnych produktów i technologii...*, s. 124.

innowacji od tych z przeszłości, jest ich rosnąca złożoność i dynamizm, co sprawia że przewidzenie ich wielopłaszczyznowego wpływu jest coraz trudniejsze. To według Ł. Nazarko i B. Melnikas determinuje konieczność zwrócenia także szczególnej uwagi na aspekt odpowiedzialnych badań i innowacji (*Responsible Research and Innovation – RRI*) w kontekście współczesnej oceny technologii¹⁹³.

Sam termin *technology assessment* wprowadził P. Yeager w 1966 roku w odpowiedzi na potrzebę identyfikacji konsekwencji rozwoju nowych technologii, tak by móc uniknąć lub ograniczyć negatywne skutki, a promować pozytywne¹⁹⁴. W latach siedemdziesiątych, wraz z utworzeniem *Office of Technology Assessment* (OTA, działającego do 1995 roku), podejście TA stało się instrumentem polityki wspomagającym decydentów zwłaszcza w kwestiach innowacji. W Europie utworzono sieć EPTA (*European Parliamentary Technology Assessment Network*), skupiającą specjalistów z różnych, również pozatechnicznych dziedzin nauki, stanowiącą w swym założeniu wsparcie demokratycznej kontroli nad naukowymi i technologicznymi innowacjami. Idea klasycznej oceny technologii zakłada, że TA to studia nad zrozumieniem społecznych konsekwencji rozwoju istniejących technologii lub wprowadzenia nowych ze szczególnym uwzględnieniem nieplanowanych i niespodziewanych skutków¹⁹⁵. Koncepcja rozwijała się z czasem w różnych kierunkach. W literaturze wymienia się między innymi ITA (*innovative TA*), PTA (*participatory TA*), strategiczne TA (*strategic TA*) czy CTA (*constructive TA*) lub RTTA (*real-time technology assessment*)¹⁹⁶. Badacze H. Carlsen i in. twierdzą, że TA w praktyce rozwinęło się w dwóch kierunkach¹⁹⁷: ostrożnej analizy dobrze znanych technologii, określanej jako SAT (*Sustainability Assessment of Technologies*), bazującej na analizie cyklu życia technologii przy uwzględnieniu środowiskowych, ekonomicznych i społecznych wpływów oraz partycypacyjnej oceny technologii (*Participatory Technology Assessment*), powstałej jako alternatywa tradycyjnej oceny technologii, gdzie główny nacisk położony jest nie na przewidywaniu dotychczas niezauważonych efektów przyszłych technologii, ale na zwiększeniu udziału i wpływu opinii publicznej w podejmowaniu decyzji na podstawie tego co już wiadomo na temat rozważanej technologii. Autorzy wymieniają także

¹⁹³ Ł. Nazarko, B. Melnikas, *Responsible Research and Innovation in Engineering and Technology Management: Concept, Metrics and Assessment*, 2019 IEEE Technology & Engineering Management Conference (TEMSCON), 2019, s. 1–5.

¹⁹⁴ H. Carlsen, K. H. Dreborg, M. Godman, S. O. Hansson, L. Johansson, P. Wikman-Svahn, *Assessing socially disruptive technological change*, "Technology in Society" 2010, nr 32, s. 213.

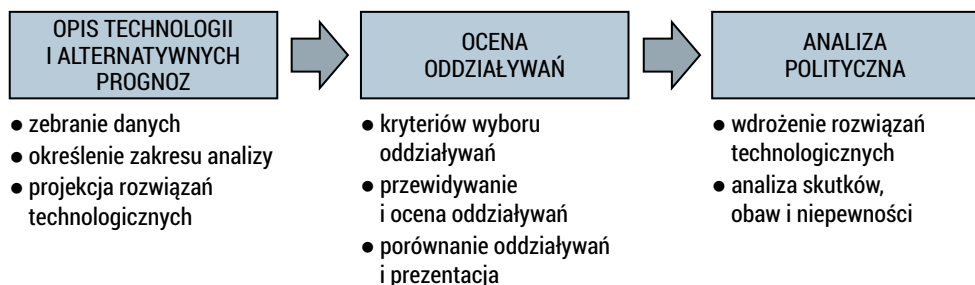
¹⁹⁵ J. F. Coates, *A 21st century agenda for technology assessment*, "Technological Forecasting and Social Change" 2001, nr 67, s. 303.

¹⁹⁶ J. Kaźmierczak, *Ocena oddziaływań społecznych innowacyjnych produktów i technologii...*, s. 127–130; J. K. Musango, *Technology Assessment of Renewable Energy Sustainability in South Africa*, rozprawa doktorska, Stellenbosch University, Matieland 2012, s. 31–32; R. O. van Merkerk, R. E. H. M. Smits, *Tailoring CTA for emerging technologies*, "Technological Forecasting and Social Change" 2008, nr 75, s. 315–316; T. Fleischer, A. Grunwald, *Making nanotechnology developments sustainable. A role for technology assessment?*, "Journal of Cleaner Production" 2008, nr 16, s. 894.

¹⁹⁷ H. Carlsen, K. H. Dreborg, M. Godman, S. O. Hansson, L. Johansson, P. Wikman-Svahn, *Assessing socially disruptive technological change...*, s. 213–214.

foresight technologiczny jako powiązaną z TA aktywność badawczą. Z kolei A. Genus opisuje inny kierunek rozwoju oceny technologii – CTA – jako działania nakierowane na tworzenie lepszej technologii w lepszym społeczeństwie, przy uwzględnianiu zaangażowania szerokiego wachlarza podmiotów (wychodzące poza agencje rządowe, producentów, użytkowników lub konsumentów) podczas zdobywania wiedzy o technologiach i ich potencjalnym wpływie¹⁹⁸. Według J. C. M. van Eijndhovena ujęcia TA wiązały się z nastawieniem na realizację różnych celów. Autor opierając się na analizie rozwoju koncepcji TA w sześciu krajach, wyodrębnia z kolei cztery podejścia do TA: paradygmat klasycznej oceny technologii, paradygmat wedle OTA wraz z jego europejską interpretacją, powszechną (społeczną) ocenę technologii i CTA¹⁹⁹. Pomimo wielu odmian oceny technologii, J. K. Musango zauważa, że tradycyjne ujęcia TA skupiały się na prognozowaniu, ocenie wpływu i analizie polityki, podczas gdy w przypadku nowoczesnych podejść jak CTA, wyraźnie zarysowanym celem jest kształtowanie nowych technologii²⁰⁰.

Możliwe jest wyodrębnienie kroków, których wymaga realizacja oceny technologii. Jedna z dostępnych w literaturze procedur postępowania podczas oceny technologii to podział na trzy kroki obejmujący opis technologii i alternatywnych prognoz, ocenę oddziaływań i analizę polityczną (rysunek 3.1). Z kolei współcześnie, w przywołanym przez M. Karczewską, J. Materzoka i J. Skoniecznego procesie oceny technologii, można wyróżnić większą liczbę kroków: określenie problemu, opis technologii, prognozowanie jej rozwoju, charakterystyka kontekstu społecznego, prognozowanie społeczne, identyfikacja skutków rozwoju technologii, ich analiza i ocena, analiza polityczna, informowanie o rezultatach analizy²⁰¹.



RYSUNEK 3.1. Proces oceny technologii (TA)

ŹRÓDŁO: J. K. Musango, *Technology Assessment of Renewable Energy Sustainability in South Africa*, rozprawa doktorska, Stellenbosch University, Matieland 2012, s. 35.

¹⁹⁸ A. Genus, *Rethinking constructive technology assessment as democratic, reflective, discourse*, "Technological Forecasting and Social Change" 2006, nr 73, s. 13, 15.

¹⁹⁹ J. C. M. van Eijndhoven, *Technology Assessment: Product or Process?*, "Technological Forecasting and Social Change" 1997, nr 54, s. 269–286.

²⁰⁰ J. K. Musango, *Technology Assessment of Renewable Energy Sustainability in South Africa...*, s. 35.

²⁰¹ M. Karczewska, J. Materzok, J. Skonieczny, *Współczesne narzędzia oceny technologii...*, s. 460–461.

Dokonując oceny technologii rozważa się jej istotną rolę w dokonujących się przemianach gospodarczych, społecznych oraz kulturowych. Podejście wymaga badania sił i czynników związanych z projektowaniem i wdrażaniem technologii, przy uwzględnieniu społecznej dyskusji wokół technologii, a także połączenia opinii interesariuszy z wiedzą ekspercką. Celem tak pojętej oceny technologii jest określenie ryzyka, z jakim wiąże się wprowadzenie danego rozwiązania technologicznego, na tyle wcześnie, aby dokonywana ocena cechowała się precyzją i ukierunkowaniem na rzeczywisty problem. W przypadku określenia alternatywnych rozwiązań technologicznych, możliwym jest dokonanie ich oceny i porównanie²⁰². W ramach podejścia wykorzystywane są inne metody badawcze, adaptowane na potrzeby TA. Metody umożliwiające przeprowadzenie oceny technologii skupiały się w przeciągu lat na zagadnieniach modelowania strukturalnego i dynamice systemu, analizie wpływów, analizie scenariuszowej, ocenie ryzyka, analizie wspomagającej podejmowanie decyzji oraz analizie pojawiających się technologii, określaniu kierunków rozwoju technologii czy technometrii²⁰³.

Kolejna z wyróżnionych koncepcji badania technologii to wywiad technologiczny (*technology intelligence* – TI). Ogólnie podejście to można zdefiniować jako identyfikację, ocenę i wykorzystanie informacji na temat nowych technologii i nieciągłości technologicznych²⁰⁴. Jak wykazuje w swoich pracach E. Lichtenthaler²⁰⁵, brak jest zgody w rozumieniu pojęcia wywiadu technologicznego, które często utożsamiane jest z innymi pojęciami związanymi z analizą technologii (jak prognozowanie technologiczne, skanowanie, monitorowanie czy ocena technologii). Autor rozważa wywiad technologiczny jako obserwację trendów technologicznych i traktuje go jako zadanie niezależne od sposobu przeprowadzenia jego rozwiązania. W świetle jego rozważań wywiad ma wesprzeć podejmowanie decyzji w przedsiębiorstwie, w tym tych dotyczących technologii i obejmuje działania w zakresie gromadzenia, analizy i przekazywania informacji odnoszących się do zidentyfikowanych trendów. Celem TI w tym kontekście jest wykorzystanie potencjalnych szans i obrona przed ewentualnymi zagrożeniami, co jest możliwe dzięki szybkiemu dostępowi do wiedzy odnoszącej się do trendów technologicznych w otoczeniu przedsiębiorstwa. TI wymaga zatem monitorowania i analizy poszczególnych konkurentów, ale też jednostek badawczych, czy inicjatyw typu *start-up*²⁰⁶.

²⁰² Ibidem, s. 459–461.

²⁰³ T. A. Tran, T. Daim, *A taxonomic review of methods and tools applied in technology assessment*, "Technological Forecasting and Social Change" 2008, nr 75, s. 1397–1402.

²⁰⁴ R. Rohrbeck, H. M. Arnold, J. Heuer, *Strategic Foresight in multinational enterprises – a case study on the Deutsche Telekom Laboratories*, MPRA Paper, ISPIIM-Asia 2007 conference, New Delhi 2007, s. 3.

²⁰⁵ E. Lichtenthaler, *Third generation management of technology intelligence processes*, "R&D Management", t. 33, nr 4, 2003, s. 361–375; E. Lichtenthaler, *Technological change and the technology intelligence process: a case study*, "Journal of Engineering and Technology Management" 2004, nr 21, s. 331–348.

²⁰⁶ E. Lichtenthaler, *Third generation management of technology intelligence processes...*, s. 362.

Według R. Rohrbecka, wywiad technologiczny znajduje się wśród analiz przyszłości wespół z foresightem i prognozowaniem, „zazębiając się” z każdym z podejść. Skupia on uwagę badawczą głównie na poziomie przedsiębiorstwa, a nie regionu, kraju lub międzynarodowym, choć jest wykorzystywany jak pozostałe do antycypowania przyszłości, czy zbierania informacji użytecznych podczas podejmowania decyzji. To zatem ujęcie dedykowane przedsiębiorstwu, wynikające często z potrzeby ustanowienia nowych kompetencji. Dynamika i złożoność technologii oraz postępująca globalizacja B+R powodują, że nabycie nowych umiejętności wewnętrznie w przedsiębiorstwie jest coraz trudniejsze. Ma to swoje konsekwencje w poszukiwaniu przez firmy zdolności technologicznych na zewnątrz poprzez wspólne badania, licencje, zakup praw własności intelektualnej, podejmowanie wspólnych inicjatyw lub wręcz wykupywanie firm²⁰⁷.

Wywiad technologiczny pojawił się jako pochodna prognozowania technologicznego i foresightu technologicznego. Podobne znaczenia nadano także terminowi *competitive technical intelligence*²⁰⁸, który często jest traktowany nie tylko jako proces, ale także jako wynik tego procesu, oznaczający cenne informacje. Informacje na temat zewnętrznych naukowych i technologicznych zagrożeń, możliwości lub tendencji, które cechuje potencjał kreowania pozycji konkurencyjnej przedsiębiorstwa²⁰⁹. Innym terminem łączonym z wywiadem technologicznym, wprowadzonym przez A. L. Portera, jest szybki wywiad technologiczny (*quick technology intelligence processes*²¹⁰), który opiera się na badaniu osiągnięć naukowych, bazując na dostępnych zbiorach danych, w tym tych odnoszących się do patentów (w literaturze wymieniane są bazy *Science Citation Index* – SCI, INSPEC oraz *Derwent World Patent Index* – DWPI czy bazę Polskiego Urzędu Patentowego)²¹¹. Za czynniki umożliwiające TI uznaje się natychmiastowy dostęp do bazy danych, oprogramowanie analityczne (oprogramowanie typu *techmining software*, jak np. program *VintagePoint*), zautomatyzowane procedury oraz standaryzację procesu decyzyjnego²¹². Ogólny przebieg procesu opisuje R. Rohrbeck (rysunek 3.2).

W literaturze jako metody ściśle związane z wywiadem technologicznym wymienia się analizę patentów, skanowanie technologii, zwiad technologiczny, monitoring technologii czy obserwację technologiczną²¹³. Interesującym przykładem realizacji wywiadu technologicznego oraz zwiadu technologicznego (*technology scouting*)

²⁰⁷ R. Rohrbeck, *Technology Scouting – a case study on the Deutsche Telekom Laboratories*, MPRA Paper, ISPIM-Asia 2007 conference, New Delhi 2007, s. 2–3.

²⁰⁸ Ibidem, s. 3.

²⁰⁹ A. Nosella, G. Petroni, R. Salandra, *Technological change and technology monitoring process: Evidence from four Italian case studies*, „Journal of Engineering and Technology Management” 2008, nr 25, s. 322–323.

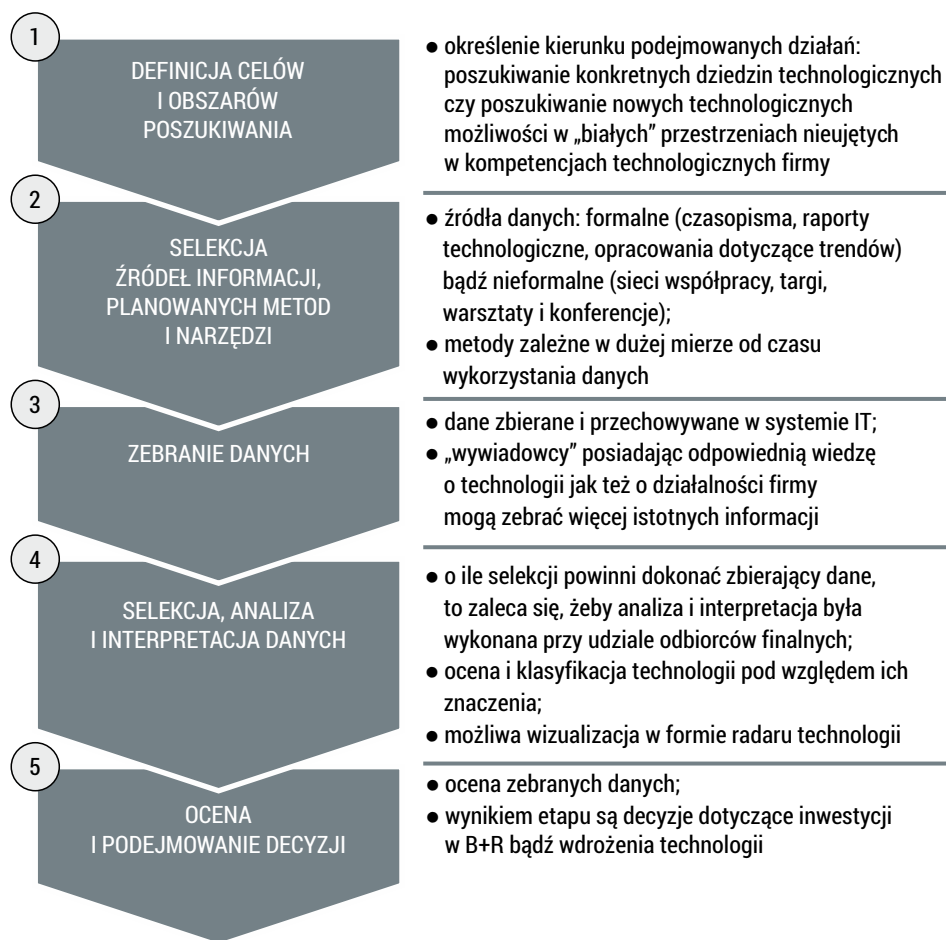
²¹⁰ A. L. Porter, *QTIP: Quick technology intelligence processes*, „Technological Forecasting and Social Change” 2005, nr 72, s. 1070–1081.

²¹¹ M. Karczewska, *Pomiar i porównanie technologii w przedsiębiorstwie...*, s. 130–131.

²¹² A. L. Porter, *QTIP: Quick technology intelligence processes...*, s. 1071.

²¹³ A. Nosella, G. Petroni, R. Salandra, *Technological change and technology monitoring process...*, s. 322.

są prace prowadzone przez *Deutsche Telekom Laboratories*, gdzie metody te są podstawą przygotowania radaru technologicznego stanowiącego wizualny przegląd technologii, przedstawiający w skrócie informacje na temat jej znaczenia (uwzględniającego wymiar oddziaływania na rynek oraz złożoności realizacji technologii), fazy rozwoju (w podziale na badania podstawowe, stosowane, koncepcja produktu, gotowość do wejścia na rynek i obecność na rynku) oraz przynależności do zdefiniowanych przez przedsiębiorstwo obszarów²¹⁴.



RYSUNEK 3.2. Przebieg wywiadu technologicznego

ŹRÓDŁO: opracowanie własne na podstawie R. Rohrbeck, *Technology Scouting – a case study on the Deutsche Telekom Laboratories*, MPRA Paper, ISPIM-Asia 2007 conference, New Delhi 2007, s. 7–8.

²¹⁴ R. Rohrbeck, J. Heuer, H. M. Arnold, *Technology Radar – an Instrument of Technology Intelligence and Innovation Strategy*, IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology, Singapore 2006, s. 978–983.

Podejściem integrującym omówione wątki metodyczne analizy technologii i jej rozwoju jest analiza technologii zorientowana na przyszłość (**future-oriented technology analysis** – FTA) rozumiana jako przeprowadzany systematycznie proces dokonywania osądów dotyczących charakterystyk wyłaniających się technologii (*emerging technologies*), kierunków ich rozwoju i potencjalnych oddziaływań technologii w przyszłości. Ujęcie obejmuje szeroki zestaw aktywności, które ułatwiają podejmowanie decyzji i skoordynowanie działań, zwłaszcza w dziedzinie nauki, technologii i polityki innowacyjności. FTA nie jest dyscypliną z mocnymi, powszechnie zaakceptowanymi podstawami teoretycznymi, a raczej zbiorem różnych podejść do przyszłości, które podzielają pewne założenia, a w wypadku innych różnią się²¹⁵. Według R. Johnstona, pochodzenie terminu FTA sięga zorganizowanego w 2004 roku seminarium *Institute for Prospective Technological Studies* (IPTS), jednego z siedmiu instytutów naukowych *Joint Research Centre* (JRC)²¹⁶. I choć we wstępnym referacie, którego celem było poinformowanie i promocja idei wśród uczestników użyto terminu *technology futures analysis* (TFA)²¹⁷, to w tytule seminarium pojawiało się sformułowanie *future-oriented technology analysis*, co wskazało na bardziej przyszłościowy kontekst podejmowanych wówczas rozważań²¹⁸. Według C. Cagnina i in., FTA jest potencjalnie użyteczne w celu poprawy jakości i rzetelności analiz dotyczących przyszłości oraz przygotowania do przełomowych wydarzeń poprzez systematyczność podejścia i rozwój wspólnych spostrzeżeń i wyobrażeń; stworzenia przestrzeni dialogu dla kluczowych podmiotów z różnych środowisk; budowy wspólnej wizji i konsensusu, tak by proces dokonujących się przemian miał charakter „kierowany” oraz rozpoczęcia z jednej strony dialogu dotyczącego postępujących zmian, ale także inicjowanie programów badań naukowych i innowacji²¹⁹.

Ocena technologii i prognozowanie jej rozwoju stanowią podstawę FTA, stąd też podejścia te w zakresie metodycznym wykazują wysoką zgodność²²⁰. Wśród metod użytecznych i wykorzystywanych podczas realizacji projektów FTA wymienia się,

²¹⁵ Technology Futures Analysis Methods Working Group, *Technology futures analysis: Toward integration of the field and new methods*, “Technological Forecasting and Social Change” 2004, nr 71, s. 289; P. Schaper-Rinkel, *The role of future-oriented technology analysis in the governance of emerging technologies: The example of nanotechnology*, “Technological Forecasting and Social Change” 2013, nr 80, s. 446; C. Cagnin, A. Havas, O. Saritas, *Future-oriented technology analysis: Its potential to address disruptive transformations*, “Technological Forecasting and Social Change” 2013, nr 80, s. 381.

²¹⁶ R. Johnstone, *Historical Review of the Development of Future Oriented Technology Analysis*, [w:] C. Cagnin (red.), M. Keenan (red.), R. Johnston (red.), F. Scapolo (red.), R. Barre (red.), *Future-Oriented Technology Analysis*, Springer, Heidelberg 2008, s. 17.

²¹⁷ Technology Futures Analysis Methods Working Group, *Technology futures analysis* ...

²¹⁸ R. Kreibich, B. Oertel, M. Wölk, *Future Studies and Future-oriented Technology Analysis. Principles, Methodology and Research Questions*, publikacja przygotowana na 1st Berlin Symposium on Internet and Society, 2011, s.7, [online], dostęp zdalny: www.hiig.de/wp-content/uploads/2012/04/Foresight-Paper.pdf, [data wejścia: 15.06.2021].

²¹⁹ C. Cagnin, A. Havas, O. Saritas, *Future-oriented technology analysis: Its potential...*, s. 380.

²²⁰ R. Kreibich, B. Oertel, M. Wölk, *Future Studies and Future-oriented Technology Analysis...*, s. 8.

jak w innych podejściach do analizy technologii, między innymi: Delphi, scenariusze, warsztaty, metody kreatywne jak burza mózgów czy mapy myśli, ale też analizę patentów, analizę publikacji, analizę ryzyka, analizę rynku, analizę cyklu życia, mapowanie technologii, tworzenie marszrut rozwoju produktu bądź technologii, czy analizę portfela technologii²²¹. Poza naukowymi metodami, podczas realizacji FTA wykorzystywane są również inne techniki empiryczne, ponieważ głównym celem jej jest pomoc decydentom poprzez przeprowadzenie stosownych analiz, obserwacji i nowych pomysłów aby lepiej przygotować się na przyszłość (gdy można zidentyfikować trendy do niej prowadzące) bądź ją kształtować (gdy nie jest w pełni zdeterminowana przez zidentyfikowane/możliwe do zidentyfikowania trendy). To również wskazuje, że inicjatywy FTA łącząc wiedzę praktyczną oraz naukową, często nie mają charakteru ściśle naukowego²²².

Zasady FTA, wprowadzone przez R. Poppera i M. Keenana, zakładają²²³:

- zasadę orientacji na przyszłość (jednak nie w sensie jej przewidywania, zakłada się, że przyszłość nie jest wstępnie określona, ale może ewoluować w różnych kierunkach, w zależności od decyzji i działań podejmowanych obecnie);
- zasadę partycypacji (łączenia wielu perspektyw, zainteresowań i wiedzy różnych uczestników inicjatywy w procesie rozważań, analizy i syntezy; szeroki udział różnorodnych ekspertów, nie tylko ze środowiska naukowego);
- zasadę faktów (oparcie się na rzetelnej opinii i interpretacji, jak również na postawach twórczych w formułowaniu przypuszczeń dotyczących przyszłości);
- zasadę wielodyscyplinarności (wiele dzisiejszych problemów jest niemożliwych do rozwiązania z pojedynczej, ściśle określonej perspektywy, czy w ramach jednej dyscypliny; FTA celowo wychodzi poza granice poznawcze, łącząc różne dyscypliny podczas prowadzonych rozważań, co powinno umożliwić lepsze zrozumienie istniejących relacji);
- zasadę koordynacji (zaangażowanie wielu uczestników w proces analizy, debaty i podejmowania decyzji powoduje, że wszelkie podejmowane działania są wsparte szerokim wachlarzem danych i opinii, a także następuje skoordynowana mobilizacja ludzi i pozostałych zasobów);
- zasadę zorientowania na działanie (FTA powinno prowadzić nie tylko do samych analiz przyszłości, ale też do jej kształtowania).

Analizując przytoczone zasady można zauważyć, że zostały one wręcz zaczerpnięte z idei badań foresightowych, co można wytłumaczyć ewaluacją badaczy foresightu, którzy licznie skierowali swoje zainteresowania badawcze w kierunku FTA.

²²¹ K. Cuhls, R. Johnston, *Corporate Foresight...*, s. 110.

²²² C. Cagnin, A. Havas, O. Saritas, *Future-oriented technology analysis: Its potential...*, s. 381.

²²³ C. Cagnin, M. Keenan, *Positioning Future-Oriented Technology Analysis...*, s. 4–5.

W polskiej literaturze koncepcja FTA została rozwinięta przez K. Halicką. Autorka opracowała metodykę prospektywnej analizy technologii (PAT) wychodząc od ujęcia FTA²²⁴. Zastosowanie PAT ma na celu wyłonienie oraz pogłębione zbadanie, ocenienie, zaprezentowanie obecnego stanu i przewidywanie przyszłości technologii priorytetowych, a więc cechujących się największym potencjałem rozwoju, w różnych perspektywach czasowych. Zastosowanie PAT w ujęciu zaprezentowanym przez K. Halicką pozwala także na konstrukcję portfolio technologii, wyróżnienie czynników sprzyjających ich rozwojowi, zbadanie ich oddziaływania na otoczenie, ale także przygotowanie produkcji w obszarze konstrukcyjnym, technologicznym oraz organizacyjnym, podczas planowania strategicznego, projektowania produktu, czy też projektowania procesu i systemu wytwórczego. W swoich publikacjach autorka wskazała na możliwości zastosowania metodyki bądź jej elementów na przykładzie technologii nawierzchni drogowych w Polsce²²⁵, czy w kontekście rozwoju gerontechnologii, w tym robotów do opieki osobistej dla osób starszych²²⁶.

Metodą zestawianą przez V. Coatesa i in. z powyżej opisanymi koncepcjami i uzupełniającą analizą w ramach FTA, której realizacja w największym stopniu spośród charakteryzowanych umożliwia skupienie na najodleglejszym czasowo, przyszłym rozwoju technologii to *technology roadmapping*. Autorka traktuje jednak to podejście raczej jako ustrukturyzowaną metodę niż ogólną koncepcję analizy technologii, stąd też została ona przybliżona w kolejnym, poświęconym wybranym metodom rozdziale.

Dynamika rozwoju technologii jest determinantą określania jej stanu i przewidywania możliwych ścieżek rozwoju. Rozwój metodyki analizy technologii stał się więc niezbędny, tak by wypracować systemy wczesnego ostrzegania o technologicznych przemianach, nawet jeśli będą wskazywały jedynie na słabe sygnały nadchodzących już zmian²²⁷.

²²⁴K. Halicka, *Prospektywna analiza technologii...*; K. Halicka, *Innovative Classification of Methods of The Future-Oriented Technology Analysis*, "Technological and Economic Development of Economy" 2016, nr 22(4), s. 574–597; K. Halicka, *Technology Selection Using the TOPSIS Method*, "Foresight and STI Governance" 2020, nr 14(1), s. 85–96.

²²⁵K. Halicka, *Prospektywna analiza technologii...*, s. 127–181.

²²⁶K. Halicka, *Gerontechnology – the assessment of one selected technology improving the quality of life of older adults*, "Engineering Management in Production and Services" 2019, nr 11(2), s. 43–51; K. Halicka, *Personal Care Robots for Senior Adults – Analysis and Assessment of the Current State of Selected Gerontechnology*, "Multidisciplinary Aspects of Production Engineering" 2018, nr 1(1), s. 867–873.

²²⁷Międzynarodowe Centrum Nauki i Zaawansowanej Technologii ICS, *Zarządzanie technologią...*, s. 28.

3.2. Wybrane metody analizy technologii i jej rozwoju

Zagadnienie analizy technologii nie jest problemem nowym. Właściwie wszystkie działania inżynierskie związane z optymalizacją, obejmujące wybór koncepcji, czy danego rozwiązania na podstawie określonego/ych kryterium/ów, mogą być traktowane jako realizacja oceny technologii²²⁸. Wykorzystując metody badawcze w centrum stawiające technologie, analizie można poddać jej stan bieżący, jak i rozważać przyszłe możliwe do zaistnienia stany. Niektóre z metod umożliwiają spojrzenie bezpośrednio na technologię, inne wymagają raczej skupienia na jej otoczeniu i jego relacjach z technologiami w kontekście kryteriów ekonomicznych, środowiskowych czy społecznych.

Według A. M. Pawlaka o wartości technologii decydują jej atrybuty techniczne (w tym ekspertyza technologiczna, prognozy technologiczne, poziom rozwoju technologii, jej innowacyjność, wartość intelektualna), siły biznesowe (różnorodność zastosowań, rozmiary rynku, konkurencja i bariery wzrostu, strategia firmy) oraz atrybuty finansowe (wymagana inwestycja, ryzyko, potencjalna stopa zwrotu i zyskowość)²²⁹. Z perspektywy tego ujęcia metody analizy technologii powinny umożliwiać orientację w tym zestawieniu atrybutów. Z kolei M. W. Pretorius i G. de Wet wskazują, że badając technologie, a także dokonując wyboru zestawu wykorzystywanych technologii ważne jest przeprowadzenie szczegółowej analizy istotnych cech stosowanych technologii. Cechy te powinny obejmować analizę krzywej życia technologii w ujęciu indywidualnym dla każdej technologii a także zbiorczym uwzględniającym ich integrację, analizę trendów technologicznych w zakresie właściwości materiału, kosztów, struktury i wydajności technologii, dojrzałość różnych technologii rozumianą jako poziom ich rozwoju²³⁰. W literaturze wskazuje się także, że podczas analizy technologii należy zwracać uwagę na niepewność komercyjnego i technologicznego sukcesu, dotychczasową historię technologii, niezbędne do jej rozwoju zasoby, stopień, w jakim technologia przyczynia się do realizacji ustalonej misji oraz pozycję na krzywej życia technologii. Ponadto, pomiędzy różnymi technologiami może występować wiele relacji, które także należy rozważyć²³¹. Pojawienie się nowych technologii bądź wprowadzenie zmian w składowych technologii może wpływać zarówno na inne technologie w portfelu technologicznym przedsiębiorstwa, jak i na cykl życia produktu, który jest dzięki nim wytwarzany. Wedle P. Lowe'a, waga współzależności technologii i cyklu życia produktu widoczna jest szczególnie podczas konieczności wyboru technologii.

²²⁸ J. Kaźmierczak, *Ocena oddziaływań społecznych innowacyjnych produktów i technologii („technology assessment”)*, [w:] R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją, Opole 2013, s. 127.

²²⁹ A. M. Pawlak, *Niszowe kierunki rozwoju regionów Polski*, prezentacja w ramach seminarium, Katowice 2010; A. M. Pawlak, *Wartość klastrów technologii*, „Pismo PG” 2010, nr 7, s. 54–55.

²³⁰ M. W. Pretorius, G. de Wet, *A model for the assessment of new technology...*, s. 6.

²³¹ M. Torrkeli, M. Tuominen, *The contribution of technology selection to core competences...*, s. 272–273.

Ocena wzajemnych powiązań pomiędzy pozornie odrębnymi dziedzinami techniki może wskazać, że postęp jednej technologii powstrzymywany jest przez ograniczenia wynikające z drugiej²³².

Przeprowadzone studia literaturowe pozwalają wysnuć wniosek, że w przypadku dokonywania analizy technologii samo oszacowanie poziomu jej dojrzałości jest zbyt wąskim ujęciem. Konieczne jest rozważenie związanych z nią różnorodnych atrybutów. Ścieżka rozwoju badań foresightu technologicznego również podkreśla szerokie otoczenie technologii. Foresight technologiczny w kolejnych generacjach obejmował postrzeganie technologii w coraz szerszym kontekście rynkowym i społecznym. Liczność atrybutów i charakterystyk technologii podnosi jednak równocześnie trudność dokonywania jej analizy. Często może zachodzić również konieczność oceny czynników jakościowych, trudnych bądź niemożliwych do zmierzenia w kategoriach ilościowych. Technologie rozwijają się coraz szybciej, są coraz bardziej skomplikowane, a ich właściwa analiza jest wciąż często warunkiem bytu rynkowego dla przedsiębiorstw opierających swoją działalność na wykorzystaniu technologii oraz rozwoju ekonomicznego dla regionów i państw. Spostrzeżenie to podkreśla istotę narzędzi i metod badawczych, które stanowić mogą pomoc w podniesieniu poziomu rzetelności przeprowadzanych analiz i zasadności podejmowanych w ich efekcie decyzji.

Prowadzone analizy związane z technologią i jej rozwojem mają często na celu właściwą selekcję przyszłościowych rozwiązań technologicznych. Podejmowane w tym zakresie działania mogą spełniać szereg funkcji, które podobnie jak badania foresightowe, mogą być związane z diagnozą (zrozumienie bieżącej sytuacji), prognozą (rozważanie co może się stać) oraz instrukcją (decydowanie co powinno zostać zrobione)²³³. Te odwołujące się do analizy bieżącej sytuacji pozwalają określić wyjściową pozycję dla pozostałych działań. Oczywiście wydaje się fakt, że przed określeniem, co należy wykonać i w jaki sposób, niezbędne jest zdiagnozowanie obecnego stanu. Autorzy M. Torkkeli i M. Tuominen, identyfikując fazy procesu selekcji technologii, wymieniają fazy identyfikacji i ustalenia ram istniejących podstawowych kompetencji, które prowadzić powinny między innymi do wygenerowania listy wykorzystywanych technologii i wymagań technologicznych, czy fazę identyfikacji technologii alternatywnych prowadzącą do stworzenia listy możliwych do nabycia i rozwoju technologii oraz ich charakterystyk, na podstawie wiedzy eksperckiej, wymagań technologicznych i planowanych zadań stawianych przed technologią²³⁴. W tym świetle, uwidaczniana jest zarówno istota analizy bieżącego stanu technologii, jak też związanych z nią charakterystyk/elementów. Wybór technologii byłby niemożliwy bez dokonania jej analizy oraz oceny. Działania te stanowią element analizy potencjału organizacji (w przypadku wyboru technologii w konkretnym przedsiębiorstwie) i opracowywania

²³² P. Lowe, *The Management of Technology...*, s. 17–18.

²³³ R. Koivisto, N. Wessberg, A. Eerola, T. Ahlqvist, S. Kivisaari, J. Myllyoja, M. Halonen, *Integrating future-oriented technology analysis and risk assessment methodologies*, "Technological Forecasting & Social Change" 2009, nr 76, s. 1165.

²³⁴ M. Torkkeli, M. Tuominen, *The contribution of technology selection to core competences...*, s. 281.

strategii jej rozwoju. Nie może być to proces skierowany tylko i wyłącznie na ocenę sprawności technicznej bądź racjonalności ekonomicznej, musi obejmować również analizę aspiracji grup społecznych, ekologicznych i konsekwencji politycznych, wynikających z wdrożenia danej technologii²³⁵.

Ponadto, należy zauważyć, że podstawowym wymogiem realizacji procesu podejmowania decyzji jest dostęp do informacji, tak więc metody skupiające się na diagnozie bieżącego stanu powinny dostarczać jak najobszerniejszego spojrzenia na przedmiot badania, tak by podejmowane decyzje były w jak najwyższym stopniu uzasadnione. Wśród metod wymienionych w przedstawionej poniżej tabeli 3.1 można wyróżnić te odnoszące się do analizy bieżącego stanu technologii oraz odnoszące się do jej stanu przyszłego. Dokonano tu zestawienia wybranych spośród bardzo licznego zbioru metod wykorzystywanych do oceny technologii. Wyboru dokonano wedle subiektywnej oceny autorki, wyróżniając metody uznane za szczególnie użyteczne w badaniu technologii i jej rozwoju. Należy podkreślić, że w odniesieniu do technologii wykorzystywane jest także wiele metod, które można byłoby określić mianem metod wspomagających ich analizę, nie odnoszących się do badania natury technologii w sposób bezpośredni, jednak często pojawiające się wraz z nimi podczas prowadzenia takich analiz. Są to między innymi: burza mózgów, panele eksperckie, analiza SWOT, analiza strukturalna, analiza ryzyka, wywiady, badania ankietowe, przegląd literatury, metoda Delphi. Metody wspomagające są w dużej mierze powszechnie znane i opisywane, pojawiają się w wielu projektach i inicjatywach badawczych. W publikacji skupiono się zatem na metodach o bardziej specyficznym i silniej ukierunkowanym na technologię charakterze.

W tabeli 3.1 zestawiono jedno z najciekawszych, w opinii autorki, metod badawczych pozwalających na analizę technologii oraz poszukiwanie kierunków jej rozwoju. Jednak niektóre z wymienionych, z uwagi na ich znaczenie dla metody mapowania technologii, której rozwój jest celem niniejszej publikacji, przybliżono nieco szerzej w poniższej zawartych treściach.

TABELA 3.1. Wybrane metody analizy technologii i jej rozwoju

Metoda	Ogólna idea metody
Analiza portfela technologicznego (<i>technology portfolio</i>)	graficzne odwzorowanie pozycji każdej technologii (ze zbioru – portfela technologii), z której wynikają możliwe działania (decyzje), związane z przyjętą strategią technologiczną, zmieniające dotychczasową pozycję przedsiębiorstwa; zazwyczaj uwzględnia się dynamikę portfela, odzwierciedlającą zmianę technologii w czasie, a tym samym zmianę ich potencjału konkurencyjnego oraz aspekty finansowe, związane z nakładami na pozyskanie technologii (rozwój i wdrożenie) a także oczekiwane przepływy finansowe generowane przez technologię

²³⁵ M. Karczewska, J. Materzok, J. Skonieczny, *Współczesne narzędzia oceny technologii*, Konferencja KZZ Zakopane 2011, Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją, Zakopane 2011, [online], dostęp zdalny: www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2011/042.pdf, [data wejścia 02.06.2021], s. 456.

Metoda	Ogólna idea metody
Analiza cyklu życia technologii (<i>technology life cycle analysis</i>)	metoda wykorzystywana bezpośrednio czy też pośrednio właściwie podczas większości inicjatyw, których celem jest badanie technologii, podejmowanych z różnych perspektyw, określana także jako analiza krzywej S (typowy, poglądowy kształt krzywej przedstawiono już w rozdziale 1 niniejszej publikacji); w analizie uwzględnia się dwa wymiary: wpływu na konkurencyjność oraz integrację procesową i produktową, oraz cztery etapy: (1) charakterystycznym dla etapu wyłaniania się technologii są nowe technologie o niskiej ocenie w obu wymiarach, (2) faza wzrostu, którą charakteryzują technologie o silnym wpływie na konkurencyjność ale niskim stopniu integracji, (3) w fazie dojrzałości niektóre technologie zmieniają się w technologie kluczowe, a więc silnie zintegrowane i wciąż istotne z perspektywy konkurencyjności, (4) gdy oddziaływanie na konkurencyjność spada technologia staje się bazową i krzywa przechodzi w etap nasycenia, a technologia może zostać zastąpiona; dominującym podejściem podczas realizacji metody jest obserwacja parametrów technicznych, wraz z wpływem czasu bądź ze zmianą łącznych wydatków na B+R, istotne jest aby pamiętać, że bardziej rzetelne efekty osiąga się podczas uwzględnienia nie pojedynczego, a zestawu wskaźników
Metoda hierarchii analitycznej (<i>Analytic Hierarchy Process</i> – AHP)	metoda wspomagania decyzji, umożliwiająca rozwiązywanie złożonych problemów o charakterze decyzyjnym; pozwala na porównywanie wariantów decyzyjnych oraz przeprowadzanie analiz i ocenianie o charakterze diagnostycznym; szczególnie pomocna w przypadku konieczności podejmowania decyzji na bazie doświadczenia, wiedzy i intuicji; po określeniu celu badania następuje definicja kryteriów, dla których ocenia się parami ważność, aby następnie poddać ocenie ważność parami alternatyw (obiektów-technologii) biorąc pod uwagę każde kryterium; metoda pozwala na stworzenie modelu o charakterze hierarchicznym, przeprowadzenie oceny elementów jakościowych, a więc trudno mierzalnych oraz umożliwia ekspertom wybór najlepszej spośród alternatyw
Teoria rozwiązywania innowacyjnych zagadnień – TRIZ	metoda rozwiązywania problemów bazująca na logice i zasobach organizacyjnych, sposób algorytmicznego podejścia do rozwiązania; w ujęciu ogólnym sprowadza się do analizy istniejących wzorów, rejestracji problemów i ich rozwiązań; jej realizacja zakłada, że możliwe jest zidentyfikowanie uniwersalnych zasad kreatywności oraz istnieją ograniczenia danych w systemie, które należy zidentyfikować i wyeliminować; główne źródła danych wykorzystywane podczas realizacji TRIZ obejmują: opisy patentowe, historię techniki oraz osiągnięcia w dziedzinie psychologii myślenia

Metoda	Ogólna idea metody
Algorytm oceny, rankingowania i selekcji technologii (O-R-S)	algorytm złożony z czterech kroków: (1) określenia specyfiki sytuacji decyzyjnej (a więc celu i uwarunkowań dla procesu, przy założeniu możliwych czterech wariantów sytuacji decyzyjnej, gdzie rankingowaniu podlegają technologie: stanowiące nowe zagadnienia, będące w trakcie realizacji badań, podczas planowania komercjalizacji lub wyselekcjonowane przez organizację aby wdrożyć własne zastosowania); (2) doboru odpowiednich kryteriów (odpowiednich dla każdego z wymienionych wariantów sytuacji decyzyjnej); (3) oceny eksperckiej technologii zgodnie z wybranymi kryteriami (właściwa ocena technologii); (3) oceny eksperckiej wzajemnej ważności kryteriów (seria ocen porównawczych) oraz (4) budowy rankingu technologii (obliczenia pozwalające na utworzenie rankingu bazując na standardowym algorytmie metody AHP bądź jej rozszerzonej wersji dual AHP)
Hybrydowy model priorytetyzacji technologii	narzędzie oceny technologii, którego wykorzystanie ma wspomagać podejmowanie decyzji w sytuacji konieczności oceny na bazie subiektywnych, intuicyjnych preferencji i oszacowań; jego wdrożenie wymaga przeprowadzania trzech etapów: (1) budowa macierzy ocen technologii, (2) usunięcie redundancji kryteriów oceny bazując na zdefiniowanej w teorii zbiorów przybliżonych relacji nierozróżnialności oraz (3) przygotowanie zmiennych przybliżonych i właściwa priorytetyzacja przy wykorzystaniu modelu superefektywności DEA; dzięki wykorzystaniu modelu możliwe jest uzyskanie zakresów wartości ocen każdej analizowanej technologii: maksymalnej – optymistycznej i minimalnej – pesymistycznej
Obserwacja technologiczna (<i>technology watch</i>)	metoda ciągłej obserwacji środowiska w celu wczesnej identyfikacji sygnałów o pojawiających się innowacjach technologicznych oraz wykrycia szans ale także i zagrożeń związanych z daną technologią; podejście związane z koncepcją wywiadu technologicznego
Zwiad technologiczny (<i>technology scouting</i>)	wykrywanie postępów technologicznych na wczesnym etapie głównie poprzez bezpośrednie pozyskiwanie danych (co postrzega się jako zaletę pod względem szybkości uzyskiwanych wyników); może polegać na zorganizowaniu grupy osób (spośród zatrudnionych w danym przedsiębiorstwie, bądź zewnętrznych konsultantów) w celu zebrania wiedzy na temat nauki i technologii, a także jej twórców; umożliwia identyfikację technologii przełomowych, potencjalnych istotnych aliansów, organizacji rozwijających technologie, potencjalnych rynków i nowych rozwiązań; opiera się na formalnych i nieformalnych źródłach informacji z naciskiem na tworzenie i wykorzystanie sieci ekspertów

Metoda	Ogólna idea metody
Substytucja technologii (<i>technology substitution</i>)	metoda analizy procesu zastępowania technologii; zjawisko substytucji w najprostszym ujęciu oznacza wymianę starej technologii na związaną, pochodzącą z tej samej rodziny technologicznej bądź na zupełnie nową technologię; popularnym jest posłużenie się krzywą S, na której umieszcza się porównawczą krzywą dla zastępującej technologii, tak by wskazać czas po jakim nowe rozwiązanie zdobędzie przewagę konkurencyjną; możliwe jest oparcie się na wybranym modelu substytucji, jak np. modelu Fisher'a-Pry'a, czy modelu Norton'a i Bass'a
Skanowanie technologii (<i>technology scanning</i>)	poszukiwanie nowych możliwości technologicznych w dotychczas nierozważanych obszarach; metoda badania środowiska technologicznego w celu odkrycia kluczowych czynników oraz trendów rozwojowych dotyczących nauki, innowacji i technologii, przy uwzględnieniu kontekstu narodowego i społecznego (makro), technologicznego i biznesowego (mezo) oraz procesowego i/lub produktowego (mikro); źródła danych podczas skanowania to artykuły naukowe, bazy patentowe, wiedza ekspertów, czy Internet
Monitorowanie technologii (<i>technology monitoring</i>)	poszukiwanie nowych rozwiązań w konkretnych dziedzinach technologicznych, inaczej nadzór technologiczny, ma charakter ciągłego badania stanu techniki; sprowadza się do katalogowania, sporządzania opisów i interpretacji rozwoju technologii
Kluczowe technologie (<i>key/critical technologies</i>)	metoda prowadząca do przygotowania listy technologii istotnych dla danego obszaru, pod względem wygenerowanych w ramach metody kryteriów, z równoczesnym wskazaniem działań z zakresu polityki, ze szczególnym uwzględnieniem obszarów finansowania B+R w perspektywie od trzech do pięciu lat
Indeks gotowości technologicznej (<i>Technology Readiness Level – TRL</i>)	postępowanie pochodne w stosunku do analizy cyklu życia technologii, często wykorzystywane na jego potrzeby, zakłada kategoryzację rozwoju technologii, na potrzeby określenia jej aktualnego stanu i perspektyw rozwoju; <i>podejście szerzej opisane poniżej, pod zestawieniem tabelarycznym</i>
Analizy bibliometryczne, analiza patentów, publikacji (<i>bibliometrics, patent and publication analysis</i>)	zbiór technik badawczych, wykorzystywanych do ilościowych analiz publikacji obejmujących publikacje naukowe oraz dokumenty patentowe, utożsamiane bądź zaliczane w poczet naukometrii (<i>scientometrics</i>); <i>podejście szerzej opisane poniżej, pod zestawieniem tabelarycznym</i>
Marszrutu rozwoju technologii (<i>technology roadmapping</i>)	proces planowania rozwoju technologii, którego realizacja ma na celu zidentyfikowanie, wyselekcjonowanie a także określenie ścieżek rozwoju rozwiązań technologicznych określanych jako kluczowe, często alternatywne względem siebie, jednak ukierunkowane na zaspokojenie określonych potrzeb; proces pozwala na koncentrację na niezbędnych zasobach, a także wspomaga opracowanie rekomendacji w odniesieniu do inwestycji finansowych; <i>podejście szerzej opisane poniżej, pod zestawieniem tabelarycznym</i>

Metoda	Ogólna idea metody
Mapowanie technologii (<i>technology mapping</i>)	metoda określania bieżącego stanu technologii, poprzez ich identyfikację, klasyfikację i zebranie danych o elementach z nią związanych (jak np. komponenty technologii, przykłady jej zastosowania, związane z nią jednostki naukowe, przedsiębiorstwa czy eksperci rozwijający technologię) oraz analizę i wizualizację ewentualnych powiązań pomiędzy technologiami; <i>podejście, którego rozwój stawowi cel publikacji, szerzej opisane w dalszych rozdziałach</i>

ŹRÓDŁO: opracowanie własne na podstawie: K. Santarek (red.), *Transfer technologii z uczelni do biznesu. Tworzenie mechanizmów transferu technologii*, PARP, Warszawa 2008, s. 23–26; A. Magruk, *Foresight technologiczny a zarządzanie technologią*, „Problemy Eksploatacji” 2011, nr 3, s. 54–56; A. Magruk, A. E. Gudałowska, *Future management in the context of technology management*, [w:] J. Kalkowska (red.), *Applications of information technologies in management*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010; J. Nazarko, *Regionalny foresight gospodarczy. Metodologia i instrumentarium badawcze*, Związek Pracodawców Warszawy i Mazowsza, Warszawa 2013, s. 31–33; A. L. Porter, *Technology foresight: types and methods*, „International Journal of Foresight and Innovation Policy” 2010, t. 6, nr 1/2/3, s. 41; J. F. Coates, *A 21st century agenda for technology assessment*, „Technological Forecasting and Social Change” 2001, nr 67, s. 303; A. Genus, *Rethinking constructive technology assessment as democratic, reflective, discourse*, „Technological Forecasting and Social Change” 2006, nr 73, s. 23; E. Jantsch, *Technological forecasting in perspective. A Framework for Technological Forecasting, its Techniques and Organisation*, OECD, 1967, s. 23, [online], dostęp zdalny: prod2-territoires.integra.fr/sites/default/files/datar/prevtech-en.pdf, [data wejścia: 09.09.2019]; B. R. Martin, *Foresight in Science and Technology*, „Technology Analysis & Strategic Management” 1995, s. 139–168; A. M. J. Skulimowski, *Metodyka foresightu strumieni odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego*, raport z prac badawczych realizowanych w ramach projektu „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny”, Fundacja „Progress and Business”, Kraków 2011, s. 13–16; M. L. Garcia, O. H. Bray, *Fundamentals of technology Roadmapping*, NM: Sandia National Laboratories Report SAND97-0665, Albuquerque 1998, s. 12; R. Johnson, *Future Critical and Key Industrial Technologies as Driving Forces for Economic Development and Competitiveness*, UNIDO Technology Foresight Summit 2007, Budapeszt 2007, s. 3; R. Rohrbeck, *Technology Scouting – a case study on the Deutsche Telekom Laboratories*, MPRA Paper, ISPIM-Asia 2007 conference, New Delhi, 2007; R. Rohrbeck, H. M. Arnold, J. Heuer, *Strategic Foresight in multinational enterprises – a case study on the Deutsche Telekom Laboratories*, MPRA Paper, ISPIM-Asia 2007 conference, New Delhi 2007, s. 3; Technology Futures Analysis Methods Working Group, *Technology futures analysis: Toward integration of the field and new methods*, „Technological Forecasting and Social Change” 2004, nr 71, s. 288; K. Klusacek, *Critical Technologies*, [online], dostęp zdalny: www.unido.org/fileadmin/import/16961_CriticalTechnologies.pdf, [data wejścia: 19.09.2019]; K. Klineciewicz, M. Żemigala, M. Mijał, *Bibliometria w zarządzaniu technologiami i badaniami naukowymi*, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa 2012, s. 14; L. Gao, A. L. Porter, J. Wang, S. Fang, X. Zhang, T. Ma, W. Wang, L. Huang, *Technology life cycle analysis method based on patent documents*, „Technological Forecasting and Social Change” 2013, nr 80, s. 398–399; J. Materzok, *TRIZ jako metoda kreowania pomysłów innowacyjnych*, [w:] J. Skonieczny (red.), *Kształtowanie zachowań innowacyjnych, przedsiębiorczych i twórczych w edukacji inżyniera*, Wydawnictwo Indygo Zahir Media, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2011, s. 122–123; W. C. Johnson, K. Bhatia, *Technological substitution in mobile communications*, „Journal of Business & Industrial Marketing” 1997, t. 12, nr 6, s. 383–399; R. J. van Wyk, *Strategic Technology Scanning*, „Technological Forecasting and Social Change” 1997, nr 55, s. 21–38; M. Karczewska, *Pomiar i porównanie technologii w przedsiębiorstwie – podstawy w kierunkowaniu jego innowacyjnej działalności*, [w:] J. Skonieczny (red.), *Kształtowanie zachowań innowacyjnych, przedsiębiorczych i twórczych w edukacji inżyniera*, Wydawnictwo Indygo Zahir Media, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2011, s. 133–134; K. Halicka, *Prospektywna analiza technologii: metodologia i procedury badawcze*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2016, s. 41–44; K. Klineciewicz, A. Manikowski,

Ocena, rankingowanie i selekcja technologii, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2013, s. 94–95; 126–136; E. Chodakowska, *Hybrydowy model priorytetyzacji technologii*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2019, s. 159–160; E. Chodakowska, J. Nazarko, *Hybrid rough set and data envelopment analysis approach to technology prioritisation*, „Technological and Economic Development of Economy” 2020, nr 26(4), s. 885–908.

Pierwszą metodą, na którą autorka pragnie zwrócić szczególną uwagę jest tworzenie marszrut rozwoju technologii (**technology roadmapping** – TRM). Jest to metoda o ustrukturyzowanym przebiegu, wpisująca się w nurt planowania strategicznego, której realizacja powinna umożliwić identyfikację szans związanych z rozwojem istniejących technologii bądź pojawieniem się nowych rozwiązań technologicznych, przy założeniu integracji sfer nauki, technologii i biznesu. Opracowana została przez koncern Motorola, który w latach siedemdziesiątych wykorzystał ją w obszarze planowania produkcji, aby połączyć strategię produktu z planami technologicznymi, jako narzędzie umożliwiające skuteczne planowanie rozwoju oraz zarządzanie technologią. Metoda została wdrożona i zaadaptowana na potrzeby wielu różnych organizacji w różnych sektorach, firmach, na poziomie branżowym oraz krajowym, wspierając realizację szeregu strategicznych celów²³⁶. Jest wciąż rozwijana, są adaptowane nowsze koncepcje, a także wskazywane są nowe obszary jej zastosowań²³⁷. Idea metody sprowadza się do określenia celów do osiągnięcia w przyszłości oraz wypracowania zespołowego stanowiska w kwestii przyszłego stanu rzeczywistości²³⁸.

Badacze M. L. Garcia i O. H. Bray zauważyli, że zarówno termin *roadmapping* jak i *technology roadmapping* wykorzystuje „wielu badaczy na określenie wielu różnych zjawisk”²³⁹. Oryginalnie zastosowany termin *technology roadmapping*, w polskich tłumaczeniach pojawia się jako mapa drogowa technologii, tworzenie planów

²³⁶T. U. Daim, T. Oliver, *Implementing technology roadmap process in the energy services sector: A case study of a government agency*, „Technological Forecasting and Social Change” 2008, nr 75, s. 690; C. H. Willyard, C. W. McClees, *Motorola's technology roadmap process*, „Research Management” 1987, t. 30, nr 5, s. 13–19; R. Phaal, C. J. P. Farrukh, D. R. Probert, *Developing a Technology Roadmapping System*, „Technology Management: A Unifying Discipline for Melting the Boundaries” 2005, IEEE Conference Publications, s. 99; M. L. Garcia, O. H. Bray, *Fundamentals of technology roadmapping*, NM: Sandia National Laboratories Report SAND97–0665, Albuquerque 1998, s. 3; N. B. Moghaddam, M. Sahafzadeh, *Technology Research Roadmapping: The Case Study of Membrane Technology in Iranian Petrochemical Industry*, „Management Science and Engineering” 2010, t. 4, nr 3, s. 128–137.

²³⁷A. Kononiuk (red.), A. Gudanowska (red.), *Kierunki rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Mapy. Marszruty. Trendy*, Politechnika Białostocka, Białystok 2013, s. 31; R. Phaal, E. O'Sullivan, M. Routley, S. Ford, D. Probert, *A framework for mapping industrial emergence*, „Technological Forecasting and Social Change” 2011, nr 78, s. 217–230.

²³⁸D. Probert, M. Radnor, *Frontier experiences from industry – academia consortia*, „Research Technology Management” 2003, t. 46, nr 2, s. 27.

²³⁹M. L. Garcia, O. H. Bray, *Fundamentals of technology roadmapping...*, s. 10.

technologii²⁴⁰ bądź tworzenie marszrut rozwoju technologii²⁴¹. Metoda określana jest także jako mapowanie technologii²⁴², co w odniesieniu do oryginalnej nazwy, dynamicznego charakteru metody oraz wyników, które uzyskuje się dzięki jej zastosowaniu jest tłumaczeniem błędnym²⁴³.

Tym, co charakteryzuje metodę tworzenia marszrut rozwoju technologii jest odniesienie do osi czasu, co nadaje dynamiczny charakter tworzonym wizualizacjom. Jest to element stale pojawiający się na większości marszrut rozwoju. Z kolei sposób realizacji metody jest zróżnicowany biorąc pod uwagę tak dziedzinę problemu, czy cel prowadzonej analizy bądź grupę jej odbiorców. Formy wykorzystywane do prezentacji wyników realizacji metody cechuje duże zróżnicowanie. Przygotowywane są marszrutu rozwoju w formie pasków, histogramów, tabel, grafów, schematów przepływu, czy obrazów bądź tekstu. Wyodrębnia się także marszrutu rozwoju powstałe w kontekście na przykład planowania strategicznego, planowania długoterminowego, produktu, czy kapitału wiedzy. Marszruta rozwoju technologii powinna umożliwiać szybki dostęp do informacji dotyczących pięciu obszarów (rynek, produkty, technologia, badania i rozwój oraz zasoby), odzwierciedlonych w formie warstw o różnym poziomie szczegółowości. Poprawnie wykonana stanowi wsparcie procesu planowania, poprzez analizę branży dokonaną w określonym czasie. Stworzone wizualizacje powinny przede wszystkim ułatwiać identyfikację i zrozumienie celów przedsiębiorstwa oraz sposobów ich realizacji. Perspektywa czasowa przedstawiana w finalnym opracowaniu jest zależna głównie od przeznaczenia marszrutu rozwoju. Te opracowywane na potrzeby przedsiębiorstw dotyczą 5 lat (w przypadku rozwoju produktu) lub 10–15 lat (w przypadku rozwoju technologii rozważanego przez instytuty badawcze bądź organy administracji państwowej). Z kolei tworzone na potrzeby naukowo-badawcze sięgają 20–30 lat. Metoda umożliwia wskazanie właściwego kierunku rozwoju uznanych za kluczowe technologii oraz koncentrację na niezbędnych do tego zasobach, a poprzez to stworzenie zaleceń dotyczących inwestycji i alokacji środków finansowych²⁴⁴. Istotną kwestią rozważaną podczas konstrukcji marszrutu roz-

²⁴⁰ Podręcznik *Foresight Technologiczny*. t 1: *Organizacja i metody*, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa 2005.

²⁴¹ J. Nazarko, *Założenia metodologiczne mapowania technologii...*

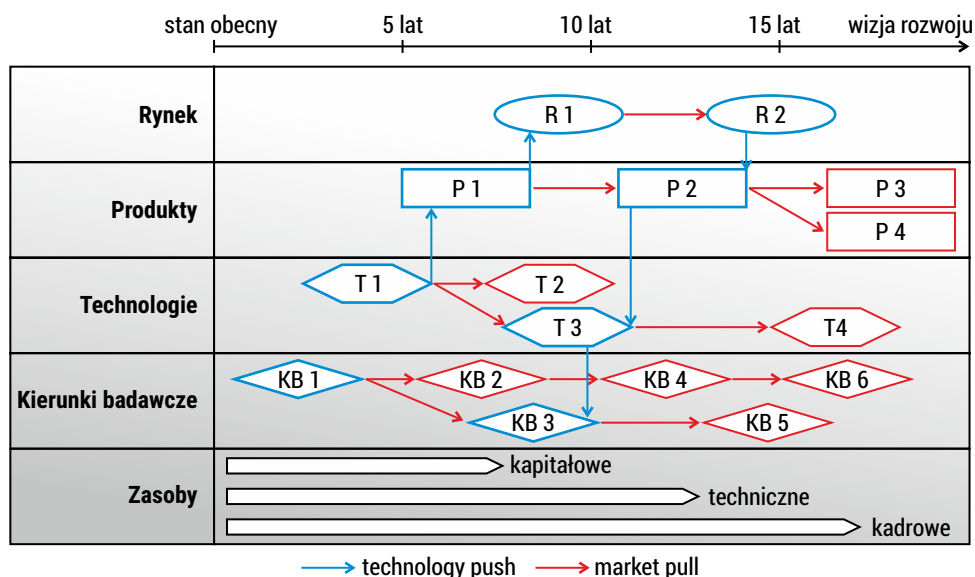
²⁴² A. J. Abuseem, Y. J. Alzaabi, A. H. Alhammadi, F. Dweiri, M. Alaa, A. M. Ubaid, *Technology Mapping: Definitions, Types, and Applications*, Conference: International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Dubai, United Arab Emirate, March 10–12, 2020, s. 377–386.

²⁴³ A. Gudanowska, *Mapowanie a foresight. Wybrane aspekty metodologiczne jednego ze współczesnych nurtów badawczych w naukach o zarządzaniu*, „Współczesne Zarządzanie” 2012, nr 4, s. 103–111.

²⁴⁴ A. M. J. Skulimowski, *Metody Roadmappingu i foresightu technologicznego*, „Chemik – Nauka Technika Rynek” 2009, nr 5, s. 3; R. Phaal, C. Farrukh, D. Probert, *T-Plan: Fast Start to Technology Roadmapping – planning your route to success*, Institute for Manufacturing, Cambridge 2001, s. 44; G. Muller, *Roadmapping*, Philips Embedded Systems Institute, Eindhoven 2008, s. 1–2; R. E. Albright, *Visualization in Strategic and Technology Roadmapping*, PICMET 2009 Proceedings, Portland 2009, nr 2–6, s. 1–2; M. L. Garcia, O. H. Bray, *Fundamentals of technology roadmapping...*, s. 12.

woju, uzupełniającą analizę zawartości poszczególnych jej warstw, jest aspekt relacji pomiędzy nimi. Węzły i powiązania odzwierciedlające te relacje mogą cechować atrybuty ilościowe i jakościowe²⁴⁵.

Marszruty rozwoju technologii mogą być tworzone na bazie wiedzy eksperckiej, przez zaangażowanie zróżnicowanych przedstawicieli zainteresowanych stron i/lub bazując na danych przetwarzanych przez komputer²⁴⁶. Łącząc różne perspektywy w jeden schemat powinny ponadto uwzględniać mechanizm popytu rynkowego (*market pull*) oraz impulsu technologicznego (*technology push*)²⁴⁷. Typowy schemat marszruty przedstawiono na rysunku 3.3. Pomimo dostępności schematu postępowania, czy typowych wizualizacji, wskazówki dotyczące prac w ramach realizacji metody są bardzo ogólne, a proces tworzenia marszruty rozwoju przebiega różnorodnie, w zależności od realiów konkretnego przedsięwzięcia i może być dostosowany do szerokiego zakresu celów i kontekstów²⁴⁸.



RYSUNEK 3.3. Typowy schemat marszruty rozwoju technologii

ŹRÓDŁO: A. Sacio-Szymańska, B. Poteralska, A. Mazurkiewicz, *Zastosowanie metody roadmappingu technologicznego w projektach foresight*, „Zarządzanie i Marketing” Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej 2010, t. 3, nr 17, s. 338.

²⁴⁵ A. Kononiuk (red.), A. Gudanowska (red.), *Kierunki rozwoju nanotechnologii...*, s. 33.

²⁴⁶ A. P. Wierzbicki, Yoshiteru Nakamori, *Creative environments: issues of creativity for the knowledge civilization age*, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg 2007, s. 159–160.

²⁴⁷ R. Phaal, C. J. P. Farrukh, D. R. Probert, *Technology Roadmapping: linking technology resources to business objectives*, Managing Innovative Manufacturing (MIM 2000), Aston Business School, Birmingham 2000, s. 2, [online], dostęp zdalny: citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.138.7606&rep=rep1&type=pdf, [data wejścia 12.06.2021].

²⁴⁸ R. Phaal, C. J. P. Farrukh, D. R. Probert, *Technology Roadmapping: linking technology resources...*

Polska praktyka foresightowa, przeanalizowana pod kątem wykorzystania metody tworzenia marszrut rozwoju technologii, wskazuje, że podczas realizacji metody właściwe jest oparcie się na ugruntowanej w literaturze przedmiotu, koncepcji R. Phaala i in. tworzenia marszrut rozwoju technologii, wykorzystanie interdyscyplinarnego zespołu ekspertów, identyfikacja powiązań pomiędzy marszrutami a dokumentami strategicznymi, przeprowadzenie konsultacji eksperckiej dotyczącej elementów warstw marszrutu oraz integrowanie wyników prac pozostałych, współwystępujących w metodyce danego przedsięwzięcia metod²⁴⁹. Analizy przeprowadzone przez zespół badawczy projektu *Narodowy Program Foresight – wdrożenie wyników* wskazują, że może być to ponadto metoda użyteczna podczas wyznaczania inteligentnej specjalizacji regionu, poprzez nakreślenie głównych wyzwań i szans dla regionalnego rozwoju technologicznego oraz wskazując na jego specyficzne, kluczowe priorytety, ograniczane lub wzmacniane przez potencjał regionu²⁵⁰.

Innymi metodami, na które warto zwrócić uwagę w kontekście diagnozy obecnego stanu wiedzy dotyczącej technologii są analizy publikacji (**publication analysis**) oraz analizy patentów (**patent analysis**). Warto nadmienić, że stanowią one jedną z wyjściowych inspiracji dla autorskiej koncepcji mapowania technologii. Obie metody wchodzi w skład warsztatu badawczego dyscypliny określanej najczęściej jako bibliometria (**bibliometrics**), naukometria (**scientometrics**), czy infometria (**infometrics**). Są to trzy powiązane ze sobą terminy wykorzystywane jako opis części bądź całości dyscypliny i choć są czasem traktowane zamiennie, to każdy z nich ma swój historyczny początek oraz szereg definicji, zastosowanych przez różnych autorów. Według analizy przeprowadzonej przez W. W. Hooda i C. S. Wilsona liczne definicje wskazują na znaczne nakładanie się znaczenia pojęć, ale nie zawsze są one tożsame. Jak wskazują autorzy, bibliometria jest pojęciem najstarszym (termin wprowadzony w 1969 roku przez J. Pritcharda jako określenie zastosowania metod matematycznych i statystycznych do analizy książek i innych źródeł wiedzy²⁵¹, ale pierwsze badania o charakterze bibliometrycznym podjęto w 1917 roku²⁵²). Z kolei pojęcia infometrii i naukometrii stały się z czasem coraz liczniej wykorzystywane, a badacze używają wymienionych terminów według własnego uznania²⁵³. Poza wyodręb-

²⁴⁹ A. Kononiuk (red.), A. Gudanowska (red.), *Kierunki rozwoju nanotechnologii...*, s. 37.

²⁵⁰ J. Nazarko, J. Ejdyś, E. Glińska, A. Kononiuk, U. Glińska, A. Gudanowska, A. Magruk, *Analiza doświadczeń w zakresie metody technology roadmapping, jako jednej z metod możliwych do wykorzystania w procesie określania inteligentnej specjalizacji regionu. Doświadczenia zagraniczne, raport w ramach realizacji projektu Narodowy Program Foresight – wdrożenie wyników*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2012, s. 88.

²⁵¹ Y. Okubo, *Bibliometric indicators and analysis of research systems: Methods and examples*, OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 1997/01, OECD Publishing, 1997, s. 8, [online], dostęp zdalny: <http://dx.doi.org/10.1787/208277770603>, [data wejścia: 19.06.2021].

²⁵² S. M. Lawani, *Bibliometrics: Its Theoretical Foundations, Methods, and Applications*, "Libri" 1981, nr 31, s. 295.

²⁵³ W. W. Hood, C. S. Wilson, *The literature of bibliometrics, scientometrics and infometrics*, "Scientometrics" 2001, t. 52, nr 2, s. 291–314.

nionymi terminami w analizowanym kontekście wymienia się także technometrię (*technometrics*), rozumianą jako koncepcję pomiaru zmiany technologicznej, zakładającą estymację parametrów charakteryzujących wydajność danej technologii. Ewolucję pojęcia oraz różne podejścia do technometrii opisuje między innymi M. Coccia²⁵⁴.

Wśród obszarów, w których wykorzystuje się bibliometrię tradycyjnie wymienia się między innymi: historię nauki (poprzez śledzenie i wyjaśnienie rozwoju dyscyplin naukowych), nauki społeczne (poprzez analizę literatury naukowej, odkrywa się jej strukturę w danym społeczeństwie, a także motywacje i sieci naukowców), dokumentowanie (poprzez ewidencję publikacji naukowych i wskazywanie tych stanowiących rdzeń, źródła wtórne i peryferia dyscypliny) oraz politykę naukową (gdzie udostępnia się wskaźniki służące do pomiaru wydajności i jakości naukowej, a tym samym dostarcza podstaw do oceny i ukierunkowania badań i rozwoju)²⁵⁵. Jednak metody bibliometrii są elastyczne²⁵⁶ i mogą być wykorzystywane w wielu różnych obszarach zastosowań. Wedle K. Klincewicz, bibliometria jest zbiorem technik badawczych, wykorzystywanych „do ilościowych analiz publikacji, w tym publikacji naukowych i dokumentów patentowych”²⁵⁷. Autor wskazuje na naukometrię jako pojęcie szersze od bibliometrii, a oba umiejscawia w naukoznawstwie, zajmującym się badaniem rozwoju nauki jako procesu informacyjnego. Wspomina również, że współcześnie można zaobserwować zatarcie granic pomiędzy tradycyjnie rozumianą bibliometrią opartą na analizie publikacji a pomiarem opartym na patentach, określanym jako patentometria. Obie metody zakładają wykorzystanie analogicznych technik analitycznych oraz narzędzi, stąd określenia bibliometria używa się obecnie mając na uwadze obie metody²⁵⁸. Istota analizy patentów, jako źródeł wiedzy o technologiach, podkreślana jest przez A. M. Pawlaka, który wskazuje, że istnieje około 40 milionów patentów na świecie, a każdego roku liczba ta wzrasta o około 1 milion. Ponadto, informacje dotyczące technologii zawarte w patentach są w małym stopniu publikowane w innych źródłach, co podnosi unikalność zebranej w nich wiedzy²⁵⁹.

Systematyczna obserwacja badań naukowych i rozwoju technologii stanowi element doskonalenia zarządzania strategicznego²⁶⁰. Analiza dorobku publikacyjnego naukowców zajmujących się danym zagadnieniem technologicznym pozwala wskazać kierunki aktualnych zainteresowań badawczych. Analiza patentów dostarcza wiedzy na temat finalnych efektów prowadzonych badań i działań rozwojowych,

²⁵⁴ M. Coccia, *Technometrics: Origins, historical evolution and new directions...*

²⁵⁵ Y. Okubo, *Bibliometric indicators and analysis of research systems...*, s. 9.

²⁵⁶ Lowe P., *The Management of Technology...*, s. 38.

²⁵⁷ K. Klincewicz, M. Zemigala, M. Mijał, *Bibliometria...*, s. 14.

²⁵⁸ Ibidem.

²⁵⁹ A. M. Pawlak, *Niszowe kierunki rozwoju regionów Polski...*

²⁶⁰ Y. Okubo, *Bibliometric indicators and analysis of research systems...*, s. 16.

dostarczając wiedzy o pochodzeniu, jak i funkcjach nowej technologii²⁶¹. Wiedza o badaniach naukowych oraz rozwoju technologii stanowi pomoc w planowaniu inwestycji technologicznych, dokonywaniu zakupów i analizie dostawców danych rozwiązań, czy też wdrażaniu rozwiązań nabytych²⁶². Bibliometria, choć wykorzystywana przez jednostki naukowe, instytucje publiczne czy przedsiębiorstwa, jest relatywnie mało znana w Polsce. Obejmuje techniki ewaluacyjne (służące ocenie oraz porównaniu naukowców i ośrodków naukowych) i opisowe (umożliwiające analizę trendów w rozwoju nauki i technologii, obserwację istotnych innowatorów oraz poprawę rozumienia specyfiki obszarów badawczych – istotniejsze z perspektywy zarządzania technologią). Najprostszą formą analizy bibliometrycznej jest przygotowanie zestawień dotyczących liczby publikacji naukowych w danym obszarze, wystąpień konferencyjnych, patentów lub zgłoszeń patentowych. Są one jednak użyteczne głównie jako formy gromadzenia danych. Z kolei podstawowe techniki wykorzystywane podczas analiz bibliometrycznych to między innymi analiza współwystępowania słów (*co-word*), analiza współklasyfikacji (*co-classification*), analiza współautorstwa (*co-authorship*) oraz analiza cytowań (*citation*) (w tym cytowań bezpośrednich, powiązań bibliograficznych, współcytowań, skupień współcytowań)²⁶³. Zastosowanie wymienianych technik powinno zapewnić bardziej szczegółowe i bardziej rzetelne pomiary. Uzyskiwane dzięki ich wykorzystaniu wyniki przedstawiane są najczęściej w postaci map obrazujących relacje pomiędzy elementami, co jeszcze poszerza możliwości analizy²⁶⁴.

Wątkiem, na który warto zwrócić uwagę w kontekście dalszych części niniejszej publikacji jest wykorzystanie bibliometrii w badaniach foresightowych. Wątek ten był analizowany między innymi przez Ling-Chu Lee, Yi-Yang Lee i Yi-Ching Liaw. Według autorów, analizy bibliometryczne mogą być wykorzystywane przez badaczy foresightu do poznania i analizy obecnego stanu rozwoju badań związanych z technologiami i możliwych przyszłych trendów rozwoju. Analizy patentów i publikacji to w aspekcie badań foresightowych metody cechujące się niskim kosztem, łatwym dostępem do informacji, szybkim dostarczeniem wyników, umożliwiającym porównania międzykrajowe. Z drugiej strony, nie poddają pod rozagę jakościowych czynników związanych ze społeczeństwem, ekonomią, prawem czy środowiskiem, których wzięcie pod uwagę jest również niezbędne podczas badań foresightowych²⁶⁵. Wśród ograniczeń związanych z bibliometrią wymienia się także

²⁶¹ Changwoo Choi, Seungkyum Kim, Yongtae Park, *A patent-based cross impact analysis for quantitative estimation of technological impact: The case of information and communication technology*, "Technological Forecasting and Social Change" 2007, nr 74, s. 1299.

²⁶² K. Klineciewicz, M. Żemigala, M. Mijał, *Bibliometria...*, s. 23.

²⁶³ Ibidem, s. 4, 35–36, 69, 91.

²⁶⁴ Y. Okubo, *Bibliometric indicators and analysis of research systems...*, s. 9.

²⁶⁵ Ling-Chu Lee, Yi-Yang Lee, Yi-Ching Liaw, *Bibliometric analysis for development of research strategies in agricultural technology: the case of Taiwan*, "Scientometrics" 2012, nr 93, s. 814, 816.

fakt, że najistotniejszymi produktami działalności naukowej nie są obiekty ale idee, a to obiekty takie, jak publikacje czy patenty, można mierzyć używając technik wykorzystywanych w bibliometrii²⁶⁶

Kolejną metodą wymienioną w tabeli 3.1, która powinna być szerzej przybliżona jest identyfikacja indeksu gotowości/dojrzałości technologicznej (**Technology Readiness Level – TRL**) to wykorzystana przez armię amerykańską kategoryzacja rozwoju technologii. Pierwsza siedmiostopniowa skala została z czasem rozszerzona przez NASA w roku 1995 do skali dziewięciostopniowej. Jego powstanie związane było z identyfikacją niedojrzałości technologicznej jako przyczyny nieprzewidywanych kosztów rozwoju i opóźnień w harmonogramie planowania technologii, co miało ulec poprawie poprzez wykorzystanie spójnego systemu oceny dojrzałości technologii. Przygotowana skala pomiaru stanowić miała podstawę określenia ryzyka oraz szansy na sukces przekazania technologii finalnemu użytkownikowi, co determinowało wartość ewentualnych inwestycji w technologię. W 9-stopniowym zakresie, 1 oznacza najniższy poziom dojrzałości/gotowości technologii, a 9 technologię dojrzałą²⁶⁷. Poziomy opisują możliwe do zaistnienia stadia rozwoju technologii i obejmują stan zaobserwowania i opisanie danego zjawiska albo właściwości z nim związanych, aż po stan jego komercjalizacji i wdrożenia²⁶⁸. Indeks ten jest szczególnie pomocny wówczas gdy ma się do czynienia z szeregiem technologii, a kluczowym jest zrozumienie, że postęp w zakresie danej technologii jest prawdopodobny, ale określenie kiedy dana technologia będzie gotowa do zastosowania jest niepewne²⁶⁹. Wskaźnik TRL umożliwia ocenę fazy dojrzałości danej technologii oraz porównanie jej z innymi²⁷⁰. Z uwagi na klarowność podejścia i jego elastyczność w przeciągu lat modyfikowano je na potrzeby różnych organizacji. Powstały w ten sposób systemy pomiaru często o charakterze uzupełniającym: *Manufacturing Readiness Levels* (MRL), *Programmatic Readiness Levels* (PRL), *System Readiness Levels* (SRL), *Integration Readiness Levels* (IRL)²⁷¹.

²⁶⁶ Y. Okubo, *Bibliometric indicators and analysis of research systems...*, s. 6.

²⁶⁷ C. P. Graettinger, S. Garcia, J. Sivi, R. J. Schenk, P. J. Van Syckle, *Using the Technology Readiness Levels Scale to Support Technology Management in the DoD's ATD/STO Environments*, Special Report Carnegie Mellon Software Engineering Institute, Pittsburgh 2002, s. 30–31; Homeland Security Studies and Analysis Institute, *Department of Homeland Security Science and Technology Readiness Level Calculator (ver. 1.1). Final Report and User's Manual*, 2009, s. 2–3; J. C. Mankins, *Technology Readiness Levels. A White Paper*, Office of Space Access and Technology NASA, 1995, s.1.

²⁶⁸ K. Halicka, *Prospektywna analiza technologii...*, s. 36.

²⁶⁹ L. Gao, A. L. Porter, J. Wang, S. Fang, X. Zhang, T. Ma, W. Wang, L. Huang, *Technology life cycle...*, s. 399.

²⁷⁰ K. Santarek (red.), *Transfer technologii z uczelni do biznesu...*, s. 88.

²⁷¹ Homeland Security Studies and Analysis Institute, *Department of...*, s. 4–5; N. Marlyana, A. E. Tontowi, H. A. Yuniarto, *A Quantitative Analysis of System Readiness Level Plus (SRL+): Development of Readiness Level Measurement*, MATEC Web of Conferences 2018, nr 159.

Każdy z poziomów reprezentuje fazę rozwoju danej technologii, które przedstawiono schematycznie na rysunku 3.4, a zaprezentowane poziomy można opisać następująco²⁷²:

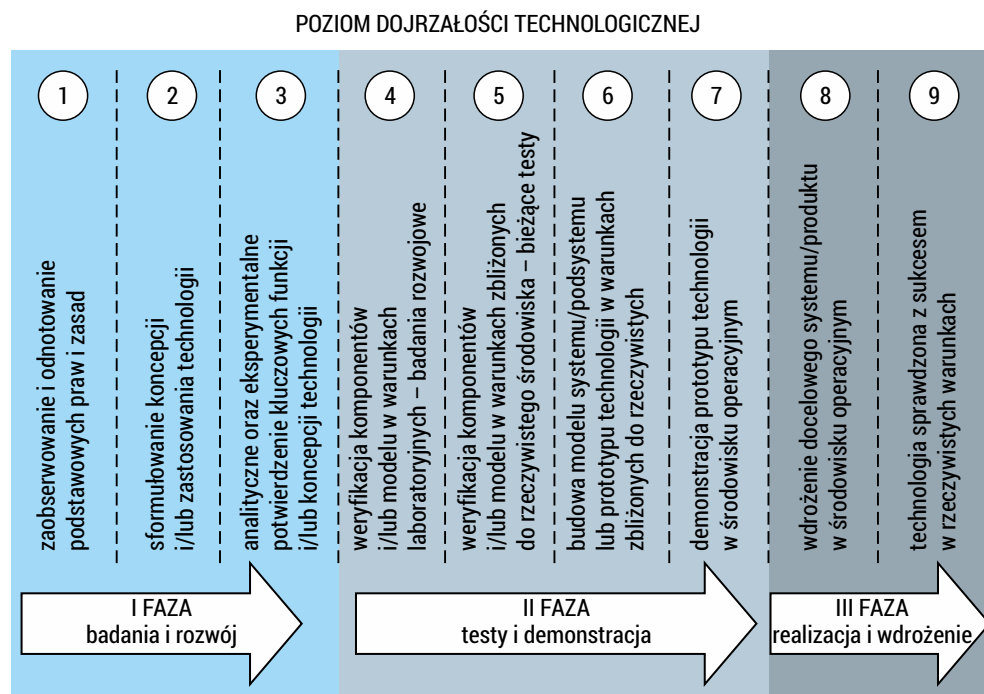
- **Poziom 1** – najniższy z poziomów dojrzałości, pierwsze przełożenie badań naukowych na badania stosowane i rozwojowe, na przykład badania podstawowych własności materiałów, technicznego zjawiska, definicja koncepcji technicznej;
- **Poziom 2** – początek procesu inwencji, po zaobserwowaniu podstawowych zasad rozpoczyna się poszukiwanie praktycznych zastosowań dla powstałych pomysłów, choć wciąż na poziomie spekulacji, nie popartych badaniami eksperymentalnymi czy pogłębiona analizą;
- **Poziom 3** – obejmujący inicjację procesu badań i rozwoju, a więc prace analityczne podejmujące temat kontekstu zastosowania technologii i laboratoryjne weryfikujące przyjęte założenia, potencjalne potwierdzenie koncepcji z poprzedzającego poziomu;
- **Poziom 4** – analiza poziomu i charakteru współdziałania elementów składających się na technologie, pierwsze modele z wykorzystaniem często jeszcze tworzonych w laboratorium składowych, niski poziom wiarygodności wyników;
- **Poziom 5** – zastępowania w tworzonych modelach elementów stworzonych w laboratorium, składowymi ze środowiska rzeczywistego w celu przeprowadzenia w nim symulacji, wiarygodność uzyskiwanych wyników wzrasta;
- **Poziom 6** – model bądź prototyp testowany w laboratorium, ale cechujący się wysokim poziomem odwzorowania realiów lub testy w symulowanym środowisku operacyjnym;
- **Poziom 7** – testy prototypu w rzeczywistym środowisku pracy, jak samolot czy pojazd;
- **Poziom 8** – ostateczna forma technologii gotowa do pracy w przewidywanych warunkach, w większości przypadków na tym poziomie kończy się jej rozwój;
- **Poziom 9** – rzeczywiste zastosowanie technologii, produkcja i dystrybucja.

Metody i koncepcje badania technologii obejmujące analizę poziomu jej dojrzałości, analizy czynników wpływających na jej rozwój, potencjalnych ścieżek jej rozwoju, czy też innych związanych z technologią aspektów zazębiają się, a często są pochodnymi starszych, ale wciąż równolegle rozwijanych podejść²⁷³. Z jednej strony sytuacja ta może wprowadzać pewien zamęt i trudność w zrozumieniu i wyodrębnieniu granic poszczególnych metod i koncepcji, z drugiej stwarza jednak możliwość elastycznego

²⁷² J. C. Mankins, *Technology Readiness Levels. A White Paper...*, s. 1–5; C. P. Graettinger, S. Garcia, J. Si-viy, R. J. Schenk, P. J. Van Syckle, *Using...*, s. 30–31; K. Santarek (red.), *Transfer technologii z uczelni do biznesu...*, s. 88; Wielkopolski Klaster Lotniczy, prezentacja, [online], dostęp elektroniczny: www.rsi-wielkopolska.pl/files/36/b8b13167-10e2-4694-91a5-7e86bea6b605.pdf, [data wejścia 19.09.2019]; Homeland Security Studies and Analysis Institute, *Department of...*, s. 23.

²⁷³ K. A. Kujawa, K. Paetzold, *External Technology Searching Methods – A Literature Review*, Proceedings of the 22nd International Conference on Engineering Design (ICED19), Delft, The Netherlands, 5–8 August 2019, s. 2259–2267.

tworzenia własnych metodyk badania technologii, dopasowanych do zakładanych potrzeb, które mogą czerpać z opisanych podejść w dowolnym zakresie. A w wypadku tak dynamicznie zmieniającego się i niejasno definiowanego przedmiotu badań, jakim jest technologia, należy to – w opinii autorki – postrzegać raczej jako zaletę niż wadę.



RYSUNEK 3.4. Fazy i poziomy dojrzałości technologicznej

ŹRÓDŁO: opracowanie własne na podstawie K. Santarek (red.), *Transfer technologii z uczelni do biznesu. Tworzenie mechanizmów transferu technologii*, PARP, Warszawa 2008, s. 88; J. C. Mankins, *Technology Readiness Levels. A White Paper*, Office of Space Access and Technology NASA, 1995.

Nowe i wyłaniające się technologie cechuje ogromny potencjał w zakresie innowacyjności, jednak jest on porównywalny z ogromem związanych z nimi zagrożeń i niepewności²⁷⁴. W tym świetle istotna jest świadomość, że wszystkie koncepcje, czy metody skierowane na przyszłość wymagają podjęcia starań w kierunku jasnej i systematycznej ilustracji przyszłości oraz zarządzania nią poprzez identyfikację, ocenę, analizę, syntezę i interpretację istniejących danych, informacji i opinii ekspertów. Ponadto jak w każdej dziedzinie istotne jest tworzenie porozumienia między interesariuszami w zakresie ewentualnych zmian w przyszłości²⁷⁵. L. Gao z współautorami wskazują, że aby oszacować kierunek przyszłego rozwoju konkretnej technologii

²⁷⁴ R. Kreibich, B. Oertel, M. Wölk, *Future Studies and Future-oriented Technology Analysis...*, s. 8.

²⁷⁵ R. Koivisto, N. Wessberg, A. Eerola, T. Ahlqvist, S. Kivisaari, J. Myllyoja, M. Halonen, *Integrating future-oriented technology analysis...*, s. 1163.

i podjąć decyzję o ewentualnej inwestycji koniecznym jest wskazanie etapu cyklu życia technologii²⁷⁶. Mając jednak na uwadze szeroki kontekst podejść do analizy technologii, ujmujący wiele zagadnień poza wykonalnością techniczną czy aspektami ekonomicznymi, można stwierdzić to rozszerzyć wskazując, że niezbędne do określenia technologicznych trendów rozwojowych jest określenie aktualnego stanu rozwoju technologii i związanych z nią elementów. Warto w tym świetle zwrócić uwagę na „ewolucję” foresightu technologicznego w analizę technologii zorientowaną na przyszłość. W opinii autorki publikacji, ta koordynacja kierunku badań foresightowych z mocno osadzonego w analizie przyszłości na analizę wciąż skierowaną na przyszłość, ale skupioną na technologii i w większym stopniu bazującą na obserwacji stanu bieżącego podkreśla istotę działań diagnozujących. Jedną z metod wymienionych w zestawieniu zaprezentowanym w tabeli 3.1, lokowanych w obrębie tych właśnie działań jest metoda mapowania technologii. Metoda ta cechuje się jeszcze dość dużym nieuporządkowaniem w zakresie jej rozumienia i procedury realizacji, stąd też jej rozwój i dokonanie systematyzacji związanych z nią pojęć stało się celem niniejszej publikacji. W podrozdziale 3.3 przedstawiono ogólne założenia co do istoty metody, z kolei w rozdziale 4 dokonano przedstawienia wybranych zagranicznych oraz krajowych praktyk w zakresie działań związanych z diagnozą technologii. Rozdział 5 stanowi zaś autorskie ujęcie metodyki, proponowane do wykorzystania podczas realizacji badań foresightowych.

3.3. Mapowanie technologii jako współczesne ujęcie metodyki diagnozy technologii

Mapowanie technologii to w najszerszym ujęciu metoda tworzenia wizualizacji elementów związanych z technologiami, obejmujących ich lokalizację przestrzenną, a także analizę zachodzących między nimi relacji²⁷⁷. Słowo mapowanie jest formą od terminów mapa czy mapować²⁷⁸. Wedle słownika języka polskiego W. Doroszewskiego mapować to ‘oznaczać na mapie’²⁷⁹, z kolei mapa oznacza ‘obraz powierzchni jakiegoś obszaru przedstawiony na płaszczyźnie z pomocą umownych znaków i kolorów’²⁸⁰

²⁷⁶ L. Gao, A. L. Porter, J. Wang, S. Fang, X. Zhang, T. Ma, W. Wang, L. Huang, *Technology life cycle...*, s. 399.

²⁷⁷ A. Gudanowska, *Mapowanie a foresight...*; A. Gudanowska, *Atrakcyjność i wykonalność nanotechnologii priorytetowych dla rozwoju województwa podlaskiego w świetle wyników badania foresightowego*, „Mechanik” 2014, nr 3, s. 222.

²⁷⁸ *Wielki Słownik Ortograficzny PWN*, wyd. II, 2006, [online], dostęp zdalny: so.pwn.pl, [data wejścia 01.10.2019].

²⁷⁹ W. Doroszewski (red.), *Słownik języka polskiego*, [online], dostęp zdalny: doroszewski.pwn.pl, [data wejścia 01.10.2019].

²⁸⁰ *Słownik języka polskiego*, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, [online], dostęp zdalny: sjp.pwn.pl, [data wejścia 01.10.2019].

oraz 'występowanie i rozmieszczenie jakiegoś zjawiska w kraju lub na świecie'²⁸¹. Analizując mapę w układzie innych pojęć (takich jak paradygmat, system, struktura, model, proces, ale też procedura, technika, narzędzie) R. Phaal, C. J. P. Farrukh i D. R. Probert wskazali, że mapa pomaga w zrozumieniu statycznej relacji pomiędzy elementami systemu (w odróżnieniu od modelu, który ujmuje je dynamicznie)²⁸². Można zatem przyjąć, że mapa technologii to przedstawienie na płaszczyźnie obrazu danej technologii, czy związanych z nią elementów, w konkretnym momencie czasu, za pomocą umownych oznaczeń. Przedmiotem mapy technologii może być lokalizacja przestrzenna jednostek związanych z daną technologią, zdefiniowane relacje pomiędzy technologiami, czy ustalone relacje pomiędzy elementami związanymi z technologiami. Mapy technologii, analogicznie jak i inne mapy, powinny zawierać legendę stosowanych oznaczeń, a także mogą być wzbogacone o opisy lub zestawienia tabelaryczne dotyczące aspektów związanych z obiektami przedstawionymi na mapie, również dotyczącymi określonego momentu w czasie. Z kolei za mapowanie technologii (MT) można w uproszczeniu przyjąć proces tworzenia map technologii, wymagający postępowania wedle określonej metodyki.

W kontekście metodycznym termin mapowanie technologii często funkcjonuje, szczególnie w polskiej literaturze foresightowej, jako nazwa opisanej w poprzednim podrozdziale metody określanej jako *technology roadmapping* (TRM). Jednak analiza pojęcia pochodzącego z języka angielskiego, a także idei metody *technology roadmapping*, jak i przedstawionego znaczenia terminu mapowanie, wskazuje, że przyjęcie obu pojęć za tożsame jest błędem i wynika z niedokładnego tłumaczenia. Elementem wizualizacji bądź innych form prezentacji wyników w przypadku metody TRM jest czas, w przypadku mapowania technologii rezultaty powinno ujmować się statycznie. Mapowanie technologii powinno dostarczać wiedzy o obecnym stanie wybranych technologii, a TRM o możliwych ścieżkach ich rozwoju. Obie metody uwzględniają różne aspekty technologii, są metodami związanymi, które mogą być realizowane sekwencyjnie, jednak nie tożsamymi²⁸³. Jak wskazywano podczas realizacji *Foresight Vehicle Technology Roadmap* – jednego z projektów foresightowych, którego wynikiem były marszruty rozwoju technologii (wynikowe wizualizacje bądź zestawienia realizacji TRM) – powstające marszruty nie powinny stanowić szczegółowego przeglądu bieżącego stanu technologii²⁸⁴. Zgadza się z tym stwierdzeniem, autorka uważa, że przeglądu takiego powinna wynikowo dostarczać realizacja metody mapowania technologii. Różnicę pomiędzy obiema analizowanymi metodami można rozważyć także w kontekście podziału metod foresightowych J. E. Smitha i O. Saritasa. TRM powinno być umiejscawiane w fazie czwartej – fazie transformacji, obejmującej analizę

²⁸¹ Ibidem.

²⁸² R. Phaal, C. J. P. Farrukh, D. R. Probert, *A framework for supporting...*, s. 3–4.

²⁸³ A. Gudanowska, *Mapowanie a foresight...*; A. Kononiuk (red.), A. Gudanowska (red.), *Kierunki rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim...*, s. 13–14.

²⁸⁴ *Foresight Vehicle Technology Roadmap – Technology and Research Directions for Future Road Vehicles*, Society of Motor Manufacturers and Traders Ltd, London 2004.

relacji pomiędzy przyszłością i teraźniejszością w celu zaplanowania zmian i podjęcia strategicznych decyzji, z kolei mapowanie technologii wydaje się być metodą adekwatną do przypisania do fazy pierwszej – fazy zrozumienia, dostarczającej danych wejściowych dla całego procesu badań²⁸⁵. Według M. R. Arastiego i N. B. Moghaddama planowanie związane z technologiami, zarówno na poziomie narodowym jak i sektorowym, wymaga zarówno pogłębionej analizy istniejących technologii, jak i możliwych ścieżek ich ewolucji w przyszłości²⁸⁶. Z kolei A. A. Yevhenovych, O. V. Anatoliyovych i A. N. Oleksandrivna traktują mapowanie technologii jako jeden z kroków realizowanych w celu rozpoznania pakietu technologicznego rozumianego jako grupa technologii lub kierunków, których wdrożenie daje wymierne efekty dla przedsiębiorstwa, swego rodzaju system, który łączy technologie wchodzące w jego skład i charakteryzuje się efektem synergicznym w porównaniu z zastosowaniem technologii odizolowanych i niepowiązanych. Według autorów mapowanie technologii to etap, podczas którego następuje ustalenie, na jakim etapie swojego cyklu życia znajduje się każda z rozważanych technologii. Etap ten wspomaga i dostarcza wiedzy dla analizy technologicznych trajektorii rozwoju określanych dzięki wykorzystaniu *technology roadmaps*²⁸⁷. Rozwijający na łamach światowych czasopism tematykę dotyczącą metody *technology roadmapping* – R. Phaal i G. Muller – wyodrębniają etap analizy poprzedzający i wspierający faktyczny proces konstrukcji marszrut rozwoju technologii²⁸⁸. Przygotowanie marszrut rozwoju technologii informatycznych M. Komeichi i in. poprzedzali realizacją mapy tych technologii, skupiając się na rozpoznaniu technologii, których rozwój był najbardziej dynamiczny w okresie 6 miesięcy poprzedzających moment tworzenia mapy²⁸⁹. W przypadku badań foresightowych również realizowane były projekty, które uwzględniały realizację metody tworzenia marszrut rozwoju technologii i ich mapowania. Z kolei w polskich doświadczeniach foresightowych, pomimo że metoda mapowania technologii nie była zazwyczaj wyszczególniana, wyodrębnić można działania podejmowane w celu analizy bieżącego stanu technologii, często poprzedzające etap wyznaczania ścieżek ich rozwoju (wątek ten rozwinęto w rozdziale 4).

Mapowanie technologii powinno stanowić pomoc w zrozumieniu złożoności analizowanych technologii, umożliwiając realizację wybranych funkcji zarządzania technologią, takich jak identyfikacja technologii oraz pozyskiwanie wiedzy płynącej z ich rozwoju i eksploatacji. Z kolei wyniki otrzymane podczas realizacji metody

²⁸⁵ J. E. Smith, O. Saritas, *Science and technology foresight baker's dozen...*

²⁸⁶ M. R. Arasti, N. B. Moghaddam, *Use of technology mapping in identification of fuel cell sub-technologies*, "International Journal of Hydrogen Energy" 2010, nr 35, s. 9519.

²⁸⁷ A. A. Yevhenovych, O. V. Anatoliyovych, A. N. Oleksandrivna, *Strategic framework and methodical bases of technological package development management*, "Marketing and Management of Innovations" 2016, nr 3, s. 172, 175.

²⁸⁸ R. Phaal, G. Muller, *An architectural framework for roadmapping: Towards visual strategy*, "Technological Forecasting and Social Change" 2009, nr 76, s. 42.

²⁸⁹ M. Komeichi, E. Fujiyoshi, A. Kametsu, *Information Technology Map and IT Road Map*, NRI Information Technology Report, nr 6, 2005.

mogą być podstawą decyzji podejmowanych w ramach selekcji technologii wpływając na podniesienie ich zasadności²⁹⁰. Diagnoza technologii przeprowadzona w ramach mapowania technologii, w opinii autorki, powinna dostarczać jak najrozleglejszej bazy wiedzy o technologiach obejmującej różne jej aspekty, poczynając chociażby od poziomu jej dojrzałości. Jak wskazuje J. Łunarski, podjęcie decyzji o wdrożeniu innowacji technologicznej wymaga między innymi analizy wykonalności, korzyści, koniecznych nakładów i zakresu potrzebnego do przeprowadzenia prac naukowo-badawczych²⁹¹. Badacze G. B. Benitez, N. F. Ayala i A. G. Frank podczas prowadzonych badań dotyczących analizy technologicznych możliwości ekosystemów bazujących na koncepcji Przemysłu 4.0, ich konsolidacji i ewolucji oraz potencjału do współtworzenia wartości dla przedsiębiorstw należących do ekosystemu, wyodrębnili pierwszy krok procedury badawczej określając go jako mapowanie technologii. Krok ten obejmował analizę w zakresie takich aspektów, jak: identyfikacja technologii oferowanych przez przedsiębiorstwo, identyfikacja obszarów wiedzy technicznej, jaką posiada przedsiębiorstwo na temat technologii, analiza form potencjalnej współpracy podejmowanej przez przedsiębiorstwa czy bariery we wdrażaniu zidentyfikowanych technologii²⁹². Równocześnie należy pamiętać, że niezbędne podczas zarządzania rozwojem technologii jest ujmowanie nie tylko podstaw technicznych, ale także wiedzy ekonomicznej i społecznej²⁹³. Zasadne stają się zatem pytania, co określa bieżący stan technologii oraz w jaki sposób i na bazie jakich źródeł wiedzy powinno oprzeć się proces diagnozy?

Szeroko rozwijanym w literaturze w tym kontekście nurtem są wspomniane już w poprzednim podrozdziale analizy patentów, uznawane za dostarczające unikalnej wiedzy o poziomie prac nad daną technologią, traktowane wręcz jako podstawa dla określenia występowania wzajemnego wpływu technologii²⁹⁴. Analizy publikacji w zakresie pomiaru publikacji naukowych w danej tematyce dostarczają wiedzy o nadchodzących trendach oraz obszarach technologicznych, gdzie nacisk również na rozwój jest najsilniejszy. Zatem za podstawę diagnozowania technologii poza wiedzą ogólnie charakteryzującą daną technologię, wspomnianych aspektów takich jak niezbędne

²⁹⁰ A. Gudanowska, *Technology mapping in foresight studies as a tool of technology management. Polish experience*, „International Journal of Contemporary Management” 2013, t. 12, nr 4, s. 61–72; R. Iftikhar, Z. Pourzolfaghar, M. Helfert, *Omnichannel Value Chain: Mapping Digital Technologies for Channel Integration Activities*, [w:] A. Siarheyeva, C. Barry, M. Lang, H. Linger, & C. Schneider (red.), *Information Systems Development: Information Systems Beyond 2020 (ISD2019 Proceedings)*, Toulon, France: ISEN Yncréa Méditerranée, 2019.

²⁹¹ J. Łunarski, *O możliwościach standaryzacji zarządzania technologią...*, s. 251.

²⁹² G. B. Benitez, N. F. Ayala, A. G. Frank, *Industry 4.0 innovation ecosystems: An evolutionary perspective on value cocreation*, „International Journal of Production Economics” 2020, nr 228, s. 4–5.

²⁹³ Komitet Inżynierii Produkcji Polskiej Akademii Nauk, *Stan i perspektywy badań...*

²⁹⁴ A. M. Pawlak, *Niszowe kierunki rozwoju regionów Polski...*; A. K. Mittal, B. Mirdha, *Technology mapping using patents: A case of supply chain management*, Indian Institute of Technology, Kanpur, [online], dostęp zdalny: www.fing.edu.uy/inco/eventos/icil05/04-thu/J2-Mittal.pdf, [data wejścia: 05.10.2019]; Changwoo Choi, Seungkyum Kim, Yongtae Park, *A patent-based cross impact analysis...*, s. 1298.

nakłady finansowe, korzyści czy z drugiej strony bariery związane z jej rozwojem, można uznać ewidencję danych z zakresu produkcji naukowej, czy patentów związanych z daną technologią. Ponadto, jak wskazują V. Coates i in., powołując się na analizę sześciu studiów przypadków, innowacje związane z technologiami nie są rozwijane przez organizacje na własną rękę, często technologia zapoczątkowana w jednym przedsiębiorstwie ewoluuje w zupełnie innym²⁹⁵. Obserwacja ta wskazuje na istotę organizacji zajmujących się rozwojem technologii oraz łączących ich sieci współpracy, których gęstość może mieć wpływ na tempo rozwoju danego rozwiązania technologicznego. Stąd też kolejnym ważnym aspektem diagnozy technologii jest identyfikacja z jednej strony ośrodków naukowo-badawczych mogących stanowić źródło innowacji, z drugiej producentów/wytwórców rozwijających daną innowację, wprowadzających ją w etap dyfuzji. Wart zauważenia podczas określania istoty diagnozy technologii jest także możliwy charakter współwystępowania różnych rozwiązań technologicznych. Technologie ewoluują, a pojawienie się nowego rozwiązania może spowodować wymarcie innego²⁹⁶. Wymieniane w literaturze możliwe relacje technologii w formie zależności, komplementarności, konkurencyjności i niezależności, zwracają uwagę na fakt występowania alternatywnych rozwiązań technologicznych, które w różnym stopniu mogą oddziaływać na siebie. To kolejny aspekt, niezbędny do uwzględnienia podczas mapowania technologii. Ponadto, w opinii autorki, zebranie i uporządkowanie danych o technologiach, które rozważane są jako kierunki rozwoju regionu, kraju, branży czy przedsiębiorstwa w trakcie badania foresightowego powinno, tam gdzie jest to zasadne, zostać uzupełnione o wizualizację zgromadzonych danych, co, jak wskazuje M. Davies, poszerza w znaczący sposób możliwości analizy danych i prezentacji nowej wiedzy, bazując na już zebranej²⁹⁷. Ponadto, sama etymologia pojęcia mapowania również sugeruje wizualny charakter otrzymywanych w wyniku jego realizacji rezultatów. Dzięki wykorzystaniu wizualizacji często relacje, które trudno byłoby dostrzec w opisie tekstowym bądź zestawieniu tabelarycznym stają się widoczne. Jak podaje Y. Erdogan, struktura tekstu, mająca sekwencyjny charakter nie pozwala na prezentację wiedzy w sposób, na jaki pozwala wizualizacja²⁹⁸. Powołując się na słowa J. L. Gordona, można stwierdzić, że istnieje zapotrzebowanie na sposoby pomocy ludziom w wizualizacji wiedzy²⁹⁹. Diagram, na którym ujętych jest kilka wymiarów bądź złożone relacje, wymaga wprowadzie

²⁹⁵ V. Coates, M. Farooque, R. Klavans, K. Lapid, H. A. Linstone, C. Pistorius, A. L. Porter, *On the Future...*, s. 12.

²⁹⁶ G. Adomavicius, J. C. Bockstedt, A. Gupta, R. J. Kauffman, *Making Sense of Technology Trends...*, s. 786.

²⁹⁷ M. Davies, *Concept mapping, mind mapping and argument mapping: what are the differences and do they matter?*, "Higher Education" 2011, nr 62, s. 290.

²⁹⁸ Y. Erdogan, *Paper-based and computer-based concept mappings: The effects on computer achievement, computer anxiety and computer attitude*, "British Journal of Educational Technology" 2009, t. 40, nr 5, s. 821–822.

²⁹⁹ J. L. Gordon, *Creating knowledge maps by exploring dependent relationships*, "Knowledge-Based Systems" 2000, nr 13, s. 73.

większego zaangażowania w proces jego tworzenia, ale równocześnie zwiększa szansę na przeprowadzenie kompleksowej analizy³⁰⁰. Warto zauważyć, że w przypadku posiadania zbioru danych o dużej skali może być on trudny do opanowania i wskazania krytycznych implikacji w jego obrębie. To właśnie metody wizualizacji, jak mapy i sieci, w oczywisty sposób dostarczają analitykom wiedzy na temat ogólnych relacji między danymi, które mogą wyjaśnić trendy i cechy technologii. Wizualizacja informacji to już nie tylko graficzne wyświetlanie danych, ale znacznie szerszy zakres procesów, w tym projektowanie interfejsów graficznych i tworzenie standardowych i nowych formatów prezentacji danych, a dostępne obecnie oprogramowanie do wizualizacji informacji może wspomagać proces prognozowania przyszłości technologii i dokonywania ocen technologicznych poprzez pokazywanie trendów rozwoju technologii za pomocą zebranych informacji tekstowych³⁰¹.

Wizualizacja danych dotyczących technologii (poza licznie umieszczonymi w literaturze możliwymi do wygenerowania mapami wiedzy bądź patentów, odzwierciedlającymi odpowiednio wyniki analizy publikacji lub patentów) nie była dotychczas często rozważana w literaturze. Pierwszą inspirację do rozważań w tym względzie stanowić mogą zatem badania naukometryczne i patentometryczne. Analizy w tym zakresie są szeroko opisywane i obejmują analizy powstających struktur wiedzy (to między innymi prace autorów Pei-Chun Lee i Hsin-Ning Su³⁰²), analizę struktury i dynamiki dziedzin naukowych³⁰³, czy analizy patentów³⁰⁴. Podczas przeglądu literatury natrafiono również na jeden z przypadków zastosowania analiz bibliometrycznych w celu zidentyfikowania powstających technologii fotowoltaicznych (PV). W publikacji tej analizę bibliometryczną oparto na *Tools for Innovation Monitoring* (TIM), kodzie oprogramowania opracowanym przez Joint Research Centre (JCR), które umożliwia przeprowadzenie analizy tekstu i wyodrębnienie zestawu odpowiednich słów kluczowych z publikacji naukowych. Słowa te były następnie testowane

³⁰⁰G. Adomavicius, J. C. Bockstedt, A. Gupta, R. J. Kauffman, *Making Sense of Technology Trends...*, s. 786; M. Davies, *Concept mapping, mind mapping and argument mapping...*, s. 280.

³⁰¹B. Yoon, *Strategic visualisation tools for managing technological information*, "Technology Analysis and Strategic Management" 2010, nr 22(3), s. 378–379.

³⁰²Pei-Chun Lee, Hsin-Ning Su, *Quantitative mapping of scientific research – The case of electrical conducting polymer nanocomposite*, "Technological Forecasting & Social Change" 2011, nr 78, s. 132–151; Hsin-Ning Su, Pei-Chun Lee, *Mapping knowledge structure by key words co-occurrence: a first look at journal papers in technology Foresight*, "Scientometrics" 2010, nr 85, s. 65–79.

³⁰³N. J. van Eck, L. Waltman, E. C. M. Noyons, R. K. Buter, *Automatic term identification for bibliometric mapping*, "Scientometrics" 2010, nr 82, s. 581–596; P. Shapira, J. Youtie, A. L. Porter, *The emergence of social science research on nanotechnology*, "Scientometrics" 2010, nr 85, s. 595–611; M. N. Wexler, *The who, what and why of knowledge mapping*, „Journal of Knowledge Management” 2001, t. 5, nr 3, s. 249–263.

³⁰⁴R. K. Abercrombie, A. W. Udoeyop, B. G. Schlicher, *A study of scientometric methods to identify emerging technologies via modeling of milestones*, "Scientometrics" 2012, nr 91, s. 237–342; Hyoung-joo Lee, Sungjoo Lee, Byungun Yoon, *Technology clustering based on evolutionary patterns: The case of information and communication technologies*, "Technological Forecasting and Social Change" 2011, nr 78, s. 953–967.

w odniesieniu do wyników jakościowej analizy kognitywnej przeprowadzonej przez międzynarodowy panel ekspertów w dziedzinie technologii PV za pomocą zestawu opracowanych wskaźników. To bibliometryczne oprogramowanie wyszukało większość technologii zidentyfikowanych przez ekspertów przy znacząco niższym koszcie i czasie. Autorzy wykazali, że analizy w tym obszarze mogą stanowić użyteczne narzędzie podczas poszukiwania nowych technologii i identyfikacji trendów technologicznych. Wartym zauważenia jest, że cały proces identyfikacji technologii w publikacji określono nazwą mapowania technologii³⁰⁵. Interesującą klasyfikację możliwych do przygotowania wizualizacji strategicznych informacji, odnoszących się do zarządzania technologią przedstawia B. Yoon³⁰⁶. Autor zaprezentował bardzo ogólną procedurę tworzenia wizualizacji i wskazał na możliwość ich zastosowania w wybranych obszarach aplikacji odnoszących się do procesu zarządzania technologią. Publikacja nie dostarcza wiedzy na temat bardziej szczegółowych procedur tworzenia wymienionych wizualizacji, a ma charakter bardziej porządkujący spostrzeżenia autora w tym zakresie. Wymienił on³⁰⁷:

- drzewo technologiczne (*technology tree*) – gdzie relacje pomiędzy różnymi formami technologii są wyjaśniane poprzez hierarchiczną strukturę obejmującą cechy charakterystyczne technologii, porządkując ontologię przedmiotu;
- mapę technologii (*technology maps*) – wskazując na możliwość tworzenia statycznych i dynamicznych wizualizacji dostarczających informacji na temat dominujących cech obecnej technologii oraz trendów jej rozwoju, zwrócił tu szczególną uwagę na tworzenie marszrut technologicznych jako przykład wizualizacji o dynamicznym charakterze oraz mapę patentów o charakterze statycznym analizowaną z perspektywy dwóch wybranych wymiarów;
- sieci technologii (*technology network*) – która w odróżnieniu od mapy technologii jedynie pośrednio pokazującej wedle autora związki między technologiami, jest w stanie przedstawić bezpośrednie powiązania między nimi, bazując na informacjach pochodzących na przykład z patentów;
- macierz technologii (*technology matrix*) – matryca ma na celu identyfikację konfiguracji obiecujących technologii poprzez porównanie obecnych rozwiązań z możliwymi alternatywami;
- krzywą technologii (*technology curve*) – obrazującą cykl życia technologii za pomocą krzywej S (ujęcie opisane w pierwszym rozdziale niniejszej publikacji);
- słownik technologii (*technology dictionary*) – którego celem jest zdefiniowanie i zgromadzenie terminów związanych z daną technologią w formie czytelnej dla maszyn.

³⁰⁵ A. Moro, E. De Castro Boelman, G. Joanny, J. Lopez Garcia, *A bibliometric-based technique to identify emerging photovoltaic technologies in a comparative assessment with expert review*, "Renewable Energy" 2018, nr 123, s. 407–416.

³⁰⁶ B. Yoon, *Strategic visualisation tools for managing technological information ...*, s. 382.

³⁰⁷ Ibidem, s. 383–393.

Wśród narzędzi, które są wykorzystywane przez badaczy zajmujących się analizą struktury sieci, również bibliometrycznych, poza wspomnianym TIM, można wskazać takie narzędzie jak oprogramowanie PAJEK bądź VOSviewer, a także program R, pakiet UCINET (z programem do wizualizacji sieci NetDraw), czy Gephi. Spośród najczęściej wskazywanych w analizowanych publikacjach, największą uwagę autorki zwrócił program PAJEK. Oprogramowanie dedykowane w głównej mierze dla analityków sieci społecznych (analiza sieci społecznych – *social network analysis* – SNA), a wykorzystywane także podczas analiz bibliometrycznych. To program służący do graficznej prezentacji oraz analizy sieci, również tych dużych, cechujących się licznymi wierzchołkami. Głównym celem, który przyświecał jego twórcom poza wsparciem procesu dekompozycji dużych sieci oraz implementacją algorytmów do ich analizy, było dostarczenie użytkownikom zaawansowanego narzędzia do wizualizacji³⁰⁸. Jest to narzędzie stosowane rzadko w badaniach foresightowych, szczególnie w aspekcie analizy technologii. Równocześnie cechuje się ono łatwością dostępu (oprogramowanie bezpłatne), dzięki czemu nie tylko metodyka, ale także proponowane w publikacji narzędzie stanowią razem praktykę w łatwy sposób powtarzalną. Ponadto wiele z programów umożliwiających analizę i wizualizację sieci dopuszcza możliwość odczytu i wizualizacji danych przygotowanych w programie PAJEK, co podnosi uniwersalność gromadzonej i przetwarzanej w PAJEK-u wiedzy.

Obszar SNA, stanowiący pierwszy obszar zastosowań dla programu PAJEK łączy tematykę zarówno naukometrii, analizy grafów jak i powiązań pomiędzy obiektami w rozległej sieci, ale też statystyki, czy algebry macierzowej³⁰⁹. SNA można określić jako metodę, której realizacja powoli na identyfikację, opisanie a także przeanalizowanie powiązań wewnątrz grupy ludzi lub organizacji³¹⁰. Analizy tego typu znalazły zastosowanie także w badaniach foresightowych. Jak wykazują w swojej pracy Y. Nugroho i O. Saritas były podejmowane w późnych latach osiemdziesiątych XX wieku, przyczyniając się do rozwoju metod identyfikacji i analizy ekspertów. Wspomniani autorzy w tej samej pracy wykazują także, że bez względu na obszar zastosowania, analiza sieci może ujawnić takie aspekty struktury danych, które nie byłyby możliwe do zaobserwowania i zidentyfikowania w inny sposób³¹¹. Autorom udało się także zidentyfikować jedną pracę, dokumentującą próbę zastosowania zmodyfikowanego podejścia SNA służącego identyfikacji klastrów/grup technologii, a mianowicie publikację Yong-Gil Lee oraz Yong-Il Song. Jej autorzy przybliżali metodę identyfikacji podstawowych obszarów badawczych jako proces składający się z trzech kroków: klasyfikacji

³⁰⁸ V. Batagelj, A. Mrvar, *Pajek, Analysis and Visualization of Large Networks*, [w:] M. Jünger (red.), P. Mutzel (red.), „Graph Drawing Software”, Springer, Heidelberg 2004, s. 77.

³⁰⁹ P. Stępka, *Ponadgraniczna koncentracja własności mediów na przykładzie europejskiego sektora telewizyjnego*, „Global Media Journal – Polish Edition” 2007, t. 3, nr 1, s. 40.

³¹⁰ A. Stachowicz-Stanusch, A. Sworowska A., *Analiza sieci społecznych jako narzędzie diagnozy przepływów wiedzy w procesach innowacyjnych*, referat XIV Konferencji Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie, Zakopane 2011.

³¹¹ Y. Nugroho, O. Saritas, *Incorporating network perspectives in foresight: a methodological proposal*, „Foresight” 2009, t. 11, nr 6, s. 28–30.

technologii zgodnie z obszarem ich zastosowania, przeprowadzenia badań na odpowiedniej grupie naukowców dotyczących podobieństw i różnic między poszczególnymi technologiami oraz przeprowadzenia analizy występowania klastrów technologicznych. Autorzy wskazują także, że analizę technologii można przeprowadzić stosując dwa podejścia. Pierwsze podejście wymagające przeprowadzenia analiz bibliometrycznych poprzez na przykład analizę indeksów cytowań czy patentów oraz drugie podejście – traktowane nie konkurencyjnie a komplementarnie – wymagające skupienia na analizie klastrów danych z bazy wiedzy o technologii (analiza klastrów w przypadku opisanym w artykule oparta została na zbadaniu hierarchii przy wykorzystaniu dendrogramu)³¹². Obszary zastosowań idei SNA – w pierwotnym kontekście sieci społecznych, ale i sieci technologicznych, były również identyfikowane przez T. van der Valk i G. Gijsbergsa. Podkreślili oni znaczenie przeprowadzania analizy struktur technologicznych w kontekście procesu zarządzania rozwojem technologii, ale także w odniesieniu do podejmowania decyzji o alokacji środków finansowych. Rozważania w przywołanej pracy kończy stwierdzenie potrzeby dalszych prac w zakresie połączenia SNA i badań foresightowych, jako interesującego kierunku badań³¹³. Z kolei O. Saritas i Y. Nugroho wskazywali na możliwość wykorzystania idei SNA na różnych etapach badań foresightowych. Przeprowadzili między innymi analizę sieci trendów, „dzikich kart”, czy „słabych sygnałów” identyfikowanych w poszczególnych regionach, gdzie prowadzone były badania foresightowe³¹⁴.

Poddając analizie liczne definicje i ujęcia badań foresightowych można wywnioskować, że foresight ma na celu powiązanie obecnych decyzji i działań z perspektywą strategiczną, gdzie wymogiem fazy inicjującej jest spojrzenie na to, co dzieje się obecnie. Metoda mapowania technologii poruszająca między innymi aspekt analizy sieci technologicznych może czerpać z obszernych doświadczeń analizy sieci społecznych, a także badań bibliometrycznych. Maksymalny potencjał porządkowania danych i bibliometrii może zostać osiągnięty tylko podczas ich równoczesnej kombinacji z analizą ekspercką wybranych części zgromadzonej bazy wiedzy³¹⁵. Ważne jest zatem uświadomienie istoty zaangażowania ekspertów w diagnozę technologii, którym są one najbliższe tak w praktyce, jak i teorii oraz skupienia na szerokim kontekście społeczno-ekonomicznym technologii branych pod rozwagę. Równocześnie, warto uświadomić sobie, że mapowanie technologii wymaga bliższego spojrzenia na chwilę obecną.

³¹² Yong-Gil Lee, Yong-Il Song, *Selecting the key research areas in nano-technology field using technology cluster analysis: A case study based on National R&D Programs in South Korea*, "Technovation" 2007, t. 27, s. 57–64.

³¹³ T. van der Valk T., G. Gijsbergs, *The use of social network analysis in innovation studies: Mapping actors and technologies*, "Innovation: Management, Policy & Practice" 2010, t. 12, nr 1, s. 12–14.

³¹⁴ O. Saritas, Y. Nugroho, *Mapping issues and envisaging futures: An evolutionary scenario approach*, "Technological Forecasting and Social Change" 2012, nr 79, s. 509–529.

³¹⁵ M. de Miranda Santo, G. M. Coelho, D. M. dos Santos, L. F. Filho, *Text mining as a valuable tool in foresight exercises: A study on nanotechnology*, "Technological Forecasting and Social Change" 2006, nr 73, s. 1015–1016, 1025.

4. Mapowanie technologii – wybrane doświadczenia

4.1. Wybrane zagraniczne inicjatywy badawcze

Analizując zagraniczne publikacje dotyczące realizacji inicjatyw foresightowych, jak i innych związanych z diagnozą technologii oraz przewidywaniami dotyczącymi jej rozwoju, rozważanych nie tylko w kontekście foresightu, zwrócono uwagę na kilka wartych przytoczenia rozwiązań oraz pomysłów badawczych.

Pierwszą z inspiracji zagranicznych w tworzeniu metodyki mapowania technologii, stała się inicjatywa podjęta w Kanadzie przez Biuro Foresightu Technologicznego (*Office of Technology Foresight – OTF*) uruchomione przez *National Research Council of Canada* (NRC) w 2002 roku, określona jako *Science and Technology Foresight Pilot Projekt* (STFPP). Realizacja projektu obejmowała prace badawcze w zakresie dwóch obszarów tematycznych: *BioSystemics* oraz *GeoStrategics*. Jednym z organizowanych w ramach projektu warsztatów był panel technologii zaburzających (*Disruptive Technologies Panel*). Jak wskazywała nazwa panelu, uczestnicy skupili się na technologiach zaburzających istniejący stan rzeczy opierając się na podziale technologii spopularyzowanym przez C. M. Christensena³¹⁶. Pomimo tego ukierunkowania wskazywali, że skupienie na rozwoju samych technologii zaburzających to nie wszystko, ich rozwój jest zdeterminowany rozwojem całego otoczenia przemysłowego oraz związanego z organizacją i zarządzaniem. Technologie zaburzające są często jedynie „zapalnikami” wielu tak przyrostowych, jak i społeczno-gospodarczych zmian. Spostrzeżenia dokonane przez realizatorów wskazują zarówno na wagę monitorowania nadchodzących, często trudnych do zauważenia zmian, jak i istotę

³¹⁶ Christensen zdefiniował dwa typy technologii: stabilne (*sustaining*) oraz zaburzające (*disruptive*). Technologie klasyfikowane jako stabilne funkcjonują na dobrze rozwiniętym rynku, gdzie najsilniejsze wpływy mają dostawcy tych właśnie technologii, co usprawnia i przyspiesza ich dalszy rozwój. Dostawcy tych technologii to firmy dobrze zarządzane, skupiające się na doskonaleniu procesów oraz rozumiejące i reagujące na potrzeby klientów. Z kolei technologie zaburzające często, przynajmniej początkowo, są tańsze i prostsze do utrzymania od stabilnych, ale mają mniejsze możliwości funkcjonalne, nie pasują do tradycyjnego rynku, cechują się niższym wolumenem i marżą zysku, przez co przedsiębiorstwa ukierunkowane przede wszystkim na wydajność wolą ich unikać. Historycznym przykładem technologii zaburzającej jest wynalezienie prochu, co silnie oddziaływało nie tylko na taktykę wojskową, ale także cały przemysł zbrojeniowy.

badania ich kontekstu, poprzez analizę wszelkich zależności pomiędzy samymi technologiami, czy związanymi z nimi elementami. Jedną z możliwych odpowiedzi na pierwszą kwestię są badania foresightowe, a na drugą mapowanie technologii w ich obrębie. Realizatorzy projektu wyróżnili sześć powiązanych centralnych obszarów technologicznych. Były to: biotechnologie, nanotechnologie, technologie ICT, technologie z zakresu nauk medycznych, kognitywistyka i neuronauki oraz nauki systemowe umożliwiające całościowe zrozumienie działania organizmów oraz organizacji. Prace w ramach prowadzonego panelu skoncentrowano na stosunkowo niewielkiej liczbie możliwych nowych rozwiązań w wyodrębnionych obszarach. Wybrano do badania cztery obszary: podawanie leków i diagnostyka, inżynieria tkankowa, genomika oraz immunomodulacja i metody terapeutyczne³¹⁷. O ile głównym celem warsztatów było rozszerzenie dostarczonych przez zespół badawczy OTF materiałów (powstałych na bazie przeprowadzonych analiz i konsultacji z ekspertami), o tyle zainteresowanie autorki pracy skupiło się właśnie na wspomnianych materiałach. Zostały one przygotowane w formie określonej przez realizatorów projektu jako mapy technologii (*technology maps*) obejmujące rozrysowanie graficzne w zakresie siedmiu klastrów dotyczących rozważanych obszarów (przykładowo, obszar dotyczący inżynierii tkankowej przedstawiono na rysunku 4.1).

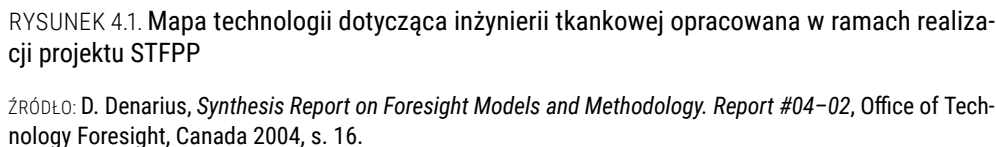
Analizując przygotowane przez OTF wyjściowe wizualizacje zauważyć można, że za elementy mapy przyjęto zarówno technologie jak i obszary ich aplikacji ujmując je wedle klasyfikacji: zaburzające/niezaburzające. Wskazano, które z elementów przyczyniają się do rozwoju innych, co oznaczono strzałkami, a także odniesienia do innych spośród siedmiu sporządzonych map poprzez wpisanie odpowiedniego numeru mapy. W dalszych pracach eksperci podczas warsztatów mieli określić charakter wpływów wskazanych na mapach oraz wskazać, czy dane technologie dostarczą rezultatów w trybie natychmiastowym czy raczej długoterminowym, co stanowiło przygotowanie do budowy wizualizacji, których forma pozwala je określić marszrutami rozwoju technologii. Należy nadmienić, że J. Smith – lider projektu kanadyjskiego – w jednej ze swoich prezentacji, bazując na doświadczeniach z realizacji projektu, wyodrębnił wśród narzędzi badań foresightowych metodę mapowania technologii, zestawiając ją z tworzeniem marszrut rozwoju technologii. Wskazał na mapowanie innowacji technologicznych oraz połączeń pomiędzy nimi jako na działania uzupełniające i poprzedzające tworzenie marszrut rozwoju, obejmujących ponadto między innymi kamienie milowe na osi rozwoju technologii, potrzeby związane ze sferą B+R czy bariery i szanse związane z technologiami³¹⁸. Wyodrębnienie metod potwierdza wnioski autorki dotyczące potrzeby traktowania obu podejść jako odrębnych. Przyglądając

³¹⁷ D. Denarius, *Synthesis Report on Foresight Models and Methodology. Report #04-02*, Office of Technology Foresight, Canada 2004; J. Smith, H. Masum, R. Bouchard, P. Kallai, E. Lockeberg, *Using S&T foresight to augment organizational tool kits: a Canadian institutional entrepreneurial experiment*, "R&D Management" 2004, t. 34, nr 5, s. 579–589.

³¹⁸ J. Smith, *S&T Foresight for Canadian Insight & Strategic Preparedness*, prezentacja multimedialna, Office of the National Science Advisor, Canada 2006.

RYSUNEK 4.1. Mapa technologii dotycząca inżynierii tkankowej opracowana w ramach realizacji projektu STFPP

ŹRÓDŁO: D. Denarius, *Synthesis Report on Foresight Models and Methodology. Report #04-02*, Office of Technology Foresight, Canada 2004, s. 16.



Kolejnymi, wartymi uwagi z perspektywy mapowania technologii, projektami były dwie inicjatywy realizowane w Danii: *Sensor Technology Foresight* oraz *Danish Nano-science and Nano-technology for 2025*. Pierwsza z nich realizowana w latach 2000–2001 przez *Risø National Laboratory* była projektem narodowym i zakładała, w ogólnym ujęciu, przygotowanie scenariuszy przyszłych zmian dotyczących technologii czujników (*sensor technology*), ich zastosowań i rynków zbytu na okres 2000–2015. Jednym z sześciu głównych zadań realizowanych w ramach projektu było mapowanie technologii (*technology mapping*), poprzedzające i ściśle związane ze skanowaniem technologii (*technology scanning*). Relację pomiędzy oboma podejściami realizatorzy określili wskazując, że mapowanie technologii pozwala przygotować ramy i strukturę działań w zakresie skanowania technologii. Mapowanie stanowiło kategorię i klasyfikację perspektyw technologicznych w celu określenia przedmiotu i zakresu dalszych analiz, a skanowanie stanowiło już „spojrzenie w przyszłość” technologii. Ponadto należy zauważyć, że realizatorzy projektu podkreślali, że jedynym sposobem zainicjowania foresightu technologicznego jest właściwy wgląd w obecną sytuację technologiczną, a więc określenie systemu poddawanego badaniu³¹⁹. Realizacja etapu mapowania technologii w projekcie poprzedzona została zdefiniowaniem pojęcia technologii czujników. Z uwagi na liczne metody, teorie i narzędzia wykorzystywane podczas rozwoju czujników oraz wiele możliwych obszarów aplikacji technologii związanych z czujnikami, stwierdzono, że mapowanie tych technologii może być prowadzone z wielu różnych punktów startowych oraz z wielu różnych perspektyw. Celem właściwego skolekcjonowania danych i informacji o rozwoju technologii czujników oparto się na trzech wymiarach: (1) fizyka czujników i systemy czujników (skupienie bezpośrednio na technologii); (2) generowanie oraz przekazywanie wiedzy oraz umiejętności (skupienie na dyscyplinie i umiejętnościach); (3) użytkownicy technologii i obszary ich aplikacji (skupienie na produktach i rynkach). Wymiary te wybrano tak, aby zapewnić trzy różne sposoby poznania i zrozumienia przepływu oraz dostępności wiedzy i *know-how* o analizowanych technologiach. Zaproponowano model oparty na wiedzy mapowania technologii, gdyż to wiedza, zdolności i kompetencje są jednymi z najważniejszych czynników zmian (tak stymulujących, jak i hamujących) w rozwoju technologii. W zakresie wymiaru 1 dokonano, po uprzednich dyskusjach z ekspertami dziedzinowymi, przyporządkowania czujników według klasyfikacji COMETMAN (*Chemical, Optical, Mechanical, Electrical, Thermal, Magnetic, Acoustic and Nuclear sensors*). W zakresie wymiaru 2 zaprezentowano: dyscypliny związane z nauką o czujnikach oraz ich rozwojem (w formie wykresów powiązań nauki o czujnikach i powiązanych z nią dyscyplin naukowych, zasadniczą okazała się inżynieria systemów), łańcuch wartości czujników (jako narzędzie służące zrozumieniu niezbędnych kompetencji, począwszy od definicji produktu aż po jego sprzedaż i serwis), jak też dwa

³¹⁹ Realizatorzy projektu *Sensor Technology Foresight* przytoczyli następujące stwierdzenie: *Technology foresight depends on technology insight*, którego źródła doszukiwać się można już w 1933 roku, kiedy A. N. Whitehead stwierdził, że *foresight is a product of insight*.

studia przypadków dotyczące rozwoju i wykorzystania czujników (by zilustrować tworzenie i rozpowszechnianie wiedzy w bezpośredniej interakcji pomiędzy firmami a instytucjami badawczymi i rozwijającymi technologię, były to dwa skrajne przykłady przewagi mechanizmów „ciągnięcia przez rynek” oraz „pchania przez technologię”). Wymiar 3 z kolei korespondował z praktycznym wykorzystaniem czujników i wymogami ich użytkowników. W ramach tego wymiaru dokonano klasyfikacji użytkowników technologii wykorzystując podejście ich klastrowania skupione na dostawcach technologii i relacjach pomiędzy nimi. Nie wszystkie powstałe klastry okazały się być istotne z perspektywy technologii czujników. Na podstawie deklaracji ekspertów wyodrębniono te kluczowe dla rozwoju analizowanych technologii. W dalszych pracach, związanych już z określeniem przyszłości technologii sensorowych eksperci zostali poproszeni o wyrażenie swoich opinii w zakresie: typu czujnika (w odniesieniu do wyników prac w ramach wymiaru 1 mapowania technologii), bazowej technologii (w odniesieniu do wymiaru 2), obszaru aplikacji (w odniesieniu do kluczowych klastrów wyznaczonych w wymiarze 3). Ponadto, poproszono ekspertów o wskazanie fazy rozwoju technologii. Finalne stanowiska w zakresie poszczególnych technologii, po ich przyporządkowaniu do COMETMAN powstały na bazie właśnie wyników prac warsztatowych z ekspertami, jak również wyników przeglądu literatury. W dalszych pracach, bazując na eksperckich ocenach w zakresie oddziaływania na rynek oraz niepewności technologii zawężano listy technologii sensorowych, proponowanych do rozwijania na podstawie istniejących w tym zakresie kompetencji krajowych³²⁰.

Kolejnym projektem, również realizowanym w Danii był projekt dotyczący nanotechnologii. Inicjatywa została podjęta w 2004 roku, a jej realizację ponownie powierzono *Risø National Laboratory*. Za ogólny cel projektu przyjęto dostarczenie wiedzy dotyczącej rozwoju nanonauki i nanotechnologii w perspektywie najbliższych 20 lat jako podstawy dla rozwoju spójnej, długofalowej polityki w zakresie badań, edukacji i innowacji w tej dziedzinie. Realizatorzy projektu dostrzegli tendencje zauważalne w innych krajach w zakresie olbrzymich inwestycji w szeroko pojęty obszar nanotechnologii. Z uwagi na fakt, że poczynienie ich na podobnym poziomie w Danii nie było możliwe, postanowiono ostrożnie skupić się na realizacji ukierunkowanych oraz długoterminowych inicjatyw, gdzie duńskie interesy gospodarcze i społeczne są oczywiste i gdzie Dania posiada szczególne kompetencje badawcze i przemysłowe. Rozważania w zakresie nanotechnologii były prowadzone w podziale na nano-bio-systemy, nanelektronikę i nanooptykę oraz nanomateriały. Wszelkie wnioski w zakresie przyszłego rozwoju dziedziny były wyciągane na podstawie analizy danych, których źródłem były międzynarodowe projekty foresightu technologicznego oraz raporty

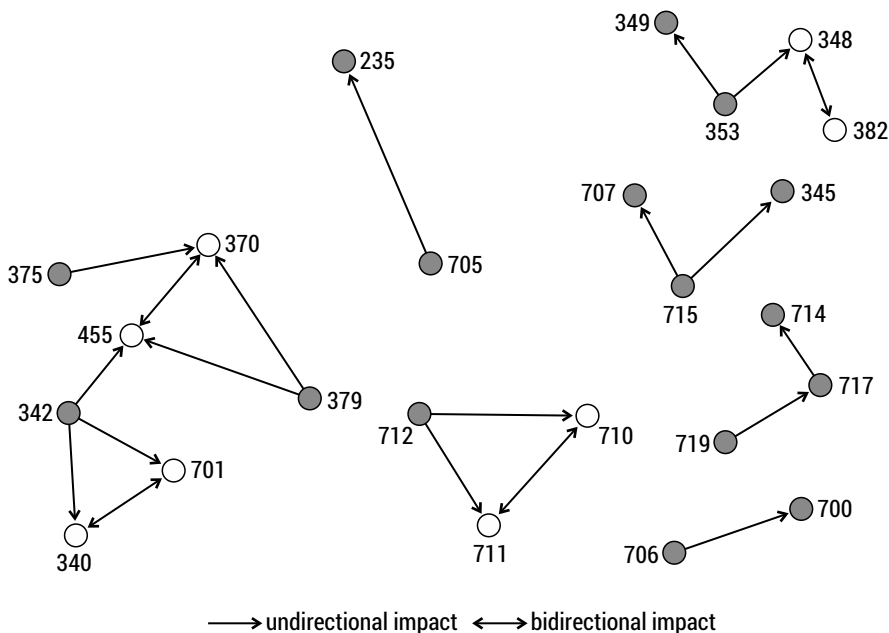
³²⁰ P. D. Andersen, B. H. Jørgensen, B. Rasmussen, *Sensor Technology Foresight*, Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark 2001, s. 6, 10–19, 23, 28–29; P. D. Andersen, B. H. Jørgensen, L. Lading, B. Rasmussen, *Sensor foresight – technology and market*, “Technovation” 2004, nr 74, s. 312–314; S. Giesecke (red.), P. Crehan (red.), S. Elkins (red.), *The European Foresight Monitoring Network Collection of EFMN Briefs – Part 1*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg 2008, s. 123–126.

dotyczące opinii duńskich środowisk naukowych oraz ekspertów. Przeprowadzono także serię warsztatów, gdzie dyskutowano rozważane kwestie. Jednym z elementów postępowania badawczego przyjętego podczas realizacji projektu było mapowanie duńskiej nanonauki oraz nanotechnologii. Wraz z analizą doświadczeń z międzynarodowych badań foresightu technologicznego, mapowanie wypełniło etap zdobywania wiedzy. Celem było wskazanie najważniejszych „aktorów” nanonauki i nanotechnologii w Danii. Ich poszukiwanie zostało przeprowadzone przez zebranie informacji na podstawie kwestionariuszy przesłanych do instytucji i przedsiębiorstw oraz analizę listy dziedzinowych publikacji, przy wykorzystaniu europejskich baz danych. Ponownie, jak w wypadku poprzednio realizowanego projektu, mapowanie technologii potraktowano jako etap wyjściowy, pozwalający na uporządkowanie dziedziny badań oraz ukierunkowanie dalszych prac. Podkreślano, że jest to etap mający duży wpływ na wszystkie dalsze prace podejmowane w projekcie³²¹.

Kolejnym inspirującym doświadczeniem, opisanym w dostępnej literaturze, były analizy przeprowadzone przez Changwoo Choi, Seungkyum Kim oraz Yongtae Park. Chociaż uwaga autorów skupiła się głównie na metodzie krzyżowej analizy wpływów, to rozpatrywali oni ją jako narzędzie użyteczne do wyznaczania i analizowania wzajemnych relacji pomiędzy różnymi technologiami. Istotne z perspektywy mapowania technologii jest to, że autorzy podkreślali istnienie relacji pomiędzy technologiami oraz wskazywali na trudności w ich zdefiniowaniu. W omawianej pracy zdecydowali się na spojrzenie ilościowe, bazujące na analizie patentów, co jednak najbardziej interesujące, powstała finalnie wizualizacja w formie grafu za elementy przyjmowała nie obszary klasyfikujące zgłoszenia patentowe, czy główne trendy badawcze odzwierciedlone w patentach na bazie analizy słów kluczowych, ale technologie. Ewidencja patentów dotyczących obszaru ICT (to on właśnie był obszarem zainteresowania badawczego autorów) nie stała się celem samym w sobie, a posłużyła zdefiniowaniu połączeń pomiędzy wyodrębnionymi w ramach prac technologiami. Wpływ danej technologii na inną określano jako skierowany, a więc wpływ jednej technologii na drugą nie był tożsamy z relacją odwrotną. Siłę wpływu wyznaczono obliczając relację patentów związanych z parą wybranych technologii i patentów związanych z jedną z nich. Uzyskano w ten sposób wskaźnik z zakresu od 0 do 1 dla każdej z możliwych par technologii (im wyższa wartość wskaźnika tym silniejszy wpływ technologii występującej w mianowniku). Na bazie analizy wskaźników przygotowano sieć wzajemnych wpływów technologii (rysunek 4.2), podkreślając jednocześnie, że określone wpływy nie mają charakteru stabilnego oraz zmieniają się wraz z upływem czasu, potrzebami rynku oraz pojawianiem się nowych technologii w analizowanym obszarze³²².

³²¹ P. D. Andersen, B. Rasmussen, M. Strange, J. Haisler, *Technology foresight on Danish nano-science and nano-technology*, „Foresight” 2005, t. 7, nr 6, s. 65–67; S. Giesecke (red.), P. Crehan (red.), S. Elkins (red.), *The European Foresight Monitoring Network Collection of EFMN Briefs...*, s. 127–130.

³²² Changwoo Choi, Seungkyum Kim, Yongtae Park, *A patent-based cross impact analysis for quantitative estimation of technological impact...*, s. 1296–1314.



235 Registers
 340 Communications: electrical
 342 Communications: directive radio wave systems and devices
 345 Computer graphics processing and selective visual display systems
 348 Television
 349 Liquid crystal cells, elements and systems
 353 Optics: image projectors
 370 Multiplex communications
 375 Pulse or digital communications
 379 Telephonic communications
 382 Image analysis
 455 Telecommunications
 700 Data processing (DP): generic control systems or specific applications
 701 Data processing (DP): vehicles, navigation, and relative location
 705 Data processing (DP): financial, business practice, management, or cost/price determination

706 Data processing (DP): artificial intelligence
 707 Data processing (DP): database and file management or data structures
 710 Electrical computers and digital data processing systems (ECDDPS): input/output
 711 Electrical computers and digital data processing systems (ECDDPS): memory
 712 Electrical computers and digital data processing systems (ECDDPS): processing architectures and instruction processing
 714 Error detection/ correction and fault detection/recovery
 715 Data processing (DP): presentation processing of document, operator interface processing, and screen saver display processing
 717 Data processing (DP): software development, installation, and management
 719 Electrical computers and digital data processing systems (ECDDPS): interprogram communication or interprocess communication (ipc)

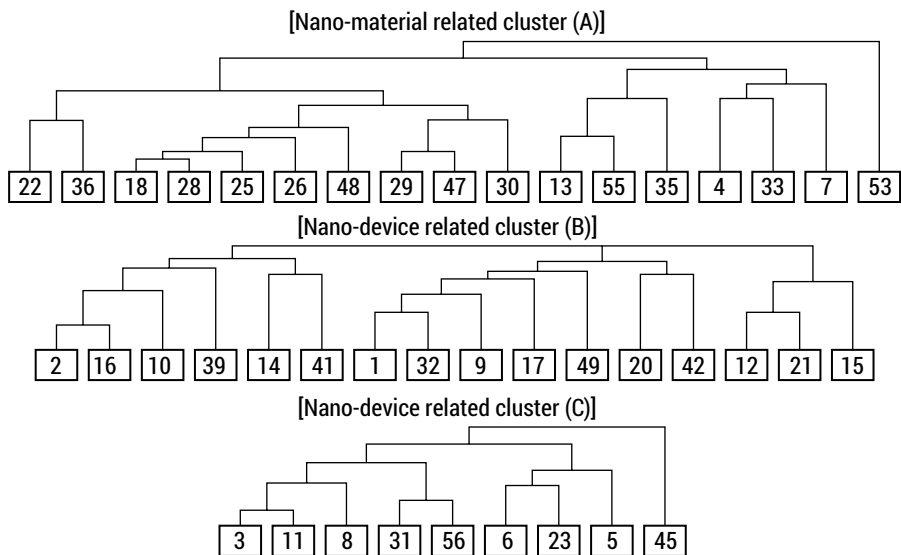
RYSUNEK 4.2. Przykład sieci wzajemnych wpływów technologii, wizualizacja dotycząca obszaru ICT

ŹRÓDŁO: Changwoo Choi, Seungkyum Kim, Yongtae Park, *A patent-based cross impact analysis for quantitative estimation of technological impact: The case of information and communication technology*, "Technological Forecasting and Social Change" 2007, nr 74, s. 1308.

Odminną analizę relacji pomiędzy technologiami przeprowadzili Young-Gil Lee oraz Young-Il Song. Punktem centralnym ich zainteresowania badawczego stało się „sąsiedztwo” technologii (*proximity*). Przeprowadzona przez nich analiza pozwoliła na przygotowanie propozycji metody analizy klastrów technologii (*technology cluster analysis*), której wykorzystanie miałyby być pomocne podczas wyboru strategicznych obszarów badawczych. W publikacji, gdzie zaprezentowali wyniki przeprowadzonych badań, odnosili się do obszaru nanotechnologii. Z przeprowadzonego przez nich przeglądu literatury wynikało, że badacze zajmujący się tematyką zarządzania technologią wykorzystują dwa podejścia służące określeniu sąsiedztwa technologii. Jedno oparte na studiach bibliometrycznych (jak analizy cytowań, czy analizy patentów), drugie – obejmujące analizę klastrów – przy wykorzystaniu danych z badań wśród ekspertów dziedzinowych. Autorzy skłonili się ku drugiemu podejściu, uznając je za bardziej efektywne, gdyż wykorzystujące specjalistyczną wiedzę o specyficznych technologiach. Wskazywali oni, że wiedza ta, pochodząca od wyselekcjonowanych respondentów – ekspertów w dziedzinie, jest niemożliwa do uzyskania poprzez analizę danych bibliometrycznych. Skupili się na analizie sąsiedztwa technologii, które określone zostało jako relacja liczby ekspertów „dobrze znających”³²³ obie z analizowanej w danym momencie pary technologii do liczby ekspertów posiadających „dobrą znajomość” jednej bądź drugiej z analizowanych technologii. Wyliczone w ten sposób wskaźniki przyjmowały wartości z zakresu od 0 do 1 i stały się podstawą przeprowadzonej analizy klastrów technologii. Badanie przeprowadzono w formie kwestionariusza. Wyniki analizy pozwoliły na wyodrębnienie potencjalnych obszarów badawczych w zakresie nanotechnologii w Korei przedstawionych graficznie w formie hierarchicznego dendrogramu (poglądowo przedstawionego na rysunku 4.3). Finalnie wskazano także, że analizy tego typu powinny być prowadzone równolegle wraz z analizami danych bibliometrycznych, tak by dostarczać pełny obraz możliwości rozwoju technologii z danego obszaru³²⁴.

³²³ Realizatorzy badania „dobrze znane” technologie określili w badaniu jako *the technologies you know well*, co oznaczało spełnienie trzech warunków: (1) technologie, które dany ekspert badał/studiował w ramach wykonywanych przez siebie projektów; (2) technologie, które są przedmiotem publikacji oraz specjalistycznych raportów czytanych oraz komentowanych przez eksperta; (3) technologie, które ekspert planuje badać w ramach swojej dalszej pracy naukowej.

³²⁴ Yong-Gil Lee, Yong-Il Song, *Selecting the key research areas in nano-technology field using technology cluster analysis...*, s. 57–64.



- | | |
|--|--|
| 1 Nano-photonics (excluding quantum point, quantum line) | 26 Material for energy (material for energy generations and storage, excluding solar battery) |
| 2 Nano-information storage technology | 28 Technologically processed material (for environment and chemical industry) |
| 3 Nano-bio chip and bio device | 29 Nano-material as chemical catalyst |
| 4 Nano-molecular synthesis | 30 Hybrid nano-complex |
| 5 Nano-bio substance (including nano-bio catalyst) | 31 Bio imitating nano-material |
| 6 Polymer used in nano-technology | 32 Quantum point, Quantum line |
| 7 Solar cell | 33 Micro-emulsion |
| 8 Nano-bio movement analysis | 35 Complex layered material |
| 9 Fluctuating waves device | 36 Magnetic assembling process |
| 10 Substance manipulation at atomic/molecular level | 39 Nano-tube device |
| 11 Nano-bio sensor and artificial senses | 41 Plasma process |
| 12 Nano-metrology (100nm standard, including measuring method) | 42 Equipment for optical process (focusing on semiconductor process) |
| 13 Hydrogen storage | 45 Nano-detection device (except genomics, proteomics) |
| 14 Atom-layer thin-film process (including ALE) | 47 Pollution elimination technology (including material and device) |
| 15 Nano-measurement (smaller than 100 nm, including synchrotron) | 48 Nano-structure separating membrane device (transport membrane material, catalytic membrane, bio thin-film material) |
| 16 High-density material for recording | 49 Nano-Optics |
| 17 Optical material | 53 Durable nano-material (corrosion-resistant, heatresistant, abrasion-resistant material) |
| 18 Nano-powder material | 55 Nano-fiber material |
| 20 Nano-patterning process (lithography, etching process) | 56 Bio-protein configuration material |
| 21 Microscope injection test | |
| 22 Interface/surface nano-structurization technology (metallic, ceramic, polymer material) | |
| 23 Medicine delivery system | |
| 25 Chemical process (sol-gel, electric chemistry, and colloid process) | |

RYSUNEK 4.3. Dendrogram dotyczący trzech klastrow technologii – potencjalnych obszarów badawczych z zakresu nanotechnologii w Korei

ŹRÓDŁO: Yong-Gil Lee, Yong-Il Song, *Selecting the key research areas in nano-technology field using technology cluster analysis: A case study based on National R&D Programs in South Korea*, "Technovation" 2007, nr 27, s. 62.

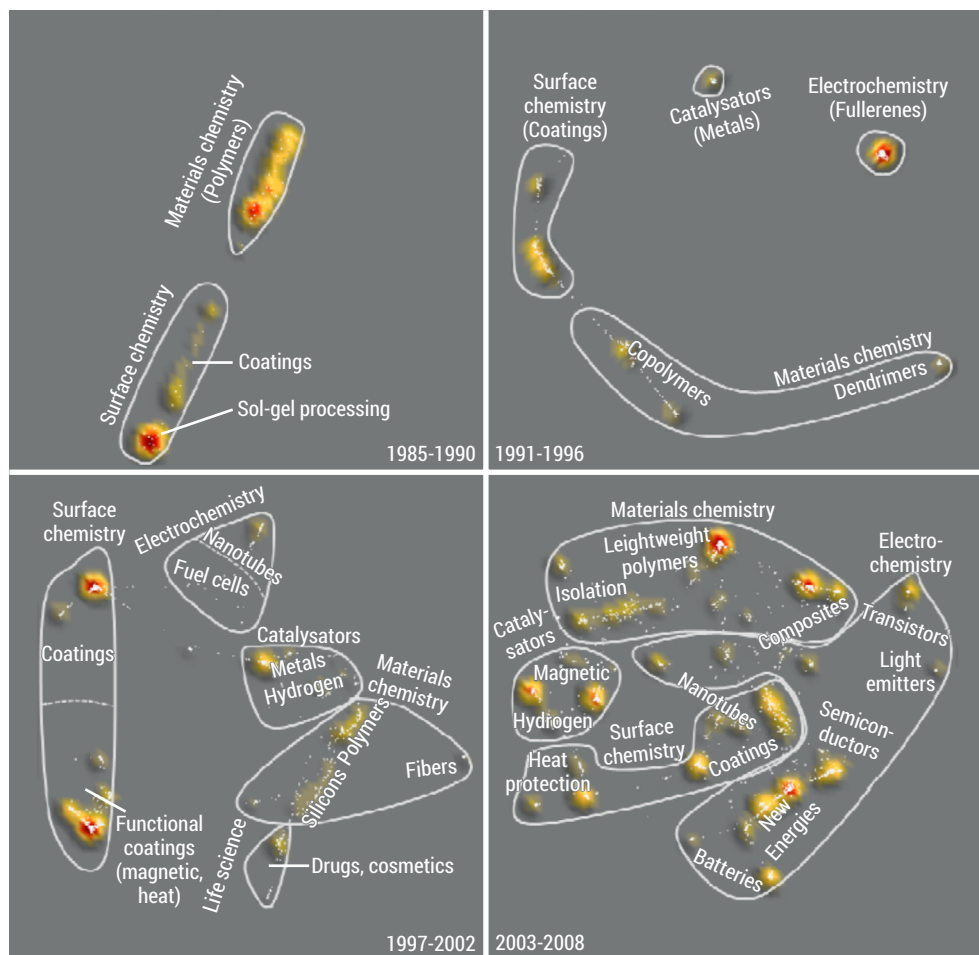
Badaniem, podczas realizacji którego położono szczególny nacisk na patenty jako źródło wiedzy o posiadanych krajowych kompetencjach technologicznych w ramach danego obszaru badawczego, była analiza przeprowadzona przez A. L. Koppe, Ch. Lecou i S. Bröring. Autorzy wskazali, że mapowanie prowadzonych obecnie badań jest istotne z wielu perspektyw. Po pierwsze, z punktu widzenia monitorowania obecnych lub potencjalnych konkurentów i identyfikacji potencjalnych zagrożeń ze strony wyłaniających się innowacji. Po drugie, wskazano, że trendy badawcze mogą być antycypowane, by identyfikować szanse na wczesnym etapie. Po trzecie, działania związane z mapowaniem przydatne będą podczas poszukiwania odpowiednich partnerów w rozwoju technologii, a niezbędne kompetencje mogą być stosunkowo szybko zidentyfikowane. Realizatorzy badania analizowali obszar nanotechnologii. Skupienie na patentach tłumaczyli dowodząc, że właśnie patenty stanowią wskaźnik technologicznej zmiany, umożliwiającym monitorowanie dynamiki procesu innowacji technologicznej. Porównali oni produkcję patentową Chin oraz Niemiec z zakresu *nanochemistry*, uwzględniając częstość zgłoszeń patentowych w dziedzinie w ciągu roku, identyfikację kto prowadzi badania w dziedzinie oraz przygotowanie wizualizacji obrazujących obecne tendencje w dziedzinie. Oparto się na analizie słów kluczowych związanych z patentami i poprzez realizację podejścia *text mining* wskazano obszary badawcze dobrze znane i te którym poświęcano mniej uwagi. Wyniki zaprezentowano graficznie (rysunek 4.4) w odniesieniu do czterech minionych okresów.

Autorzy wskazywali na szczególną użyteczność wyników dla decydentów i zarządzających technologią w aspekcie identyfikacji technologii w krajach rozwiniętych. Za istotne uznali również stwierdzenie, że posiadanie kompetencji w zakresie pojawiających się rozwiązań technologicznych nie zawsze jest domeną jednej organizacji lub gospodarki, stąd też współpraca pomiędzy organizacjami czy instytucjami, czasem międzynarodowa jest jednym z fundamentów prowadzenia badań³²⁵.

Na aspekcie sieci technologicznych opartych na analizie patentów skupiono się także w publikacji B. Yan i J. Luo. Autorzy dostrzegli trend przedstawiania technologii jako sieci przy wykorzystaniu danych patentowych, gdzie za węzły przyjmuje się kategorie patentów, które w przybliżeniu reprezentują dziedziny technologii. W ramach prowadzonych prac opracowali sieć patentów technologicznych. Klasy IPC (*International Patent Classification*) zostały wykorzystane do reprezentowania pól technologicznych jako węzłów sieci, z kolei do wyznaczenia połączeń wybrano indeks Jaccarda obliczany jako liczba wspólnych odniesień patentów w parze klas znormalizowana przez liczbę unikalnych odniesień patentów w każdej

³²⁵ A. L. Koppe, Ch. Lecou, S. Bröring, *Mapping emerging technology competencies in applied research: The development of nanochemistry in China and Germany*, The XXIV ISPIM Conference, Helsinki 2013.

z klas. W publikacji podkreślono i skupiono się głównie na aspekcie filtrowania sieci, aby zachować najsilniejsze powiązania, jednak w taki sposób, aby pozostawała ona wciąż odpowiednio informatywną formą wizualizacji³²⁶.



RYSUNEK 4.4. Przykład wizualizacji prezentującej obszary badawcze w zakresie nanochemii w Niemczech

ŹRÓDŁO: A. L. Koppe, Ch. Lecou, S. Bröring, *Mapping emerging technology competencies in applied research: The development of nanochemistry in China and Germany*, The XXIV ISPIM Conference, Helsinki 2013, s. 13.

³²⁶ B. Yan, J. Luo, *Filtering patent maps for visualization of diversification paths of inventors and organizations*, "Journal of the Association for Information Science and Technology" 2017, nr 68(6), s. 1551–1563.

Innym ważnym źródłem wiedzy z perspektywy tworzenia metodyki mapowania technologii stała się praca, której autorzy na zlecenie Ministerstwa Gospodarki, Handlu i Przemysłu Japonii (*Ministry of Economy, Trade and Industry* – METI) podjęli starania w zakresie przygotowania marszrut rozwoju technologii na potrzeby polityki innowacyjnej państwa. W swojej pracy położyli silny nacisk na metodyczny aspekt konstrukcji marszrut. Opracowana przez nich struktura tworzenia strategicznej marszrutu rozwoju technologii (*strategic technology roadmap*) opierała się na przygotowaniu trzech warstw. Pierwszej – bazującej na scenariuszach (*dissemination scenario*), drugiej – obejmującej przygotowanie przeglądu technologii bez uwzględnienia linii czasu, określanego przez autorów wymiennie jako mapa technologii (*technology overview/technology map*), oraz trzeciej – głównej, odniesionej już do przyjętego horyzontu czasowego, określonej jako marszruta rozwoju technologii (*technology roadmap*). W odniesieniu do drugiej warstwy autorzy wskazali, że przegląd/mapa technologii pozwala na sporządzenie ogólnego zarysu technologii w każdej dziedzinie technologii przemysłowych, wraz z ewentualnym wyszczególnieniem technologii kluczowych. W ich opinii mapa technologii stanowić miała uszczegółowienie poszczególnych technologii w celu zobrazowania ich znaczenia, pilności ich rozwoju, obszarów aplikacji oraz relacji pomiędzy różnymi opcjami technologicznymi. Ponownie, jak w przypadku innych doniesień literaturowych podkreślono, że w niepewnym i szybko rozwijającym się świecie możliwe jest uchwycenie jedynie bieżącej chwili, zaś nieuchronnie następujące zmiany mogą drastycznie zmodyfikować obraz przedstawiony na mapie. Realizatorzy badania zdecydowali się przedstawić obszerną listę możliwości spodziewając się, że odbiorcy mapy będą dokonywać niezbędnych interpretacji i priorytetyzacji na swoje potrzeby i z własnej biznesowej perspektywy³²⁷.

Podobnym, z perspektywy statycznego ujęcia mapowania technologii, przyjętym postępowaniem badawczym było mapowanie technologii odnawialnych źródeł energii przeprowadzone na zlecenie Międzynarodowego Centrum Handlu i Zrównoważonego Rozwoju (*The International Centre for Trade and Sustainable Development* – ICTSD), opracowane przez centra badań nad energią z Holandii, Indii i Chin. Głównym celem przeprowadzonych studiów była identyfikacja kluczowych technologii przyjaznych środowisku oraz wyrobów im towarzyszących. Zlecono badanie technologii w sektorze dostaw energii odnawialnej oraz technologii przyjaznych dla klimatu w dwóch sektorach odbiorców końcowych: budynki mieszkalne i handlowe oraz transport. W ramach mapowania skupiono się także na produktach i w niektórych przypadkach na komponentach związanych z technologiami, przy uwzględnieniu towarów obrotu międzynarodowego. Przyjęte postępowanie stwarzało podstawy analizy barier wejścia na rynek oraz szans, jakie mogą wynikać z wprowadzenia technologii, szczególnie dla producentów w krajach rozwiniętych.

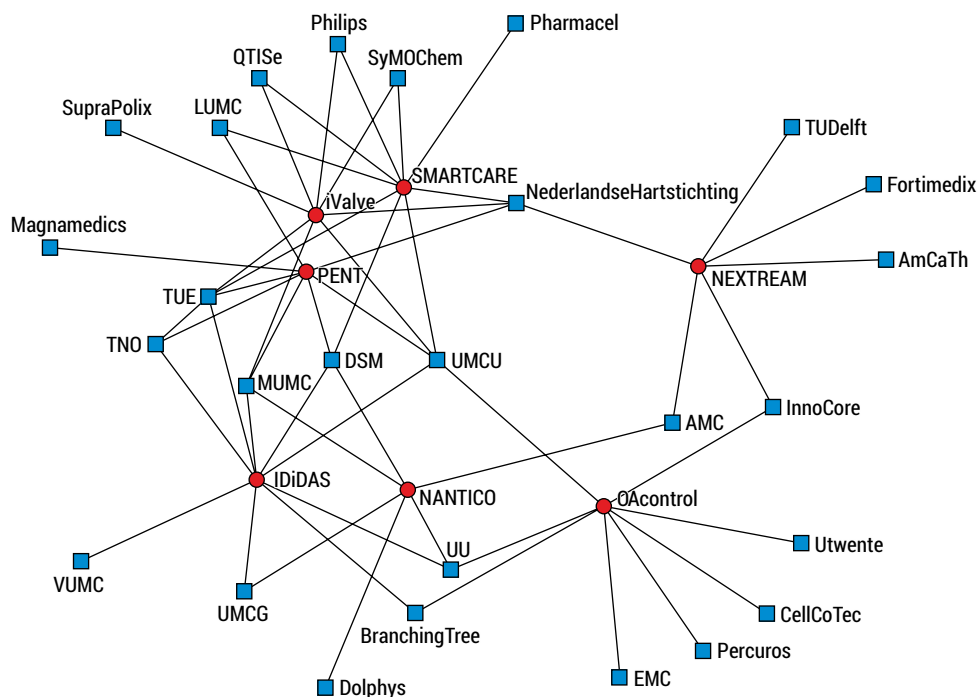
³²⁷ Y. Yasunaga, M. Watanabe, M. Korenga, *Application of technology roadmaps to governmental innovation policy for promoting technology convergence*, "Technological Forecasting and Social Change" 2009, nr 76, s. 61, 64, 67.

Przeprowadzone mapowanie technologii wskazało na duży potencjał w zakresie łagodzenia zmian klimatycznych, który można osiągnąć przez wdrożenie technologii przyjaznych środowisku w krajach rozwiniętych i rozwijających się. Wypracowane wnioski przedstawiono w formie opisowego syntetycznego raportu, uzupełnionego tabelami z wyróżnieniem poszczególnych technologii, ich podkategorii oraz produktów i komponentów w ich obrębie, jak też inne z danymi uzupełniającymi³²⁸. Przeprowadzone studia były ujęte w tradycyjnej, tekstowej formie, jednak warty zauważenia pozostaje szeroki kontekst przyjęty w rozważaniach dotyczących obecnego stanu technologii.

Interesujące spojrzenie na monitorowanie innowacji z zakresu wyłaniających się obszarów technologicznych przedstawiono w pracy T. van der Valk, M. M. H. Chappin i G. W. Gijsbersa. Autorzy wychodząc z założenia, że brak jest użytecznej metody oceny sieci innowacji technologicznych, opracowali swoją propozycję inspirowaną doświadczeniami z zakresu analizy sieci społecznych i przeglądu dostępnych zasobów. W ramach przeprowadzonych prac przeanalizowano dwa holenderskie programy badawcze dotyczące nowych rozwiązań technologicznych: obrazowania i diagnostyki molekularnej oraz materiałów biomedycznych. Sporządzono, a następnie przeanalizowano dwie sieci. Powstałe wizualizacje porównano między innymi pod względem struktury i gęstości powstałych sieci, średniej długości ścieżki, „średnicy” sieci (najdłuższej możliwej ścieżki w sieci), czy stopnia jej scentralizowania. Sieci przygotowano w programie UCINET, zaś do ich wizualizacji użyto NetDraw (na rysunku 4.5 zaprezentowano przykładowo powstałą sieć dla obszaru materiałów biomedycznych). Były to sieci dwumodalne (*two-mode network*), a więc prezentujące dwa typy podmiotów – w tym przypadku były to projekty związane z danym programem badawczym i ich uczestnicy. Połączenia pomiędzy elementami sieci oznaczały uczestnictwo w konkretnym projekcie. Na potrzeby analizy, sieci przekształcono w jednomodalne, uwzględniające uczestników, nie brano pod uwagę również liczby projektów w jakich dane organizacje uczestniczyły wspólnie. W ramach uzupełnienia analizy wskazano charakter uczestników projektów oraz obszary wiedzy, w jakich się lokowali. Niezbędną wiedzę zdobyto w drodze wywiadów z osobami zarządzającymi organizacjami³²⁹.

³²⁸ R. Vossenaar, V. Jha, *Technology Mapping of Renewable Energy, Buildings, and Transport Sectors: Policy Drivers and International Trade Aspects. An ICTSD Synthesis Paper*, ICTSD, Geneva 2010, s. 1.

³²⁹ T. van der Valk, M. M. H. Chappin, G. W. Gijsbers, *Evaluating innovation networks in emerging technologies*, „Technological Forecasting and Social Change” 2011, nr 78, s. 25–39.



● projekty związane z danym programem badawczym ■ uczestnicy projektów

RYSUNEK 4.5. Przykład sieci projektów oraz ich uczestników związanych z holenderskim programem badawczym dotyczącym materiałów biomedycznych

ŹRÓDŁO: T. van der Valk, M. M. H. Chappin, G. W. Gijsbers, *Evaluating innovation networks in emerging technologies*, "Technological Forecasting and Social Change" 2011, nr 78, s. 32.

Kolejna analiza koresponduje również z wcześniejszą publikacją autorów, w której rozważali dotychczasowe praktyki w zakresie wykorzystania analizy sieci społecznych w badaniach innowacji. Wyodrębnili oni w tym zakresie trzy obszary badawcze dotyczące: sieci współpracy pomiędzy organizacjami i sieci interpersonalnych; sieci komunikacyjnych oraz struktury obszarów badawczych i sektorów. Najbardziej interesującym z perspektywy autorki publikacji był trzeci wyróżniony przez nich obszar. Wnioski wyciągnięte przez autorów w jego obrębie były spójne z dotychczas prowadzonymi w ramach niniejszej publikacji analizami. Autorzy zwrócili uwagę na fakt, iż analizy te często dotyczyły studiów bibliometrycznych w zakresie publikacji oraz patentów z danej dziedziny, zauważono zainteresowanie analizą klastrow technologicznych, szczególnie na bazie analizy jednostek związanych z danymi technologiami. Ponadto, podkreślono przydatność tego typu analiz jako narzędzia wspomagającego decydentów politycznych podczas określania budżetu na badania i wskazywania istotnych obszarów badawczych, a także podczas identyfikacji przez poszczególne jednostki na rynku ich głównych konkurentów oraz potencjalnych sojuszników. Zauważono także, że wykorzystanie sieci mogłoby pomóc w przyszłości w porównaniu rozwoju

technologii w czasie. Wskazano również na fakt, iż elementy sieci technologicznej stanowią technologie, obszary technologiczne, czy sektory, co odległe jest od społecznego charakteru węzłów analizowanych pierwotnie w SNA, stąd też prowadzone wówczas badania, pozostawały na etapie rozwoju metodyki³³⁰.

4.2. Krajowe doświadczenia foresightowe

W ramach analizy krajowych doświadczeń związanych z mapowaniem technologii skupiono się na projektach o charakterze badania foresightowego, tak by uzupełnić i zweryfikować ogólne spostrzeżenia wynikłe z analizy doświadczeń zagranicznych w kontekście już bliższym obszaru aplikacji opracowywanej metodyki. W Polsce spośród ponad 40 zrealizowanych inicjatyw foresightowych, ponad połowę stanowiły foresighty technologiczne. Pogłębione studia dokumentacji projektów przeprowadzone przez autorkę pozwoliły zidentyfikować projekty, w których określenie bieżącego stanu technologii i/lub analiza relacji pomiędzy nimi były podejmowane przez realizatorów. Podczas badania dokumentów oraz prowadzonych obserwacji skupiono się na działaniach spójnych z przyjętą ideą mapowania technologii oraz na elementach diagnozy bieżącego stanu technologii, jakie mogłyby tę ideę wzbogacić.

Mapowanie technologii w polskich badaniach foresightowych w wielu przypadkach sprowadzało się do tekstowego opisu bieżącego stanu technologii. Zakres oraz charakter podejmowanych w obszarze mapowania technologii prac był dość zróżnicowany. W dalszej części opisano zidentyfikowane praktyki zwracając uwagę zarówno na przedstawione w dostępnych publikacjach wyniki analizowanej metody, a także na formę ich prezentacji.

W pierwszym z wyróżnionych projektów – *Foresight technologiczny w zakresie materiałów polimerowych* – przyjęto za cel wskazanie możliwych kierunków prac z zakresu inżynierii materiałowej polimerów w sferze rozwojowej i produkcyjnej przemysłu. Oparto się na opinii ekspertów, pracujących w ramach paneli roboczych. Podczas realizacji pierwszego etapu założonej metodyki dokonano przeglądu technologii, jako etapu wyjściowego dla dalszych prac. Przeprowadzono ekspercką klasyfikację materiałów oraz kompozytów polimerowych do jednej z grup technologii: schyłkowych, dojrzałych, prototypowych i przyszłościowych. Następnie odrzucono technologie schyłkowe oraz te spośród dojrzałych, które były powszechnie wykorzystywane w kraju. Kryteria oceny technologii, jakimi kierowali się eksperci tworząc listę technologii krytycznych, obejmowały: ważność ekonomiczną, społeczną, znaczenie dla środowiska, kreatywność i wykonalność. Przegląd technologiczny dokonany w projekcie oparty został na analizie dostępnych baz danych, publikacji oraz artykułów naukowych i przemysłowych, jak również raportów z konferencji tematycznie związanych z wytwarzaniem i przetwarzaniem materiałów polimerowych. Celem

³³⁰T. van der Valk, G. Gijsbergs, *The use of social network analysis in innovation studies...*, s. 5–17.

podjętego postępowania było wskazanie kadrowego potencjału jednostek naukowo-badawczych i ich dorobku określonego przez pryzmat patentów, licencji i wdrożeń oraz wskazanie przedsiębiorstw wytwarzających i/lub przetwarzających materiały polimerowe, identyfikując tym samym krajowy potencjał gospodarczy. Ekspersi podczas dokonywania przeglądu technologicznego, wspartego studiami literaturowymi, wskazali technologie schyłkowe i dojrzałe oraz prototypowe i przyszłościowe trendy technologiczne. W ramach podjętych prac opracowano także karty technologiczne. Równolegle przeprowadzono również analizę SWOT i STEEP podejmujące aspekt silnych i słabych stron technologii oraz szans i zagrożeń, jako czynników zewnętrznych wpływających na technologie³³¹.

Kolejny projekt – *Foresight technologiczny rozwoju sektora usług publicznych w Górnośląskim Obszarze Metropolitalnym* (GOM) – dotyczył obszaru usług publicznych. W ramach prac projektowych wydzielono między innymi zadanie 2, które obejmowało diagnozę stanu i uwarunkowań wdrażania nowoczesnych technologii w obszarze usług metropolitalnych. Przeprowadzone zostały badania ankietowe, które w założeniu miały pomóc w identyfikacji potencjału technologicznego na obszarze GOM. Podjęto się także analizy potrzeb przedsiębiorczości, sporządzając listę kluczowych czynników oraz konstruując mapę innowacji prezentującą powiązania technologiczne, funkcjonalne w ramach usług oraz powiązania pomiędzy cechami metropolitalnymi. Oceny powiązań określanych jako bezpośrednie oraz pośrednie dokonali eksperci. Zestawienie zbiorcze uwzględniające sieć powiązań zostało przygotowane w formie tabelarycznej ze wskazaniem obszarów technologicznych/technologii oraz obszarów poszczególnych powiązań z cechami metropolitalnego obszaru tematycznego³³².

Foresight wiodących technologii kształtowania własności powierzchni materiałów inżynierskich i biomedycznych to projekt, którego realizatorzy założyli konstrukcję bazy danych zawierającej karty informacyjne wiodących technologii jako jeden z rezultatów projektu. Karty miały stanowić wsparcie w procesie podejmowania decyzji przez proinnowacyjnych przedsiębiorców. Zakładano, że karty będą uzupełnieniem realizacji

³³¹ H. Rydarowski, K. Czaplicka, *Wybrane scenariusze rozwoju technologicznego materiałów polimerowych* [online], dostęp zdalny: <http://science24.com/paper/14851>, [data wejścia 03.07.2012]; *Foresight technologiczny w zakresie materiałów polimerowych*, [online], dostęp zdalny: www.foresightpolimerowy.pl/main.php?dynxml0=projekt.xml, [data wejścia 03.07.2012]; K. Czaplicka, *Foresight technologiczny w zakresie materiałów polimerowych*, Konferencja inauguracyjna projekt, Katowice 2006; *Foresight technologiczny w zakresie materiałów polimerowych*, spotkanie paneli roboczych M5 i M6, 2006, [online], dostęp zdalny: www.foresightpolimerowy.pl/upload/M5%20i%20M6.pps, [data wejścia 03.07.2012].

³³² *FORGOM – Foresight technologiczny rozwoju sektora usług publicznych w Górnośląskim Obszarze Metropolitalnym, Raport zbiorczy z realizacji zadania II, Diagnoza stanu i uwarunkowań wdrażania nowoczesnych technologii w obszarze usług metropolitalnych*, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2010, s. 22–25, [online], dostęp zdalny: www.foresightgom.pl/uploads/pliki/Raport_zbiorczy_z_eta-pu_II_DO_DRUKU.pdf, [data wejścia 03.07.2012]; J. Bondaruk, *Cel, metodyka i rezultaty realizacji projektu*, prezentacja, 2011, [online], dostęp zdalny: www.foresightgom.pl/uploads/konferencja_koniec/FORGOM_prezentacja_struktura_i_metodyka_19_09_2011.pdf, [data wejścia 03.07.2012].

metody *technology roadmapping*, dostarczając precyzyjnych, technicznych szczegółów i wspomagając wdrożenie technologii w przemyśle. Finalnie podczas realizacji projektu przygotowano księgę technologii krytycznych inżynierii powierzchni materiałów. Przyjęto, że będzie to kompendium wiedzy dotyczącej przygotowanych w projekcie map rozwoju technologii i właśnie kart informacyjnych technologii, które powinny stanowić pomoc podczas implementacji technologii w przemyśle. Przeprowadzono analizę bieżącej sytuacji poprzez ocenę stanu zagadnienia, przegląd technologiczny oraz analizę strategiczną metodami zintegrowanymi. Karty technologii – szczególnie istotne z perspektywy diagnozy bieżącego stanu technologii – zawierały takie informacje jak na przykład opis istoty zjawiska fizykochemicznego związanego z daną technologią, opis przebiegu procesu technologicznego, ogólnych warunków realizacji takiego procesu, lista technologii alternatywnych, najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań, ocena wpływu technologii na różne aspekty, zalety i wady technologii czy rekomendowane źródła literaturowe. Wiedza zgromadzona na kartach była wynikiem między innymi przeprowadzenia badań eksperckich. Karty informacyjne technologii odnoszące się do bieżącego stanu technologii wraz z mapami rozwoju technologii to według realizatorów projektu jedno z istotnych rezultatów badań foresightowych, szczególnie przydatnych podczas analizy porównawczej technologii pod kątem wybranych kryteriów. We wnioskach zaprezentowanych w jednej z publikacji dotyczących realizacji projektu podkreślali oni, że zagadnienie identyfikacji priorytetowych, innowacyjnych technologii wraz z trendami rozwojowymi w ich zakresie ma kluczowe znaczenie dla rozwoju gospodarczego i wymaga wykorzystania odpowiedniego aparatu metodologicznego³³³.

Kolejnym, interesującym w aspekcie diagnozy bieżącego stanu technologii projektem była inicjatywa *Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego*. Pierwszy etap prac obejmował zebranie danych na temat dotychczas stosowanych technologii przemysłu wydobywczego w kraju oraz dokonanie oceny w tym zakresie. Identyfikacja technologii oraz ich usystematyzowanie doprowadziło do konstrukcji kart technologii. Zostały one stworzone przez zespoły robocze opierające się na dostępnych publikacjach naukowych, przemysłowych oraz materiałach konferencyjnych. Karty przygotowano w formie tabelarycznej. Na uwagę zasługuje dbałość realizatorów o jednolitą formę opisu technologii zaprezentowanego na kartach.

³³³ L. A. Dobrzański, *Kształtowanie struktury i własności powierzchni materiałów inżynierskich i biomedycznych*, Wyd. International OCSCO World Press, Gliwice 2009, s. 164; A. Dobrzańska-Danikiewicz, *Cele i metodologia Projektu FORSURF nt. Foresight wiodących technologii kształtowania własności powierzchni materiałów inżynierskich i biomedycznych*, 2nd Workshop on Foresight of surface properties formation leading Technologies of engineering materials and biomaterials, prezentacja, Białka Tatrzańska, 2009; A. Dobrzańska-Danikiewicz, *Komputerowo wspomagane metody foresightowe w zastosowaniu do inżynierii powierzchni*, „Czasopismo Techniczne. Mechanika” 2011, t. 4, nr 7; Strona Internetowa projektu *Foresight wiodących technologii kształtowania własności powierzchni materiałów inżynierskich i biomedycznych*, [online], dostęp zdalny: www.forsurf.pl, [data wejścia 03.07.2012]; A. Dobrzańska-Danikiewicz, *Metodologia komputerowo zintegrowanego prognozowania rozwoju inżynierii powierzchni materiałów*, Wyd. International OCSCO World Press, Gliwice 2012.

Znaleźć na nich można podstawową charakterystykę technologii, jej wady, zalety w aspekcie efektywności, bezpieczeństwa i ochrony środowiska, podstawowe parametry związane z technologią oraz zakładane efekty produkcyjne i opis niezbędnego wyposażenia. Dalsze prace zakładały ekspercką ocenę innowacyjności stosowanych technologii, gdzie jednym z przyjętych kryteriów był obecny poziom technologii³³⁴.

W przypadku innej z inicjatyw, *Scenariusze rozwoju technologii nowoczesnych materiałów metalicznych, ceramicznych i kompozytowych*, zakładano przeprowadzenie analizy kierunków technologicznych. Opracowano listę technologii na podstawie tematów projektów badawczych oraz rozwojowych złożonych w wybranych konkursach, a także biorąc pod uwagę preferencje tematyczne wskazywane przez uczestników zorganizowanej w ramach projektu konferencji. Ta wstępna lista technologii po przeprowadzeniu selekcji stanowiła propozycję technologii w formie zestawienia materiał-wyrób. Za pomocą ankiety zgromadzono również dane dotyczące wybranych technologii w aspekcie materiału, możliwego do wykonania wyrobu oraz zespołów badawczych zajmujących się nimi. Zebrane informacje obejmowały m.in. najważniejsze wykorzystywane właściwości, charakterystyczny rozmiar, cechy szczególne, czy zastosowania, a także opis wyrobu, jego zalety, czy poziom rozwoju technologii na skali czasu³³⁵.

Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego rud miedzi i surowców towarzyszących w Polsce to kolejny projekt, który zwrócił uwagę autorki w kontekście mapowania technologii. Realizatorzy w dwóch pierwszych zadaniach dokonali aktualizacji bilansu zasobów rud miedzi i soli kamiennej na terenie kraju, uwzględniając złoża antropogeniczne metali nieżelaznych oraz przeglądu technologii wykorzystywanych w przemyśle wydobywczym rud miedzi i surowców towarzyszących. Podczas podjętych prac dokonano przeglądu literatury, wykorzystano prace własne realizatorów, przeprowadzono wywiady z przedstawicielami branżowych przedsiębiorstw oraz zlecono część ekspertyz na zewnątrz. Przeanalizowano także wybrane technologie eksploatacji rud miedzi na świecie (wykorzystywanych przez piętnaście największych przedsiębiorstw z tego obszaru). Na podstawie zebranych danych skonstruowano karty opisu technologii oraz zbudowano bazę technologii. Elementy

³³⁴ J. Dubiński, M. Turek, J. Dubiński, *Istota i zakres scenariuszy rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego*, [online], dostęp zdalny: www.foresightweglowy.pl/prezentacje/2007_02.ppt, [data wejścia 04.07.2012]; *Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego*, prezentacja, [online], dostęp zdalny: www.nauka.gov.pl/fileadmin/user_upload/42/14/42145/foresightweglowy_mg.ppt, [data wejścia 04.07.2012]; A. Kozieł, M. Turek, *Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego*, 2007, [online], dostęp zdalny: www.wnp.pl/artykuly/scenariusze-rozwoju-technologicznego-przemyslu-wydobywczego-węgla-kamiennego,4147.html, [data wejścia 04.07.2012].

³³⁵ D. Kukla, *Pozycjonowanie technologii będących przedmiotem badań w projekcie Foremat*, raport „Scenariusze rozwoju materiałów metalicznych, ceramicznych i kompozytowych”, [online], dostęp zdalny: www.nanonet.pl, [data wejścia 04.07.2012]; J. Sobczyk, W. Łojkowski, R. Pielaszek, *Metodyka Projektu FOREMAT „Scenariusze rozwoju zaawansowanych materiałów metalicznych, ceramicznych i kompozytowych”*, raportu „Scenariusze rozwoju materiałów metalicznych, ceramicznych i kompozytowych”, [online]. Tryb dostępu: www.nanonet.pl, [data wejścia 04.07.2012].

opisu były w przypadku tego projektu dość istotnie zróżnicowane, te elementy które się powtarzały objęły: symbol technologii, jej typ, innowacyjność technologii ocenioną poprzez eksperckie sklasyfikowanie technologii jako zachowawczej, rozwojowej lub nowatorskiej. Inne elementy opisu to między innymi warunki jej stosowania, podstawowe parametry techniczne, wyróżniki technologii, skrótowe opisy technologii, schematy i/lub zdjęcia związane z daną technologią³³⁶.

Foresight priorytetowych, innowacyjnych technologii na rzecz automatyki, robotyki i techniki pomiarowej to projekt realizowany w ujęciu krajowym. W ramach prac projektowych przeprowadzono ocenę potencjału poszczególnych województw z zakresu rozwoju automatyki, robotyki i techniki pomiarowej. Opisano następujące elementy: funkcjonujące w danych województwach ośrodki naukowo-badawcze oraz badawczo-rozwojowe, kierunki prowadzonych przez nie badań, wskazujące na potencjał sfery badawczo-rozwojowej, integratorzy, producenci oraz użytkownicy rozwiązań technologicznych, kluczowe klastry, parki technologiczne, najważniejsze projekty badawczo-rozwojowe i innowacyjne, beneficjenci branż powiązanych z zakresem tematycznym projektu. Wiedzę zebraną w ramach przedstawionych zagadnień zaprezentowano w formie opisu tekstowego, jak też wylistowanych wykazów. Baza wiedzy została zbudowana na podstawie informacji zebranych od ekspertów, przeprowadzonej analizy dostępnej literatury oraz wniosków wyciągniętych przez realizatorów w trakcie wyjazdów studialnych i spotkań roboczych³³⁷. Realizatorzy projektu przeprowadzili również w kolejnym etapie analizę SWOT, analizę trendów, potrzeb oraz głównych czynników utrudniających działalność gospodarczą w kraju, określając podjęte działania diagnozą stanu obecnego automatyki, robotyki i techniki pomiarowej. Jednak w opinii autorki przeprowadzone na tym etapie analizy to raczej uwarunkowania i możliwości wiążące się z rozwojem danej technologii a nie ocena jej bieżącego stanu, zaś za działania spójne z metodyką mapowania technologii można uznać przeprowadzony uprzednio przegląd. Ponadto, w ramach realizacji metody krzyżowej analizy wpływów podjęto się oszacowania „poziomu oddziaływania pomiędzy poszczególnymi technologiami” sklasyfikowanymi jako kluczowe, wybrane we wszystkich obszarach badawczych, a także wzajemnych oddziaływań pomiędzy „analizowanymi grupami technologii z jednego obszaru względem pozostałych obszarów badawczych projektu”. Zebraną w tym zakresie wiedzę przedstawiono w formie serii macierzy. Realizatorzy uznali wynikowe macierze za szczególnie przydatne podczas konstrukcji możliwych scenariuszy rozwoju obszarów badawczych projektu³³⁸.

³³⁶ Baza technologii w ramach projektu: *Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego rud miedzi i surowców towarzyszących w Polsce*, [online], dostęp zdalny: foresight.cuprum.wroc.pl/technologyList.php, [data wejścia 04.07.2012].

³³⁷ R. Szewczyk (red.), *Foresight priorytetowych, innowacyjnych technologii na rzecz automatyki, robotyki i techniki pomiarowej. Metodologia, analizy i diagnoza stanu obecnego*, Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, Warszawa 2008.

³³⁸ R. Szewczyk (red.), *Foresight priorytetowych, innowacyjnych technologii na rzecz automatyki, robotyki i techniki pomiarowej. Krzyżowa analiza wpływów, scenariusze rozwoju, priorytetowe technologie*, Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, Warszawa 2010.

W projekcie *Zeroemisyjna gospodarka energią w warunkach zrównoważonego rozwoju Polski do 2050 roku* poruszono temat konstrukcji klastrów tworzonych przez technologie tożsame pod względem wybranego kryterium. Klasyfikacja technologii do poszczególnych klastrów została przeprowadzona poprzez przyporządkowanie danej technologii priorytetowej do jednego z finalnie opracowywanych w projekcie scenariuszy zachowania się otoczenia przy uwzględnieniu jego uwarunkowań oraz tendencji zachowania się czynników kluczowych w scenariuszu. Przyporządkowanie zostało przeprowadzone w ramach prac ekspertów podpanelu technologicznego i stanowiło uzupełnienie opracowanych scenariuszy o warstwę technologiczną rozciągniętą w czasie. Przeprowadzone w tym zakresie postępowanie choć poruszało interesujący aspekt grupowania technologii w klastry, to bliższe jest koncepcji tworzenia marszrut rozwoju technologii (*technology roadmaps*)³³⁹.

Na drugim etapie realizacji projektu *Foresight w zakresie priorytetowych i innowacyjnych technologii zagospodarowywania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego* zakładano przeprowadzenie diagnozy stanu obecnego rozwoju technologii w zakresie zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego. Wyniki diagnozy miały posłużyć jako dane wejściowe dla prac kluczowych ekspertów dotyczących weryfikacji i oceny z zastosowaniem metody Delphi, analizy AHP oraz analizy krzyżowej. Technologie, które wstępnie oceniono jako innowacyjne i rozpowszechnione, zostały zestawione w pięciu grupach tematycznych wyznaczonych poprzez potencjalne kierunki gospodarczego wykorzystania odpadów. Powstała lista 39 technologii została opisana na podstawie przygotowanych kart technologii. Oceniono także poziom innowacyjności technologii bazując na obecnym poziomie technologicznym odniesionym do innych zaawansowanych dziedzin techniki, skuteczności technologii w kontekście warunków zewnętrznych, jej uniwersalności w aspekcie techniki i warunków jej stosowania, wpływie na środowisko, a także pod względem kryterium obejmującym bezpieczeństwo i higienę pracy³⁴⁰.

Województwo Opolskie Regionem Zrównoważonego Rozwoju – Foresight Regionalny do 2020 r. to projekt, w którym przeprowadzono analizę technologii przypisanych do sześciu obszarów: infrastruktura, kapitał ludzki i rynek pracy, energia, środowisko, zasoby naturalne i nowe materiały oraz potencjał gospodarczy. Raport z przeprowadzonych badań zawierał oceny ekspertów dziedzinowych w zakresie stanu zaawansowania, szans oraz priorytetowości rozwoju technologii w poszczególnych obszarach. Celem podjętych działań było określenie zapotrzebowania na poszczególne technologie, korzyści i kosztów związanych z ich rozwojem oraz poziomu i charakteru barier możliwych do zaistnienia podczas wdrażania technologii w województwie opolskim. Analiza została przeprowadzona w perspektywie 2020 roku. Uzyskane wyniki przedstawiono jako obszerny opis tekstowy każdego obszaru uzupełniony schematami

³³⁹I. Pyka (red.), K. Czaplicka-Kolarz (red.), *Scenariusze rozwoju zeroemisyjnej gospodarki energią w Polsce w perspektywie 2050 roku*, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2011.

³⁴⁰J. Szpyrka, *Priorytetowe i innowacyjne technologie zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego*, raport, Gliwice 2011.

dotyczącymi poszczególnych technologii. Porównano także technologie pod względem wskazanych kryteriów, a wyniki porównania w obrębie obszarów zaprezentowano w formie wykresów radarowych³⁴¹.

Innym interesującym w aspekcie pracy projektem jest inicjatywa *Nowoczesne technologie dla włókiennictwa. Szansa dla Polski*. Realizatorzy projektu w założeniach metodologicznych podejmują problem diagnozy bieżącego stanu technologii poprzez zaplanowanie jednego z zadań projektu – inwentaryzacji kierunków rozwoju technologii. Inwentaryzacja obejmuje analizę istniejących prac badawczych, analitycznych, koncepcyjnych dotyczących technologii włókiennictwa oraz identyfikację obecnych i przyszłych trendów technologicznych, a także związanych z nimi potrzeb w zakresie działalności badawczo-rozwojowej. W ramach realizacji zadania zaplanowano sporządzenie szczegółowych opisów wyróżnionych grup technologii i technologii indywidualnych. Wartą uwagi ideą jest również identyfikacja sieci powiązań technologii w obrębie obszaru, ale także relacji międzyobszarowych. Wśród metod, które planowano wykorzystać, pogłębiając wiedzę o technologiach sklasyfikowanych w projekcie jako krytyczne pojawiła się analiza bibliometryczna, czy statystyka patentów, z kolei w aspekcie stworzonych finalnie scenariuszy planowano analizę wpływów i zależności technologii (poprzez zestawianie i testowanie korelacji pomiędzy technologiami) w celu przyporządkowania technologii do jednej z grup: dominujących/determinujących, kluczowych/przebiegowych, sąsiadujących lub regulujących, wynikowych/zdominowanych oraz autonomicznych/wykluczonych³⁴².

Kolejnym projektem, który przeanalizowano w aspekcie mapowania technologii, była inicjatywa *Foresight regionalny województwa zachodniopomorskiego*. Projekt był ukierunkowany na dziedzinę chemii i w tym zakresie przeprowadzono analizę publikacji naukowych i patentów, biorąc pod uwagę lata 1995–2010. Za źródła danych w zakresie analizy przyjęto bazę o największej ówczesnie liczbie publikacji naukowych z zakresu nauk technicznych – ScienceDirect, bazę wydawnictw Elsevier i Springer-Verlag oraz ogólnosiatową bazę patentów Urzędu Patentowego RP. Rezultaty z przeprowadzonej analizy opisano w raporcie końcowym. Przyjętą formą ich prezentacji były tabele oraz wykresy, na których przedstawiono trendy w kontekście kierunków badawczych i intensywności badań w danym obszarze tematycznym³⁴³.

³⁴¹ Raport *Analiza kluczowych obszarów badawczych. Województwo Opolskie Regionem Zrównoważonego Rozwoju – Foresight Regionalny do 2020 r.*, konsorcjum: RESOURCE Pracownia Badań i Rozwoju, PPNT, [online], dostęp zdalny: www.foresight.po.opole.pl/pliki/Analiza_kluczowych_obszarow_badawczych.pdf, [data wejścia 04.07.2012].

³⁴² A. Rogut, B. Piasecki, *Foresight jako instrument kształtowania przyszłości polskiego przemysłu tekstylnego. Podręcznik metodyczny dla projektu „Nowoczesne technologie dla włókiennictwa. Szansa dla Polski”*, Łódź 2010, [online], dostęp zdalny: portaltechnologii.pl/pdf/metodologia.pdf, [data wejścia 03.07.2012].

³⁴³ U. Narkiewicz, K. Lubkowski, *Foresight obszaru tematycznego „chemia” województwa zachodniopomorskiego (raport końcowy)*, Szczecin 2010, [online], dostęp zdalny: www.rsi.wzp.pl/download/index/biblioteka/6425, [data wejścia 03.07.2012].

Podczas realizacji inicjatywy *Foresight technologiczny przemysłu INSIGHT 2030* jej wykonawcy przeprowadzili bardzo obszerną analizę bieżącego stanu technologii, które są wykorzystywane w przemyśle w Polsce. Zasadniczym celem projektu była weryfikacja potencjału rozwoju sektorów i obszarów przemysłowych wskazanych przez Ministerstwo Gospodarki. Ponadto, założono identyfikację obszarów przemysłowych cechujących się konkurencyjnością, a także kluczowych, strategicznych technologii przyszłości, których rozwój będzie priorytetem polskiego przemysłu w najbliższym 20-leciu. Wśród zadań projektu wyszczególniono także zadanie obejmujące diagnozę stanu rozwoju technologii przemysłu (zadanie 2). Zaplanowano identyfikację obszarów badawczych i wylistowanie technologii priorytetowych w kontekście rozwoju polskiego przemysłu. Wyodrębnione obszary badawcze objęły 10 zagadnień: nanotechnologie, biotechnologie przemysłowe, technologie informacyjne i telekomunikacyjne, mikroelektronikę, fotonikę, zaawansowane systemy wytwarzania, rozwój czystych technologii węglowych, racjonalizację gospodarowania energią, nowoczesne urządzenia dla przemysłu wydobywczego, a także innowacyjne technologie pozyskiwania surowców mineralnych. Następstwem identyfikacji obszarów było przeprowadzenie szeregu ekspertyz angażujących zróżnicowane i liczne grono ekspertów. W obszarach nanotechnologii, biotechnologii, technologii informacyjnych i telekomunikacyjnych, automatyki i robotyki, inżynierii medycznej oraz zaawansowanych materiałów, mikroelektroniki i fotoniki przeprowadzono diagnozę stanu rozwoju technologicznego, wskazano i scharakteryzowano kluczowe technologie, przeprowadzono we wskazanych obszarach porównanie Polski oraz Unii Europejskiej, a także określono kluczowe czynniki rozwoju technologicznego. Wyłoniono również listę technologii priorytetowych i zidentyfikowano główne ośrodki badawcze oraz instytucje partnerskie związane z daną technologią. W kwestiach obszarów technologii przemysłu wydobywczego oraz przemysłu energetycznego podjęto się również diagnozy stanu obecnego, jednak uzupełniając ją o przegląd dokumentów strategicznych i analizę dokumentacji projektów foresightowych oraz sporządzenie listy technologii priorytetowych (w ramach prac paneli tematycznych)³⁴⁴. Realizatorzy projektu w dalszych pracach, bazując na przygotowanych prognozach, analizowali oraz weryfikowali postawione tezy dotyczące rozwoju poszczególnych technologii. Finalnie przygotowane opracowania miały niezaprzeczalnie wysoką wartość poznawczą w kontekście wiedzy o wybranych obszarach badawczych, ale ich niejednorodna forma oraz brak syntezy, nie pozwalają – w ocenie autorki – na wykonanie prostego porównania technologii z poszczególnymi obszarami badawczymi. Czyni to finalne prace ciekawym i obszernym materiałem dla pasjonatów danej tematyki, jednak utrudnia wyciągnięcie konkretnych wniosków i refleksji dotyczących szerokiego przedmiotu projektu. Interesującą ideą

³⁴⁴ *Foresight technologiczny przemysłu INSIGHT 2030. Streszczenie analizy końcowej*, IZTECH, Warszawa 2011, [online], dostęp zdalny: www.fortech2030.pl/images/stories/downloads/pdf/streszczenie_wersja_polska.pdf, [data wejścia 03.07.2012]; *Foresight technologiczny przemysłu INSIGHT 2030*, [online], dostęp zdalny: www.fortech2030.pl, [data wejścia 03.07.2012].

było również opracowanie atlasu klastrów technologicznych³⁴⁵, w którym wylistowano grupy technologii na podstronie internetowej projektu wraz z konturem mapy Polski, na którym zlokalizowano miasta, a następnie ośrodki naukowe i przemysłowe związane z wybraną na liście technologią. W aplikacji poruszono istotny aspekt lokalizacji ośrodków związanych z technologią w Polsce.

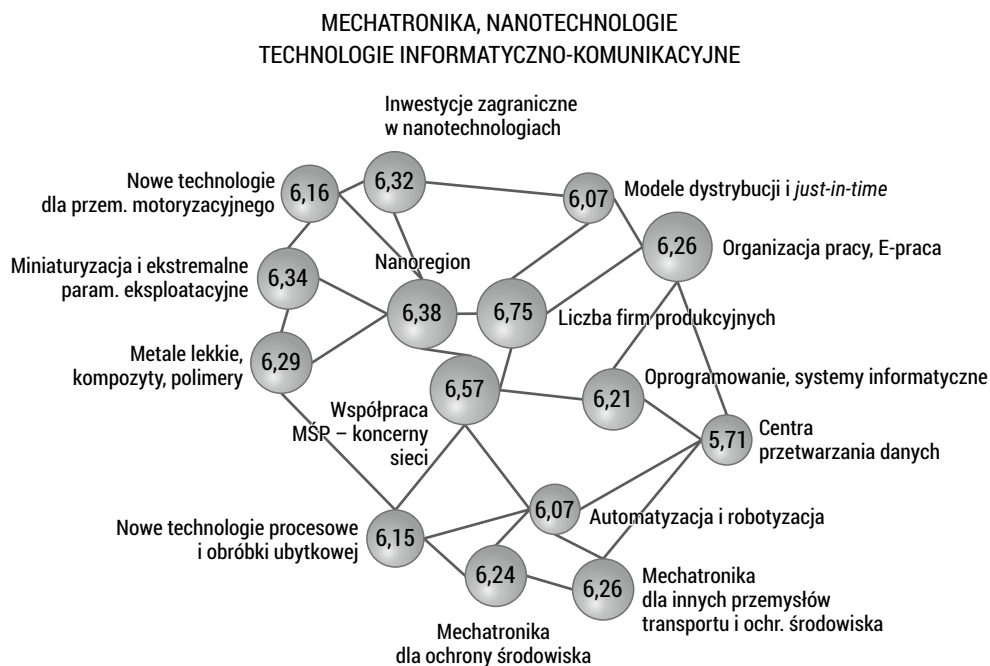
Następnym analizowanym projektem był projekt *LORIS Wizja. Regionalny foresight technologiczny*. Zainteresowanie projektem w aspekcie mapowania technologii spowodowane było – zaplanowaną przez realizatorów w drugim etapie prac projektowych – inwentaryzacją istniejących zasobów wiedzy oraz przygotowaniem aktualnego profilu technologicznego województwa łódzkiego, poprzedzonego badaniem obszarów kompetencji regionu. Pierwszy z wymienionych elementów przyjętej w projekcie metodyki, a mianowicie inwentaryzacja, była próbą skompletowania istniejących prac badawczych oraz analitycznych z zakresu technologii określonych jako priorytetowe dla zrównoważonego rozwoju województwa łódzkiego. Przedmiot dla tak zaplanowanego postępowania stanowiły dostępne rozwiązania technologiczne, prace badawcze, prace badawczo-rozwojowe krajowe oraz zagraniczne. Wiedzy w tym zakresie dostarczyły dwie bazy: SYNABA – mieszcząca opisy prac naukowo-badawczych, prac badawczo-rozwojowych, rozpraw doktorskich, habilitacyjnych, a także ekspertyz naukowych sporządzonych przez krajowe ośrodki naukowe, jak i badawczo-rozwojowe oraz SIBROL – stanowiąca kompendium wiedzy z zakresu projektów dotyczących rolnictwa. Ponadto, przestudiowano światowe publikacje naukowe w aspekcie procesów i technologii istotnych dla regionu łódzkiego opierając się przede wszystkim na streszczeniach i danych bibliograficznych, odwołując się do pełnego tekstu publikacji jedynie w przypadku ważniejszych pozycji. Skorzystano z takich baz, jak: SpringerLink, Horticultural Science Database, CAB Abstracts, NCBI PubMed, a także z bazy informacji naukowej Google Scholar. Analizowano prace opublikowane w okresie pięciu lat poprzedzających analizę, z uwagi na zainteresowanie technologiami perspektywicznymi. Formą prezentacji wyników inwentaryzacji były opisy głównych trendów oraz kierunków badań³⁴⁶. Przygotowano także profil technologiczny regionu łódzkiego, jak również zaplanowano dyskusję w gronie ekspertów dotyczącą rodzaju technologii wykorzystywanych najczęściej przez firmy regionalne w poszczególnych obszarach specjalizacji. Celem podjętych działań było również porównanie technologii, które są stosowane w regionie z tymi stosowanymi przez technologicznych liderów, tak, by zidentyfikować ewentualnie istniejącą lukę technologiczną³⁴⁷. Jednym z ele-

³⁴⁵ Atlas klastrów technologicznych projektu *Foresight technologiczny przemysłu INSIGHT 2030*, [online], dostęp zdalny: www.fortech2030.pl/atlas-klastrow, [data wejścia 20.05.2013].

³⁴⁶ L. Michalczyk, D. Goszczyńska, W. Ambroziak, J. Michalak, B. Michalczyk, I. Sowik, J. Chociłowska-Chołuj, J. Brzozowska-Michalak, *LORIS Wizja. Regionalny foresight technologiczny. Inwentaryzacja istniejących zasobów wiedzy o województwie łódzkim i technologiach istotnych z punktu widzenia rozwoju gospodarki regionu*, Skierniewice 2007.

³⁴⁷ *LORIS Wizja. Regionalny foresight technologiczny. Gdzie jesteśmy i dokąd zmierzamy, czyli jak określić kierunki rozwoju technologicznego województwa łódzkiego*, Przewodnik metodologiczny przygotowany pod kierunkiem A. Rogut i B. Piaseckiego, Łódź 2007.

mentów dalszych prac w kwestii analizy technologii było hierarchiczne uszeregowanie istotnych dla przyszłości regionu technologii, które przeprowadzono w ramach rund delfickich. Ponadto, przeanalizowano sieci priorytetowych obszarów technologii. Sieci zostały zbudowane bazując na wyznaczonym w poprzedzających pracach zintegrowanym wskaźniku zrównoważonego rozwoju oraz wynikach jednoczynnikowej i dwuczynnikowej analizy rezultatów foresightu technologicznego. W centrum sieci umiejscowiono te technologie, których wskaźnik osiągnął wartość najwyższą. Jedną z sieci sporządzonych dla wybranych obszarów badawczych przykładowo zaprezentowano na rysunku 4.6³⁴⁸.



RYSUNEK 4.6. Sieć rezultatów analizy rund delfickich w obszarach: mechatronika, nanotechnologie, technologie informacyjno-komunikacyjne w projekcie LORIS Wizja. Regionalny foresight technologiczny

ŹRÓDŁO: M. Zalewski (red.), *Perspektywy zrównoważonego rozwoju regionu łódzkiego: szanse i zagrożenia*, SWSPiZ, Łódź 2008, s. 39.

Jedną z istotniejszych realizacji polskich projektów foresightowych w zakresie mapowania technologii – w opinii autorki – stanowił projekt *Zaawansowane technologie przemysłowe i ekologiczne dla zrównoważonego rozwoju kraju*. W ramach realizacji

³⁴⁸ M. Zalewski (red.), *Perspektywy zrównoważonego rozwoju regionu łódzkiego: szanse i zagrożenia*, SWSPiZ, Łódź 2008, s. 37–43.

inicjatywy podjęto się zarówno działań prowadzących do zdiagnozowania bieżącego stanu technologii, jak również przyjęto postępowanie spójne z ideą metodyki *technology roadmapping*, popularyzowanej między innymi przez R. Phaala³⁴⁹.

Pomimo błędnego założenia terminologicznego*, jaki w osądzie autorki popełnili realizatorzy tłumacząc nazwę *technology roadmapping* jako metodę tworzenia map technologii³⁵⁰, to zarówno postępowanie przeprowadzone w ramach realizacji metody *technology roadmapping*, jak i te zmierzające do diagnozy bieżącego stanu technologii, w ramach których dopatrywać się można spójności z przyjętą w pracy ideą mapowania technologii, ocenić można na wysokim poziomie. Meritum działań diagnostycznych w zakresie technologii oparto na sporządzeniu charakterystyk technologii wyróżnionych w trakcie prac projektowych. Przedmiotem projektu było pięć obszarów: specjalizowana aparatura badawcza i testowa; technologie mechatroniczne i systemy sterowania do wspomagania, procesów wytwarzania i eksploatacji; zaawansowane technologie materiałowe i nanotechnologie oraz systemy techniczne wspomagające ich projektowanie i aplikację; technologie proekologiczne, racjonalizacja zużycia surowców i zasobów oraz odnawialne źródła energii; technologie bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego. Były to obszary tematycznie związane z technicznym wspomaganiem zrównoważonego rozwoju, które identyfikowano poprzez konfrontację priorytetów opisanych w krajowych programach i dokumentach strategicznych, a także priorytetów wskazanych w *Narodowym Programie Foresight „Polska 2020”*. Analizując stan wiedzy w ramach obszarów, obejmujący osiągnięcia poznawcze wiodących światowych, europejskich i krajowych ośrodków naukowych i osiągnięcia technologiczne umożliwiające wygenerowanie innowacji przygotowanych do wdrożenia lub zastosowania w przemyśle, dokonano wyboru przyszłościowych kierunków badań. Wybór wsparty został ponadto wiedzą zebraną od zewnętrznych ekspertów. Wyróżnione w ramach obszarów technologie zostały zakwalifikowane do jednej spośród dwóch grup: technologii przyrostowych oraz technologii wyłaniających się. Równocześnie przygotowane zostały formularze kart charakterystyk technologii, odrębne dla każdej z grup (w ramach prac ekspertów). Karty przekształcone w elektroniczne formularze zostały zamieszczone na portalu projektu. Zawarto w nich między innymi informacje o fazie rozwoju technologii, celu jej stosowania, obszarach obecnych i możliwych zastosowań, czy o wymaganiach kapitałowych, wymaganiach związanych z zatrudnieniem i potencjalnych efektach

³⁴⁹R. Phaal, C. J. P. Farrukh, D. R. Probert, *Technology roadmapping – A planning framework for evolution and revolution*, "Technological Forecasting and Social Change" 2004, t. 71, nr 1–2; R. Phaal, *Roadmapping for strategy and innovation. Aligning technology and markets in a dynamic world*, Centre for Technology Management, Institute for Manufacturing, University of Cambridge, Cambridge 2011. * Brak zasadności takiego tłumaczenia wykazywano w rozdziale 3.

³⁵⁰A. Rogut, B. Piasecki, *Metodyka foresightu*, [w:] *Metodologia foresightu technologicznego w obszarze zrównoważonego rozwoju*, praca zbiorowa, ITeE – PIB, Radom 2011, s. 20–23.

wykorzystania technologii³⁵¹. Stworzone karty wydają się być przydatnym narzędziem dostarczającym podstawowej wiedzy z zakresu danej technologii, a na uwagę zasługuje ich jednolita, syntetyczna forma cechująca się czytelnością oraz ułatwiająca ewentualne porównania technologii. Przyjęte postępowanie badawcze jest ponadto dobrze opisanym rozwiązaniem, możliwym do zaadaptowania w warunkach innej inicjatywy foresightowej.

Kolejny – istotny w kontekście pracy – projekt foresightowy to *Priorytetowe technologie dla zrównoważonego rozwoju województwa podkarpackiego*. Jest to jedna z licznych polskich inicjatyw foresightowych, w której poruszono kwestię zależności technologii. W przypadku tego projektu realizatorzy postanowili scharakteryzować zależności oceniając zgodność/niezgodność technologii. Przeprowadzona ocena dotyczyła relacji pomiędzy technologiami sklasyfikowanymi w projekcie jako wiodące. Relacja mogła przyjąć charakter niekorzystnej zależności – technologie ograniczają lub uniemożliwiają wzajemne wykorzystanie bądź też pozostać wskazaniem co do możliwości współistnienia technologii. Oceny dokonano bazując na odpowiedziach ekspertów, które przyczyniły się również do zainicjowania dyskusji o działaniach zapobiegawczych w kwestii ewentualnie pojawiających się barier rozwoju technologii³⁵². W projekcie zwrócono uwagę na istotny aspekt ewentualnie istniejących relacji technologii w kontekście możliwości wpływania na wzajemny rozwój. Niestety wizualizacja zebranych danych nie została przeprowadzona, a formą prezentacji zebranej wiedzy, były macierz uśrednionych ocen eksperckich oraz wykaz technologii warunkujących rozwój pozostałych z branży.

Innym projektem, podejmujących aspekt wzajemnych relacji technologii był projekt *Żywność i żywienie w XXI wieku – wizja rozwoju polskiego sektora spożywczego*. W ramach realizacji inicjatywy wskazano technologie krytyczne, a następnie w ramach prac nad badaniem delfickim, jak i tworzeniem scenariuszy dokonano weryfikacji pierwotnie powstałej listy, oceniono prawdopodobny okres ich wdrożenia, ich poziom technologiczny, a także występujące pomiędzy nimi powiązania. Oceniono również pozycję konkurencyjną technologii odnosząc się do stanu aktualnego, pożądanego i przewidywanego³⁵³. Do analizy zależności i wpływu technologii wykorzystano uproszczoną metodę analizy wpływów krzyżowych, przyjmując skalę binarną, gdzie 0 oznaczało brak powiązania (określanego przez realizatorów

³⁵¹ A. Mazurkiewicz, A. Sacio-Szymańska, *Aplikacja metodyki foresight na potrzeby rozwoju przyszłościowych technologii przemysłowych i ekologicznych. Opracowanie mapy kierunków prac badawczo-rozwojowych*, [w:] *Metodologia foresightu technologicznego w obszarze zrównoważonego rozwoju*, praca zbiorowa, ITeE – PIB, Radom 2011, s. 37–59.

³⁵² L. Woźniak (red.), *Końcowy raport z badań FORESIGHT Priorytetowe technologie dla zrównoważonego rozwoju województwa podkarpackiego*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2008.

³⁵³ L. Michalczuk (red.), *Żywność i żywienie w XXI wieku. Scenariusze rozwoju polskiego sektora rolno-spożywczego*, Społeczna Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania w Łodzi, Łódź 2011, s. 10.

jako „wpływ, efekt, rezultat”³⁵⁴) pomiędzy parą technologii, a 1 istnienie takiego powiązania. Analogicznie do metodyki technologii kluczowych, wyznaczono wskaźniki niosące informacje o sile wpływu i zależności danej technologii. Na tej podstawie wskazano technologie dominujące (o wysokim wpływie na wiele innych technologii oraz równoczesny niski poziom zależności od pozostałych), przekąźnikowe (wysoki wpływ oraz zależność w stosunku do pozostałych technologii), regulujące (wpływ oraz zależność od innych analizowanych technologii na poziomie średnim lub niskim), zdominowane (niski poziom wpływu na technologie, ale wysoki stopień zależności od nich) oraz autonomiczne (niski zarówno wpływ jak i zależność w relacji do pozostałych technologii)³⁵⁵. Wyniki oceny powiązań pomiędzy technologiami zaprezentowano w formie macierzy wzajemnych powiązań, tabeli podsumowującej wpływy i zależności wraz z klasyfikacją technologii do jednego z typów, a także drzewa powiązań pomiędzy technologiami. Przygotowano także tabele, na których zaprezentowano wyniki oceny gotowości technologicznej poszczególnych technologii wskazując nie tylko bieżący poziom rozwoju, ale też, jak wspomniano, pożądaný i przewidywany. Sporządzone tabele otrzymały ze strony realizatorów badania nazwę mapy pozycjonowania technologii. Analizowana inicjatywa jest istotna z perspektywy mapowania technologii głównie z uwagi na przygotowane drzewa powiązań pomiędzy technologiami, których konstrukcja zwróciła uwagę na ważny aspekt możliwości występowania relacji pomiędzy technologiami.

Projektem istotnym w kontekście mapowania technologii była w opinii autorki także inicjatywa *Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020*. Wyodrębniono tu kilka działań, które można uznać za spójne z przyjętą w publikacji ideą mapowania technologii, takich jak konstrukcja map wiedzy regionu, fiszki technologii, a także mapa powiązań pomiędzy technologiami. Problemem, jaki podejmował projekt było optymalne zaprogramowanie najbardziej obiecujących kierunków nauczania, prowadzenia badań naukowych oraz polityki regionalnej, które ponadto będą spójne z prognozowanym rozwojem kluczowych technologii przyszłości. Prace obejmowały przygotowanie bazy technologii, która wyjściowo powstała na podstawie raportu *The Global Technology Revolution 2020. In-Depth Analyses Bio/Nano/Materials/Information Trends, Drivers, Barriers and Social Implications*, opracowanego w 2006 roku przez firmę RAND Corporation. W raporcie wyodrębniono 56 technologii kluczowych z uwagi na globalne perspektywy wdrożenia, komercyjnych technologii. Powstałą listę uzupełniono o wyniki badań ankietowych *Badanie potencjału technologicznego województwa w zakresie zdolności podmiotów województwa małopolskiego do tworzenia i absorpcji rozwiązań technologicznych i komercjalizacji ich na rynkach światowych*. Następnie wybrano 20 technologii, które sklasyfikowano jako możliwe do wdrożenia na terenie województwa małopolskiego do 2020 roku. Technologie przyszłości, jak je określono, wytypowane przez Komitet Sterujący zostały poddane dalszej analizie, co umożliwiło przygotowanie

³⁵⁴Ibidem, s. 14.

³⁵⁵Ibidem, s. 15.

raportu opisowego dla każdego z 20 zastosowań technologii przyszłości, w aspekcie wybranych kryteriów. Narzędziem wykorzystanym do uporządkowania wiedzy o technologiach były fiszki technologii, analogiczne do konstruowanych w innych projektach foresightowych kart technologii. Dla każdej z technologii wskazano: nazwę jej zastosowania; definicję wraz z opisem aplikacji technologicznej w postaci produktów bądź usług końcowych; obszary aplikacji uwzględniające zakres zastosowania (a więc opis funkcjonalności, obszarów geograficznych, segmentów rynkowych) oraz obszary aplikacji przy uwzględnieniu znaczenia technologii dla województwa małopolskiego. Ostatecznie zakładano wybór 10 technologii przyszłości, możliwych technicznie do wdrożenia i wykorzystania w województwie małopolskim do 2020 roku. W ramach realizacji projektu, równoległe do opisanych prac, dokonano analizy potencjału technologicznego lokowanego w klastrach i centrach wiedzy województwa małopolskiego. Opracowano mapę wiedzy województwa, powstałą na bazie danych o potencjale naukowo-badawczym regionu. Potencjał określony został na podstawie analizy publikacji, wydanych w latach 2006–2008, dostarczonych przez wiodące ośrodki naukowe województwa, a więc centra transferu technologii kluczowych uczelni regionalnych: Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki, Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica oraz Uniwersytetu Jagiellońskiego. Prace poddane analizie były opracowaniami o charakterze teoretyczno-analitycznym bądź naukowo-badawczym z naciskiem na wdrożeniowość. Dokonano interesującej analizy graficznej bazującej na współwystępowaniu kluczowych słów charakteryzujących analizowane dokumenty. Dzięki przeprowadzonym działaniom oraz dokonanej wizualizacji zidentyfikowano klastry wiedzy regionu, rozumiane jako jego silne strony. Na tym etapie projektu powstało 250 różnych map (jedna z nich została zaprezentowana przykładowo na rysunku 4.7). Wizualizacje, które powstały w ramach realizacji projektu umożliwiły wskazanie obszarów cechujących się dużym potencjałem wiedzy technologicznej oraz możliwością zawiązywania zespołów, konsorcjów badawczo-wdrożeniowych oraz platform technologicznych. Poprzez tak przeprowadzenie postępowanie badawcze skonfrontowano potencjał wiedzy województwa z 20 zidentyfikowanymi technologiami przyszłości, co wsparło także dalsze prace zespołu projektu³⁵⁶.

³⁵⁶Raport *FORESIGHT. Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020. Mapy wiedzy dla Regionu Małopolski w Polsce*, Krakowski Park Technologiczny, Kraków 2009; J. Jedliński, J. Kazior, S. Kosieliński, P. Przewięźlikowski, K. Zieliński, *IDENTYFIKACJA TECHNOLOGII PRZYSZŁOŚCI. Analiza wstępna 56 perspektywicznych technologii na podstawie Raportu RAND Corporation 23 października 2009 r.*, [online], dostęp zdalny: foresight.kpt.krakow.pl/files/common/pdf/raporty/nowa%20wersja%20RAPORT%20Identyfikacja%20technologii%20przyszlosci.pdf, [data wejścia 20.09.2012]; Raport *FORESIGHT. Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020. Raport strategiczny 20 technologii*, Kraków 2010, [online], dostęp zdalny: foresight.kpt.krakow.pl/files/common/pdf/raporty/Raport%20strategiczny%2020%20technologii.pdf, [data wejścia 20.09.2012].

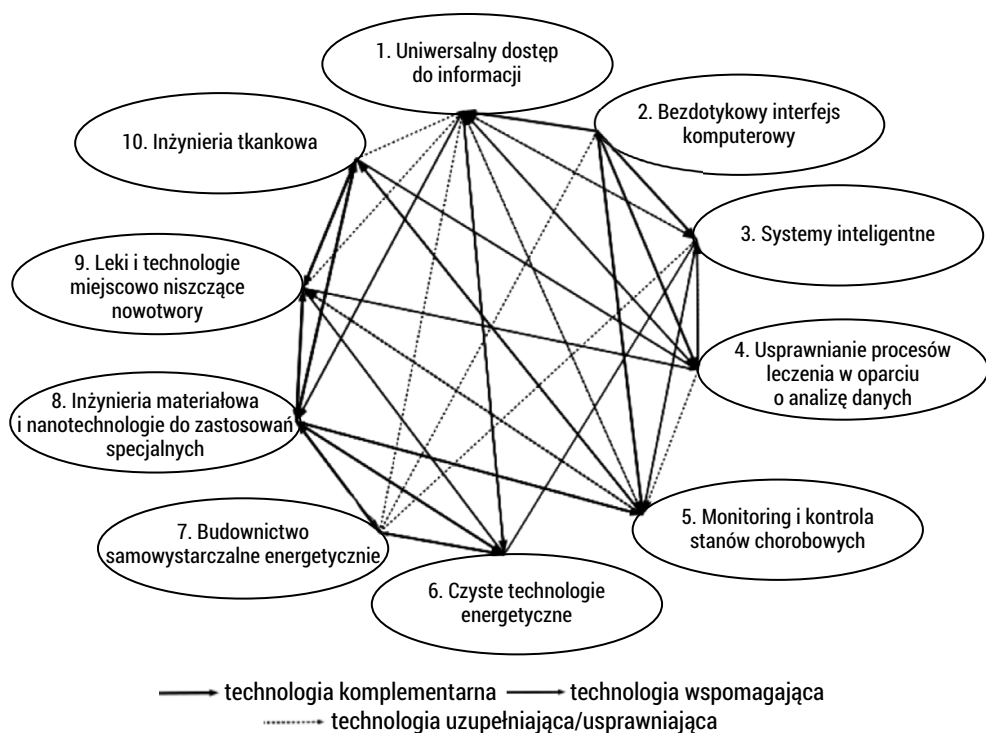


RYSUNEK 4.7. Przykładowa mapa wiedzy województwa małopolskiego przygotowana w ramach realizacji projektu Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020

ŹRÓDŁO: Raport *FORESIGHT. Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020. Mapy wiedzy dla Regionu Małopolski w Polsce*, Krakowski Park Technologiczny, Kraków 2009, s. 17.

Wartymi zauważenia w przyjętej metodyce projektu były również działania podjęte w ramach końcowych eksperckich prac warsztatowych obejmujące identyfikację zależności pomiędzy 10 technologiami przyszłości. Choć wprowadzone tu określenia nie w każdym z przypadków można nazwać technologiami w rozumieniu istoty tego pojęcia, to jednak sam sposób prezentacji powiązań pomiędzy poszczególnymi obszarami był w opinii autorki interesujący. Powstała w wyniku oceny eksperckiej mapę powiązań pomiędzy technologiami (obszarami) zaprezentowano na rysunku 4.8. Technologie (obszary) sklasyfikowano jako komplementarne (a więc ściśle ze sobą powiązane, uzupełniające się wzajemnie i tworzące efekt synergii), wspomagające (technologie/obszary pełniące rolę wspierającą, dostarczające metod, technik i narzędzi umożliwiających realizację przyjętych celów) bądź uzupełniające/usprawniające realizację procesów innej technologii/obszaru³⁵⁷.

³⁵⁷ K. Woźniak, P. Markiewicz, *Raport w ramach projektu „Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020”*, Kraków 2010 [online], dostęp zdalny: foresight.kpt.krakow.pl/files/common/pdf/raporty/Raport%2010%20technologii.pdf, [data wejścia 20.09.2012].



RYSUNEK 4.8. Mapa powiązań 10 technologii (obszarów) przyszłości zidentyfikowanych w projekcie Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020

ŹRÓDŁO: K. Woźniak, P. Markiewicz, *Raport w ramach projektu „Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020”*, Kraków 2010, s. 60, [online], dostęp zdalny: foresight.kpt.krakow.pl/files/common/PDF/raporty/Raport%2010%20technologii.pdf, [data wejścia 20.09.2012].

Mapowanie wiedzy o technologiach w ramach projektu realizowanego w Krakowie przeprowadził A. M. Pawlak przy wykorzystaniu autorskiego rozwiązania wspartego narzędziem informatycznym. Autor w przygotowanym raporcie odniósł się do samego pojęcia mapowania technologii wskazując, że należy je rozumieć jako technikę oprogramowania bazującą na klastrowaniu słów (łączeniu w grupy) oraz ich przetworzeniu na postać graficzną w celu dokonania szybkiej analizy dokumentów. Podstawą map według prezentowanego ujęcia mogą być słowa kluczowe, tytuły i streszczenia czy pełny tekst dokumentów. Dokumenty stanowiące dane wejściowe dla procesu mapowania według autora determinują charakter powstałej mapy. W wypadku patentów powstaną mapy własności intelektualnej, które traktować można jako mapy klastrów technologii; w wypadku dokumentów opisujących zasoby naturalne, materiałowe, ludzkie bądź finansowe uzyskać można mapy zasobów; z kolei w wypadku prac naukowych możliwe jest przygotowanie map wiedzy. W wypadku projektu krakowskiego skupiono się na mapach wiedzy, podkreślając równocześnie, iż nie stanowią one map technologii,

a są jedynie elementem procesu mapowania technologii³⁵⁸. Dostępne są również inne prace A. M. Pawlaka z zakresu opisanego ujęcia techniki mapowania prezentujące podejście do konstrukcji map wiedzy, zasobów i technologii regionu³⁵⁹ oraz przykład zastosowania tego podejścia w obszarze nanotechnologii³⁶⁰. Prezentowane tam rozwiązania, o ile inspirujące i ciekawe, to jednak cechują się niską powtarzalnością z uwagi na wykorzystane oprogramowanie.

Analizując w aspekcie mapowania technologii pozostałe polskie projekty foresightowe, można wysnuć wniosek o dość wysokiej popularności obszernych opisów wyróżnianych w danej inicjatywie technologii bądź to wyjściowego ich zbioru bądź też tych uznanych za kluczowe/priorytetowe dla rozwoju kraju/regionu/branży. Przykładem może być tu projekt *Kierunki rozwoju technologii materiałowych na potrzeby klastra lotniczego „Dolina Lotnicza”*, gdzie jednym z działań podjętych przez realizatorów było opisowe wskazanie aktualnego stanu wiodących technologii z przedsiębiorstw klastra lotniczego porównując je z kluczowymi rozwiązaniami ze świata³⁶¹. W innym z projektów – *System monitorowania i scenariusze rozwoju technologii medycznych w Polsce* – jednym z efektów był obszerny tekstowy opis stanu sektora technologii medycznych w Polsce. Opis uzupełniono zbiorczymi tabelami oraz wykresami zwracając uwagę na takie kwestie, jak: potencjał kadrowy polskich placówek naukowych z dziedziny inżynierii biomedycznej, liczba i ogólny zakres publikacji oraz patentów, zakończone projekty badawcze, projekty przygotowane bądź gotowe do wdrożenia, wdrożone projekty badawcze, producenci wyrobów medycznych i ich asortyment, czy priorytety edukacyjne z zakresu inżynierii biomedycznej. Posłużono się przeglądem literatury oraz ankietami i pracami tematycznymi³⁶². Szeroki opis tekstowy uzupełniony tabelarycznymi zestawieniami, schematami to domena projektu *Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny*. Inicjatywa dotyczyła technologii produktów nieorganicznych generujących główne odpady oraz technologii odzysku i unieszkodliwiania odpadów nieorganicznych na tle stanu gospodarki odpadami nieorganicznymi. Charakterystykę technologii w ujęciu ogólnym, a także stanu technologicznego uzupełniono przeglądem literatury z zakresu trendów rozwoju technologii³⁶³. Inny projekt, gdzie posłużono się formą obszernego opisu tekstowego technologii to *Scenariusze rozwoju technologicznego kompleksu paliwowo-energetycznego dla zapewnienia bezpieczeństwa*

³⁵⁸ Raport FORESIGHT. *Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020. Mapy wiedzy dla Regionu Małopolski w Polsce...*, s. 4–7, 34.

³⁵⁹ A. M. Pawlak, *Niszowe kierunki rozwoju regionów Polski...*

³⁶⁰ Ibidem, *Wartość klastrów technologii...*

³⁶¹ Raport końcowy z realizacji projektu *Kierunki rozwojowe technologii materiałowych na potrzeby klastra lotniczego „Dolina Lotnicza”*.

³⁶² J. M. Wójcicki (red.), P. Ładyżyński (red.), *System monitorowania i scenariusze rozwoju technologii medycznych w Polsce*, Konsorcjum ROTMED, Warszawa 2008.

³⁶³ B. Cichy (red.), *Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – Foresight technologiczny*, Gliwice-Warszawa-Kraków 2012, [online], dostęp zdalny: www.inorganicwaste.eu/dokumenty/Foresight-raport-koncowy.pdf, [data wejścia 20.09.2012].

energetycznego kraju. Analizowano technologie związane z gospodarką energetyczną. Warto w przypadku tej inicjatywy wyróżnić realizatorów za próbę ujednolicenia przygotowywanych charakterystyk technologii i wyodrębnienie spójnych elementów, jak opis technologii, cechy charakterystyczne technologii, schemat próbki węgla w przypadku technologii związanych z jego przygotowaniem, produkty finalne, skala i przykład zastosowań, efektywność, techniki spalania finalnych produktów, a także wnioski z analizy³⁶⁴. Diagnoza istniejącego stanu rozumiana jako inwentaryzacja tematyki badawczej jednostek naukowo-badawczych z regionu oraz technologii rozwijanych w tych jednostkach, wykorzystywanych jednocześnie w zakładach Dolnego Śląska to działania podjęte w pierwszym etapie prac w projekcie *Identyfikacja potencjału i zasobów Dolnego Śląska w obszarze nauka i technologie na rzecz poprawy jakości życia (Quality of Life) oraz wytyczenie przyszłych kierunków rozwoju. Badania metodami foresightu*³⁶⁵. W inicjatywie *Scenariusze i trendy rozwojowe wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego do roku 2025* pierwszy etap prac dotyczący stanu wiedzy i technologii to między innymi wskazana przez realizatorów potrzeba dokonania analizy literatury i analizy patentów dotyczących aktualnego stanu wiedzy w zakresie technologii społeczeństwa informacyjnego³⁶⁶.

4.3. Rekomendacje w zakresie metodyki mapowania technologii na potrzeby badań foresightowych

Analizując literaturę światową opisującą badania związane z ideą mapowania technologii, autorka pracy natrafiła na wiele źródeł, które głównie we fragmentach prowadzonych prac badawczych podejmowały interesujący ją aspekt analizy bieżącego stanu technologii. Pozostałe, na jakie natrafiono w ocenie autorki nie wносиły nowych treści do wyciągniętych na bazie opisanych źródeł wniosków.

Należy zauważyć, że w wielu przeanalizowanych pracach zwracano szczególną uwagę na kwestie takie, jak przydatność analiz bibliometrycznych, zwłaszcza z zakresu analizy patentów, istotę odniesienia do wiedzy eksperckiej, wagę wyodrębnienia etapu statycznej analizy bieżących kompetencji technologicznych, a więc

³⁶⁴ K. Czaplicka-Kolarz (red.), *Scenariusze rozwoju technologicznego kompleksu paliwowo-energetycznego dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju. Część 1. Studium gospodarki paliwami i energią dla celów opracowania foresightu energetycznego dla Polski na lata 2005–2030*, GIG, Katowice 2007.

³⁶⁵ J. Hanuza (red.), E. Cibis (red.), T. Miśkiewicz (red.), P. Ziółkowski (red.), *Identyfikacja potencjału i zasobów Dolnego Śląska w obszarze nauka i technologie na rzecz poprawy jakości życia (Quality of Life) oraz wytyczenie przyszłych kierunków rozwoju badania metodami foresight*, [online], dostęp zdalny: www.qol.ue.wroc.pl/pl/_/65/identyfikacja_potencjalu...jerzy_hanuza_m.pdf, [data wejścia 20.09.2012].

³⁶⁶ *Scenariusze i trendy rozwojowe wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego do roku 2025* [online], dostęp zdalny: www.it.foresight.pl, [data wejścia 20.09.2012].

diagnozy technologii i elementów z nią związanych, poprzedzającego prace nad analizą perspektyw rozwoju technologicznego. Często prace wyjściowe mające na celu określenie punktu startowego analizy rozwoju technologii uzupełniane bądź wręcz oparte były na zdefiniowaniu poziomu jej obecnego rozwoju wedle przyjętej z góry skali (szczególnie w wypadku badań o charakterze foresightowym). Podkreślano również konieczność zwrócenia uwagi na otoczenie związane z technologią, szczególnie na związane z jej rozwijaniem i tworzeniem jednostki czy to badawcze czy też przemysłowe, a także aspekt ich współpracy obecnej i potencjalnej. Istotną kwestią było również zwrócenie uwagi na fakt, aby przeprowadzone analizy dotyczące technologii dostarczały możliwie obszernej wiedzy, tak aby odbiorcy mogli sami dokonywać selekcji ważności otrzymanych informacji i ich interpretacji.

Ponadto, istotne również wydaje się zauważenie, że określenie mapowanie (*mapping*) niekoniecznie w kontekście technologii, odnoszono do monitorowania trwających działań, kompilacji posiadanej wiedzy, czy ewentualnej klasyfikacji przedmiotu badania, często wspomagane narzędziami wizualnej prezentacji danych, tak by ułatwić odbiorcy orientację w często obszernych wynikach prac.

Analizując polskie badania foresightowe zauważono, że realizatorzy tych badań podejmowali się licznie działań spójnych z ideą mapowania technologii. Mimo to nie możliwe okazało się wskazanie jasnego schematu postępowania badawczego w analizowanym zakresie co skutkowało wyróżnieniem na tym etapie jedynie dobrych praktyk, a nie ogólnie przyjętej metodyki mapowania technologii. Zakres prowadzonych w Polsce prac był dość zróżnicowany, choć można wyszczególnić także pewne elementy powtarzające się. Elementy oceny technologii zidentyfikowane w ramach prac obejmują:

- analiza potencjału poszczególnych województw w zakresie analizowanych technologii w formie opisu oraz wykazów (na podstawie opinii ekspertów, analizy literatury oraz wywiadów), oszacowanie poziomu wzajemnego oddziaływania poszczególnych technologii oraz interakcji pomiędzy grupami technologii z obszaru względem pozostałych obszarów (wyniki w formie macierzy);
- analiza publikacji i patentów w wybranych dziedzinach;
- analiza bieżącego stanu technologii (na podstawie ekspertyz), atlas klastrów technologicznych;
- diagnoza stanu i uwarunkowań wdrażania technologii w badanym obszarze, badanie ankietowe oraz analiza potrzeb przedsiębiorczości (na podstawie listy kluczowych czynników i mapy innowacji);
- przegląd technologiczny (analizy dostępnych baz danych, publikacji oraz periodyków naukowych i przemysłowych, raportów z konferencji);
- karty technologii, ekspercka analiza innowacyjności technologii;
- baza danych gromadząca dane o technologiach w postaci opisowych kart;
- inwentaryzacja istniejących zasobów wiedzy, profil technologiczny regionu, w kontekście obszarów technologii priorytetowych przeprowadzono także analizę sieci (*network analysis*);

- opisy wyróżnionych grup technologii i technologii indywidualnych oraz identyfikacja sieci powiązań technologii w ramach danego obszaru i powiązań z technologiami z innych obszarów;
- mapy wiedzy regionu, fiszki technologii oraz mapa powiązań pomiędzy technologiami;
- charakterystyka zależności technologii;
- przegląd stosowanych technologii (na podstawie studiów literaturowych, prac własnych, wywiadów z przedstawicielami przedsiębiorstw branżowych oraz zewnętrznych ekspertów), karty opisu technologii, baza danych o technologiach;
- karty technologii (w formie tabelarycznej, uzupełnione na podstawie dostępnych publikacji naukowych, przemysłowych, materiałów konferencyjnych);
- analiza kierunków technologicznych (na podstawie tematów projektów badawczych oraz rozwojowych złożonych w wybranych konkursach oraz preferencji tematycznych zebranych podczas zorganizowanej w ramach projektu konferencji), ankieta dotycząca: materiału, możliwego do wykonania wyrobu oraz zespołów badawczych zajmujących się technologiami;
- analiza technologii (zebranie opinii ekspertów dotyczących stanu zaawansowania i szans oraz priorytetowości rozwoju technologii), wykorzystanie wykresów radarowych do porównania technologii;
- jednolite karty charakterystyk technologii, baza wiedzy o technologiach umieszczona na stronie internetowej;
- identyfikacja klastrów tworzonych przez technologie;
- ocena zależności technologii (macierz zależności, drzewo powiązań pomiędzy technologiami – uwzględniające wpływy i zależności technologii).

W wyniku przeprowadzonych studiów wyodrębniono także elementy, które – zgodne z logiką metody – stanowić mogą atrybuty najlepszej praktyki. Są to: jednolite, ułatwiające porównanie technologii – karty/charakterystyki/fiszki technologii; zebranie wiedzy o technologiach w bazie technologii; analiza zależności pomiędzy technologiami/określenie powiązań; mapy wiedzy o technologii oraz mapy technologii. Wartym zauważenia jest również, że określając bieżący stan technologii realizatorzy polskich projektów foresightowych opierali się często na obszernych opisach tekstowych technologii, nie zawsze spójnych pod względem rozkładu treści i poruszanych zagadnień związanych z technologią. Często przeprowadzano analizę SWOT i/lub STEEP w nawiązaniu do uwarunkowań rozwoju technologii. W większości przypadków przeprowadzane diagnozy nie uwzględniały niestety analizy powiązań oraz wzajemnego wpływu technologii bądź relacji elementów z ich otoczenia, szczególnie w aspekcie jednostek rozwijających dane technologie, na co zwraca się uwagę w literaturze zagranicznej związanej z analizą technologii³⁶⁷.

³⁶⁷ A. Gudanowska, *Technology mapping in foresight studies as a tool of technology management. Polish experience ...*, s. 68; A. Kononiuk (red.), A. Gudanowska (red.), *Kierunki rozwoju nanotechnologii...*, s. 14.

Porównując przeanalizowane doświadczenia polskie i światowe widoczne jest, że w przypadku zagranicznych doświadczeń większą wagę przykładano do aspektu wizualizacji danych, a relacje pomiędzy technologiami odzwierciedlano często w formie sieci. Różnicą było również ewidentne wyodrębnienie mapowania jako istotnego etapu diagnozującego bieżący stan technologii w przypadku realizacji zagranicznych, podczas gdy w przypadku projektów realizowanych w Polsce często aspekt ten choć podejmowany, był traktowany raczej pobocznie. Wszystkie przeanalizowane doświadczenia wskazywały na wagę zaangażowania ekspertów dziedzinowych w przypadku analizy technologii oraz w mniejszym bądź większym stopniu uwzględniały kwestię otoczenia związanego z technologią³⁶⁸.

Analiza przeprowadzona przez autorkę rozprawy, dotycząca zarówno zagranicznych inicjatyw badawczych, jak też polskiej praktyki foresightowej pozwala na wyciągnięcie pewnych wniosków oraz rekomendacji w aspekcie dalszego rozwoju metodyki mapowania technologii. Wnioski obejmują następujące spostrzeżenia:

- rozpoznanie bieżącego stanu technologii, przedstawianych jako potencjalne osie rozwoju danego obszaru/jednostki to istotny i wręcz niezbędny etap poprzedzający wszelkie predykcje technologiczne, zwłaszcza w aspekcie badań foresightowych często skupiających uwagę realizatorów właśnie na wyodrębnieniu kluczowych obszarów technologicznych;
- obecnie brak jest w dostępnej literaturze jednoznacznej definicji mapowania technologii, a także ogólnie przyjętej metodyki postępowania podczas jej realizacji;
- zagraniczne publikacje pozwalają na zidentyfikowanie mapowania technologii wśród dostępnych metod badawczych, podkreślają znaczenie metody oraz zainteresowanie tematyką ze strony środowiska badaczy, jednak również nie dostarczają jednoznacznych wskazówek realizacji metody;
- dotychczas zgromadzone zbiory wiedzy o technologiach stanowią opracowania wartościowe poznawczo, jednak często niespójne pod względem przyjętej formy prezentacji (szczególnie w aspekcie polskich doświadczeń), co znacznie utrudnia porównanie technologii i wymaga szczegółowej lektury obszernych opracowań dla wyciągnięcia jakichkolwiek wniosków;
- prowadzone na świecie badania wskazują, że możliwe jest zaadaptowanie doświadczeń z zakresu analizy sieci społecznych do analizy sieci technologicznych, również w aspekcie wykorzystywanych w obszarze SNA narzędzi programistycznych.

W aspekcie rekomendacji dotyczących dalszego rozwoju metodyki mapowania technologii można wymienić:

- etap diagnozy bieżącego stanu technologii powinien dostarczać możliwie szerokiej wiedzy, jednak zaprezentowanej w usystematyzowanej, ułatwiającej jej odbiór formie, przy wykorzystaniu również graficznych form prezentacji danych;

³⁶⁸ A. Gudanowska, *Mapowanie technologii jako jedna z metod analizy technologii w świetle wybranych zagranicznych doświadczeń ...*, s. 276.

- mapowanie technologii powinno obejmować przegląd stanu wiedzy dotyczącej technologii, obejmujący analizę zasobów technologii na danym obszarze, związanych z nią patentów oraz publikacji;
- w ramach realizacji mapowania technologii należy sporządzić jednolite karty charakteryzujące dane technologie, umożliwiające porównanie zebranych danych;
- karty technologii powinny być przygotowane na bazie wiedzy ekspertów dziedzinowych, uzupełnione przeglądem dostępnej literatury;
- zalecane jest przygotowanie bazy wiedzy odnoszącej się do technologii (uwzględniającej formę opisów, zestawień tabelarycznych, ale także wizualizacje określonych charakterystyk technologii a także dbałość o jej aktualizację, tak by stanowiła narzędzie użyteczne również z upływem czasu;
- wartościowe jest dokonanie analizy ewentualnych relacji pomiędzy technologiami oraz elementami z ich otoczenia (szczególnie w aspekcie jednostek rozwijających technologie) oraz przygotowanie wizualizacji na podstawie uzyskanych wyników;
- przygotowanie sieci relacji technologii i elementów z jej otoczenia powinno opierać się na wiedzy eksperckiej zarówno w formie bezpośredniej opinii ekspertów o istnieniu i sile relacji pomiędzy technologiami, jak i na wiedzy przetworzonej przez zespół badawczy czerpiący z informacji o technologiach zgromadzonych na kartach technologii.

Powyższe wnioski oraz rekomendacje przyczyniły się do opracowania autorskiej metodyki mapowania technologii zaprezentowanej w rozdziale 5 niniejszej publikacji.

4.4. Pilotażowa adaptacja metodyki mapowania technologii w projekcie foresightu technologicznego

Jeden z projektów foresightowych postanowiono wyróżnić oraz dokonać w jego kontekście szerszego opisu. Był to projekt *Foresight technologiczny „NT FOR Podlaskie 2020” Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii* finansowany ze środków Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, Priorytet I. Badania i rozwój nowoczesnych technologii, Działanie 1.1. Wsparcie badań naukowych dla budowy gospodarki opartej na wiedzy, Poddziałanie 1.1.1. Projekty badawcze z wykorzystaniem metody foresight. Jego beneficjentem była Politechnika Białostocka, zaś instytucją wdrażającą Ośrodek Przetwarzania Informacji. Z uwagi na udział autorki publikacji w kluczowym zespole badawczym realizującym projekt możliwe było wdrożenie autorskich założeń metodyki mapowania technologii w inicjatywie foresightowej oraz przeprowadzenie ich weryfikacji, co z kolei pozwoliło udoskonalić i opracować finalną wersję realizacji metodyki.

Realizatorzy za cel realizacji projektu przyjęli określenie strategicznych kierunków rozwoju województwa podlaskiego opartych na paradygmacie skokowego wzrostu produktywności, wynikającego z opanowania i wdrożenia innowacyjnych

procesów produkcyjnych i przetwórczych wykorzystujących osiągnięcia nanotechnologii³⁶⁹. Prace w opisywanym projekcie przebiegały w podziale na panele metodyczne oraz panele obszarów badawczych. Jednym z paneli metodycznych był panel mapowania technologii i kluczowych technologii (PMTiKT). Metoda mapowania technologii uzupełniała prace prowadzone w zakresie wyboru technologii kluczowych, dostarczając również danych wejściowych dla prac w innym z paneli metodycznych, z zakresu tworzenia scenariuszy i marszrut rozwoju technologii³⁷⁰, a także przygotowania finalnej strategii rozwoju województwa. Miejsce mapowania technologii w metodyce badawczej projektu przedstawiono schematycznie na rysunku 4.9.



RYSUNEK 4.9. Mapowanie technologii w metodyce badawczej projektu Foresight technologiczny „NT FOR Podlaskie 2020” Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii

ŹRÓDŁO: J. Nazarko (red.), Z. Kędzior (red.), *Uwarunkowania rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Wyniki analiz STEEPVL i SWOT*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2010, s. 8.

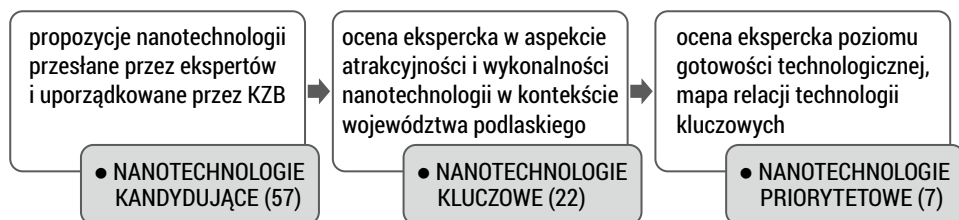
Prace w ramach PMTiKT zakładały wyodrębnienie nanotechnologii, które w najwyższym stopniu przyczynią się do społecznego i gospodarczego, zrównoważonego rozwoju województwa³⁷¹. Za definicję technologii przyjęto ujęcie zaprezentowane w pierwszym rozdziale niniejszej monografii, dla uproszczenia dokonano także założenia, że technologią będą określane również grupy technologii o podobnej charakterystyce i celu wykorzystania. Podczas prac, spośród wszystkich technologii zgłoszonych przez ekspertów dziedzinowych, określonych jako kandydujące, wyodrębniono dwa zasadnicze zbiory technologii: kluczowe oraz priorytetowe. Za technologie kluczowe

³⁶⁹ J. Nazarko (red.), J. Ejdyś (red.), *Metodologia i procedury badawcze w projekcie Foresight Technologiczny...*; J. Nazarko (red.), *Podlaska strategia rozwoju nanotechnologii do roku 2020*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2013; W. Łojkowski, U. Narkiewicz, *Studium foresightowe w zakresie nanotechnologii. Nanotechnologie, jako wyzwanie dla polskich firm, nauki oraz zarządzania nauką*, Warszawa 2011, s. 3.

³⁷⁰ J. Nazarko, J. Ejdyś, A. E. Gudanowska, K. Halicka, A. Kononiuk, A. Magruk, Ł. Nazarko, *Roadmapping in Regional Technology Foresight: A Contribution to Nanotechnology Development Strategy*, “IEEE Transactions on Engineering Management” 2020, s. 1–16.

³⁷¹ A. Kononiuk (red.), A. Gudanowska (red.), *Kierunki rozwoju nanotechnologii...*, s. 14.

w projekcie uznano te nanotechnologie, które w najwyższym stopniu przyczynią się do zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego województwa podlaskiego i powinny być rozwijane w perspektywie czasowej 2020 roku na tym terenie. Z kolei za priorytetowe uznano te, które należy z uwagi na ich poziom gotowości rozwijać w pierwszej kolejności. Wzięto również pod uwagę relacje zachodzące pomiędzy technologiami ustalone w procesie mapowania technologii. Proces zawężania poszczególnych zbiorów technologii przedstawiono na rysunku 4.10.



RYSUNEK 4.10. Proces zawężania zbiorów analizowanych technologii w projekcie Foresight technologiczny „NT FOR Podlaskie 2020” Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii

ŹRÓDŁO: A. Gudanowska, *Atrakcyjność i wykonalność nanotechnologii priorytetowych dla rozwoju województwa podlaskiego w świetle wyników badania foresightowego*, „Mechanik” 2014, nr 3, s. 224.

Mapowanie technologii wspomogło podejmowanie decyzji w procesie wyboru technologii priorytetowych, wykorzystano poziom gotowości technologicznej (*Technology Readiness Level* – TRL) oraz mapę relacji zachodzących pomiędzy technologiami odzwierciedlającymi ekspercką ocenę w zakresie siły wpływu jednej technologii na rozwój drugiej. Następnie mapowanie technologii przeprowadzono dla największego z analizowanych zbiorów technologii – nanotechnologii priorytetowych. Na tym etapie badań zadaniem mapowania było dostarczenie jak najobszerniejszej wiedzy o technologiach, które stały się propozycją nowego kierunku rozwoju regionu.

Jak wspomniano, jedyną wizualizacją odnoszącą się do szerszego zbioru technologii była mapa relacji technologii przygotowana dla technologii uznanych za kluczowe. Przedstawiała ona sieć technologii i pozwalała spojrzeć na możliwe do rozwoju w danym regionie nanotechnologie jako na całość oraz podkreślała czy i jak silnie rozwój jednej technologii oddziaływać będzie na inne możliwe do rozwijania w regionie zastosowania z tego samego obszaru badawczego. Węzłami powstałego grafu na mapie relacji technologii kluczowych stały się poszczególne nanotechnologie. Do określenia wielkości poszczególnych węzłów wykorzystano poziom gotowości technologicznej wyznaczony dla każdej z nanotechnologii kluczowych w poprzedzających pracach projektowych. Połączenia pomiędzy węzłami odzwierciedlały relacje intensyfikujące rozwój technologii. Przygotowano arkusz oceny relacji technologii, gdzie skalą oceny było sześć możliwych do wyboru wskazań wpływu stymulującego bądź destymulującego rozwój technologii (noty od –3 do –1 oraz od 1 do 3) jak i możliwość wskazania braku wpływu (nota 0). Skala odzwierciedlała zatem zarówno charakter relacji oraz jej siłę. Następnie wyznaczono cztery macierze relacji technologii (MRT – opisane

w rozdziale 5 publikacji) oraz cztery przypadki wizualizacji obejmujące: mapę relacji technologii opartą na nieprzetworzonych ocenach dominujących (uwzględniając wartości ujemne i dodatnie), mapę siły relacji technologii (dominanty wyznaczone z wartości bezwzględnych ocen jednostkowych), mapę relacji stymulujących (wartości ujemne zastąpiono wartością zero) oraz mapę wpływu destymulującego (zera zastąpiły w tym przypadku wartości dodatnie). Porównanie tych wizualizacji pozwoliło na wybór finalnej spośród nich, był to graf odzwierciedlający wpływy stymulujące wzajemny rozwój. O ostatecznej decyzji przesądziły dwa fakty. Większość określonych wpływów miała charakter stymulujący (w ponad 99% udzielonych wskazań eksperci odnieśli się właśnie do tego kierunku oddziaływań) oraz różnice w wizualizacjach były znikome. Mapą relacji technologii w przypadku opisywanego projektu stała się mapa relacji stymulujących (rysunek 4.11). Mapa relacji technologii przygotowana na bazie analizy technologii kluczowych oparta została o ocenę siły i kierunku wzajemnego wpływu par technologii. Powstała sieć była siecią skierowaną, a silne oddziaływanie stymulujące jednej technologii na drugą nie musiało być tożsame z relacją odwrotną. Kierunek oddziaływania wskazywał kierunek strzałki na grafie. Siła relacji z kolei odzwierciedlona została na grafie grubością połączenia.

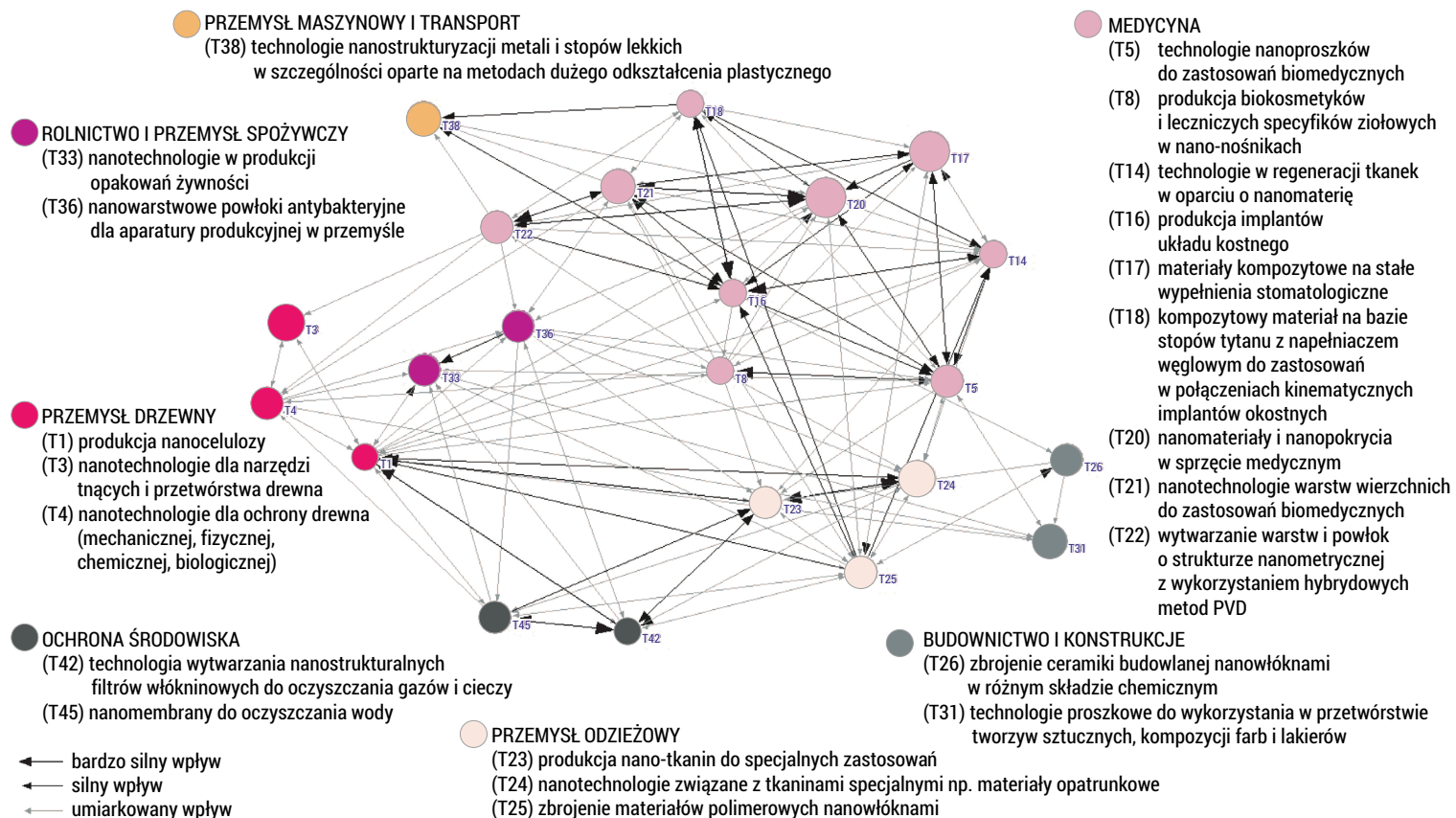
W przedstawionych na rysunku 4.11 relacjach pomiędzy nanotechnologiami kluczowymi dla województwa podlaskiego wskazać można silne, bardzo silne bądź umiarkowane powiązania. Analizując graf widocznym jest od razu, że żadna z technologii kluczowych nie została wykluczona z sieci. W opinii ekspertów technologicznych każda technologia z analizowanego zbioru połączona była relacją z inną. Można było także zauważyć, że najsilniejsze wpływy to przede wszystkim te występujące w obszarach. Przede wszystkim w obszarze medycyny, a następnie w obszarze ochrony środowiska i przemysłu odzieżowego. O ile relacje w ramach obszarów, choć interesujące w szczegółowym ujęciu, nie dziwią w kontekście ogólnie pojętej logiki, to zaskakujące było zidentyfikowanie również wpływów międzyobszarowych. W aspekcie tym wyróżnić można silny wpływ technologii z przemysłu odzieżowego oznaczonej T23, na technologię T1 przypisaną do przemysłu drzewnego. Taka sama sytuacja występuje w przypadku wpływu technologii sklasyfikowanej w obszarze ochrony środowiska i oznaczonej T42 ponownie na T1. Co interesujące – wedle ocen eksperckich – relacje odwrotne (T1|T42 i T1|T23), to już jedynie wpływ umiarkowany. Warto zauważyć, że wśród technologii kluczowych, a więc tych, które cechuje najwyższa atrakcyjność i możliwość wykonalności w warunkach województwa podlaskiego znalazła się jedna z technologii z obszaru przemysł maszynowy i transport, oznaczona jako T38. Pomimo braku w zestawieniu technologii kluczowych innych z tego obszaru, technologia T38 nie została wykluczona poza sieć. Co ciekawe, wskazano na jej nie tylko umiarkowane, ale też silne związki z technologiami z obszaru medycyny. Warto zauważyć, że relacje te zaprezentowane w innej niż mapa relacji formie mogłyby być trudne do uchwycenia. Wnioski płynące z mapy relacji technologii kluczowych uzupełniły wiedzę o technologiach kluczowych z zakresu ich atrakcyjności, wykonalności oraz poziomu gotowości technologicznej. Dzięki temu przeprowadzona selekcja miała charakter bardziej świadomy i lepiej uzasadniony, gdyż bazujący na szerszym zbiorze wiedzy.

Kolejne prace w ramach mapowania technologii odnosiły się już do siedmiu technologii priorytetowych, wśród których znalazły się: *nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym* (T20); *materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne* (T17); *technologie proszkowe do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów* (T31); *nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych* (T21); *nanotechnologie dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna* (T3); *nanotechnologie związane z tkaninami specjalnymi, na przykład materiały opatrunkowe* (T24) oraz *technologie nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich, w szczególności opartych na metodach dużego odkształcenia plastycznego* (T38).

Jednym z rezultatów mapowania technologii, w odniesieniu już do zbioru rozwiązań priorytetowych, były karty technologii. Danych do ich konstrukcji dostarczyła opracowana na potrzeby projektu przez autorkę publikacji karta opisu technologii. W wyniku jej uzupełnienia przez ekspertów dziedzinowych, po uporządkowaniu oraz odpowiednim przygotowaniu danych, finalne karty technologii zawierały w formie tekstowej: krótki opis technologii, cel jej stosowania, informacje o niezbędnym wyposażeniu laboratorium, listę wybranych ekspertów zajmujących się technologią, listę wybranych patentów z zakresu technologii, listę wybranych publikacji z zakresu technologii. Ponadto karty technologii uzupełniono o zestawienie tabelaryczne dotyczące korzyści i barier w rozwoju technologii oraz proste wizualizacje dotyczące ewentualnie istniejących komponentów technologii, determinant jej rozwoju oraz technologii zależnych, od tej której dotyczy karta (w szerszej perspektywie, niekoniecznie ujętych w zbiorze technologii priorytetowych, czy kluczowych), jak również propozycji alternatywnych rozwiązań wraz ze wskazaniem przewagi technologii priorytetowej. Uzupełnieniem graficznym każdej z kart technologii były dwie mapy lokalizujące ośrodki rozwoju technologii w regionie oraz w Polsce, wyróżnione przez ekspertów. Dane zebrane poprzez karty opisu technologii, ale też w ramach wcześniej prowadzonych prac (analiza atrakcyjności i wykonalności technologii, analiza poziomu gotowości technologicznej), które nie zostały umieszczone na finalnych kartach w wielu wypadkach wykorzystane zostały do sporządzenia zestawień zbiorczych. Na potrzeby realizacji projektu zdecydowano o przygotowaniu wizualizacji bieżącej lokalizacji nanotechnologii priorytetowych w trzech głównych fazach rozwoju technologii, wizualizację dotyczącą orientacyjnych, niezbędnych do poniesienia na rozwój technologii nakładów finansowych, analizę bieżącej i potencjalnej skali zastosowania technologii, mapę lokalizującą ośrodki rozwoju technologii priorytetowych w województwie podlaskim. Uzupełnieniem bazy wiedzy o technologiach stały się też wykresy radarowe dotyczące oceny atrakcyjności oraz wykonalności technologii według przyjętych kryteriów³⁷².

Zgodnie z przyjętą metodyką mapowania technologii przygotowano także mapy relacji ośrodków rozwoju technologii (zbiorczą, jak również w podziale na ośrodki naukowe i wytwórców/producentów) oraz mapę relacji ekspertów zajmujących się

³⁷² A. Kononiuk (red.), A. Gudanowska (red.), *Kierunki rozwoju nanotechnologii ...*, s. 21–23, 28–29; A. Gudanowska, *Atrakcyjność i wykonalność nanotechnologii priorytetowych ...*, s. 225–226.



RYSUNEK 4.11. Mapa relacji technologii kluczowych w projekcie Foresight technologiczny „NT FOR Podlaskie 2020” Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii

ŹRÓDŁO: A. Kononiuk (red.), A. Gudanowska (red.), *Kierunki rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Mapy. Marszruty. Trendy*, Politechnika Białostocka, Białystok 2013, s. 18.

technologiami. Wyznaczono relacje pomiędzy poszczególnymi ośrodkami oraz ekspertami przyjmując za relację najsłabszą pomiędzy dwoma ośrodkami bądź dwójką ekspertów zainteresowanie technologiami z tego samego obszaru badawczego, z kolei relacje silniejsze wyznaczono bazując na liczbie konkretnych technologii cieszących się zainteresowaniem ujętych na mapach ekspertów bądź ośrodków, producentów (przykładową mapę zbiorczą dla ośrodków oraz producentów przedstawiono na rysunku 4.12). Wielkość węzłów oparto na stopniu wierzchołka określającego jego centralność w sieci (*degree*), a więc odzwierciedlała ona ogólną liczbę połączeń z innymi ośrodkami. Połączenia na mapach relacji ośrodków oraz ekspertów stanowiły sieci nieskierowane, z uwagi na fakt, że ewentualna bądź możliwa współpraca symbolizowana połączeniami nie może mieć charakteru jedynie jednostronnego. Na karcie opisu technologii, dostarczającej bazowych danych dla wizualizacji pytano jedynie o znane danemu ekspertowi ośrodki rozwoju technologii, gdyż trudno oczekiwać, aby umiał on wskazać planowane w nich prace badawczo-rozwojowe, stąd też mapy odzwierciedlają zbiorczo istniejące i/lub potencjalne sieci współpracy.

Każdą z przygotowanych map relacji wyrysowano wykorzystując wyjściowo algorytm Kamada-Kawai³⁷³, a następnie modyfikowano nieznacznie ułożenie poszczególnych węzłów w sieci, tak aby przygotowane wizualizacje były jak najbardziej czytelne (w wypadku mapy relacji technologii przemieszczenia węzłów dokonywano także aby technologie z tego samego obszaru były położone bliżej siebie).

Analizując opisane *case study* mapowania technologii można zauważyć, że uzupełniona w wyniku realizacji metodyki baza wiedzy o technologiach dostarczyła obszernych danych o rozważanych w projekcie nanotechnologiach priorytetowych. Zgodnie ze sformułowanymi z analizy doświadczeń w zakresie określania bieżącego stanu technologii, zaprezentowanych w poprzedzających podrozdziałach, dane te powinny być dostarczone decydentom w zakresie wyboru konkretnych technologii do rozwoju i wdrożenia w danej jednostce/regionie/kraju w przystępnej formie, w niewiele zawężonym zakresie, tak aby mogli oni wyselekcjonować te informacje, które są istotne z perspektywy potrzeb i celów podejmowanych przez nich działań.

Dokonując oceny przeprowadzonego wdrożenia zauważono, że z uwagi na fakt, że w większości odpowiedzi udzielane przez ekspertów technologicznych podczas realizacji metody miały charakter jakościowy, nie było możliwe ani też zasadne wyznaczanie na ich podstawie licznych statystyk. Dane przetworzone posłużyły jako informacje wejściowe do przygotowania kilku wizualizacji. Należy pamiętać, że wizualizacja jest ważnym elementem postępu naukowego w różnych dziedzinach. Często dane podsumowane w formie wykresów najczytelniej przedstawiają kreowane pomysły

³⁷³ Algorytm Kamada-Kawai wykorzystywany jest do automatycznej prezentacji sieci na płaszczyźnie. Pozycją startową jest umieszczenie węzłów na obwodzie okręgu. Elementy sieci przenoszone są z uwagi na kryteria estetyczne, takie jak maksymalne wykorzystanie dostępnej przestrzeni, minimalna liczba skrzyżowań, wymuszona separacja węzłów, budowanie zrównoważonej mapy, i inni. (F. Moya-Anegón, B. Vargas-Quesada, V. Herrero-Solana, Z. Chinchilla-Rodríguez, E. Corera-Álvarez, F. J. Muñoz-Fernández, *A new technique for building maps of large scientific domains based on the cocitation of classes and categories*, "Scientometrics" 2004, t. 61, nr 1, s. 136).

i idee. Szczególnie wykresy sieciowe są użytecznym narzędziem, które mogą pomóc w zamodelowaniu relacji, a także stworzeniu przejrzystego i intuicyjnie odczytywanego podsumowania zebranej wiedzy. W ramach mapowania powstał więc szereg wizualizacji: porównujących niezbędne nakłady finansowe, czy fazę rozwoju danej technologii bądź możliwość i skalę jej zastosowania. A na powstałych wizualizacjach w formie wykresów sieciowych znalazło się spojrzenie na technologie i ich wzajemne relacje czy ośrodki oraz ekspertów związanych z rozwojem technologii.

Pomimo, że zasadnicza analiza i selekcja wiedzy zdobytej w ramach mapowania technologii to już domena odbiorców procesu, to we wdrożonej metodyce pojawiała się faza konkluzji, tak aby badacz wykorzystujący metodykę, mógł wzbogacić bazę wiedzy o technologiach o analizę powstałych wizualizacji. Zaprezentowane sieci przeanalizowano wskazując technologie najsilniej oddziałujące na inne w układzie nanotechnologii kluczowych, czy ekspertów oraz ośrodki rozwoju analizowanych technologii, które według wiedzy ekspertów dziedzinowych cechują się wspólnymi bieżącymi bądź potencjalnymi obszarami zainteresowań z zakresu nanotechnologii priorytetowych.

Rezultaty uzyskane w wyniku mapowania technologii w projekcie *Foresight technologiczny „NT FOR Podlaskie 2020” Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii* poza dostarczeniem wiedzy o nanotechnologiach priorytetowych stanowiły również wsparcie decyzji w zakresie wyboru tego zbioru technologii. Ponadto wykorzystane zostały także w dalszych pracach projektowych. Technologie priorytetowe wraz ze wzajemnymi relacjami wpisane zostały w każdy z czterech przygotowanych w projekcie scenariuszy. Wycinek sieci technologii – dotyczący technologii priorytetowych – wzbogacony został o opinię ekspertów dotyczącą oceny szans rozwoju danych technologii w przypadku zaistnienia każdego z czterech scenariuszy.

Efekty mapowania technologii stały się również wyjściowym zbiorem wiedzy niezbędnym do realizacji celów oraz kierunków strategicznej interwencji założonych w opracowanej w wyniku realizacji projektu strategii rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Przyjęte cele i kierunki odnoszące się do rozwoju poszczególnych technologii priorytetowych, tak aby osiągnąć odpowiedni poziom gotowości technologicznej na Podlasiu wsparte zostały przygotowanym zbiorem kart nanotechnologii priorytetowych. I choć karty bazowały na wiedzy przekazanej przez ekspertów, to jednak w wielu przypadkach zagregowanej i przedstawionej w formie porównania. Powstałe mapy lokujące zasoby technologii priorytetowych wraz z mapami sieciowymi odzwierciedlającymi relacje pomiędzy tymi zasobami umożliwiają zidentyfikowanie bądź zawiązanie sieci współpracy pomiędzy poszczególnymi podmiotami rozwoju technologii tak aby tworzyć bądź wzmacniać istniejące relacje. Ich zacieśnienie ułatwiać powinno wspólne aplikowanie o dostępne środki finansowe, formowanie zespołów badawczych, czy wdrażających technologie, ale także łatwiejsze łączenie strony podaży naukowych rozwiązań z popytem wynikającym z zapotrzebowania przedsiębiorstw wytwarzających/produkujących technologie. Sieci ekspertów oraz ośrodków stanowią także wsparcie i umożliwiają identyfikację partnerów do współpracy w obrębie ośrodków naukowych, wskazując gdzie dbać o rozwój kontaktów oraz promować powstające rozwiązania technologiczne.

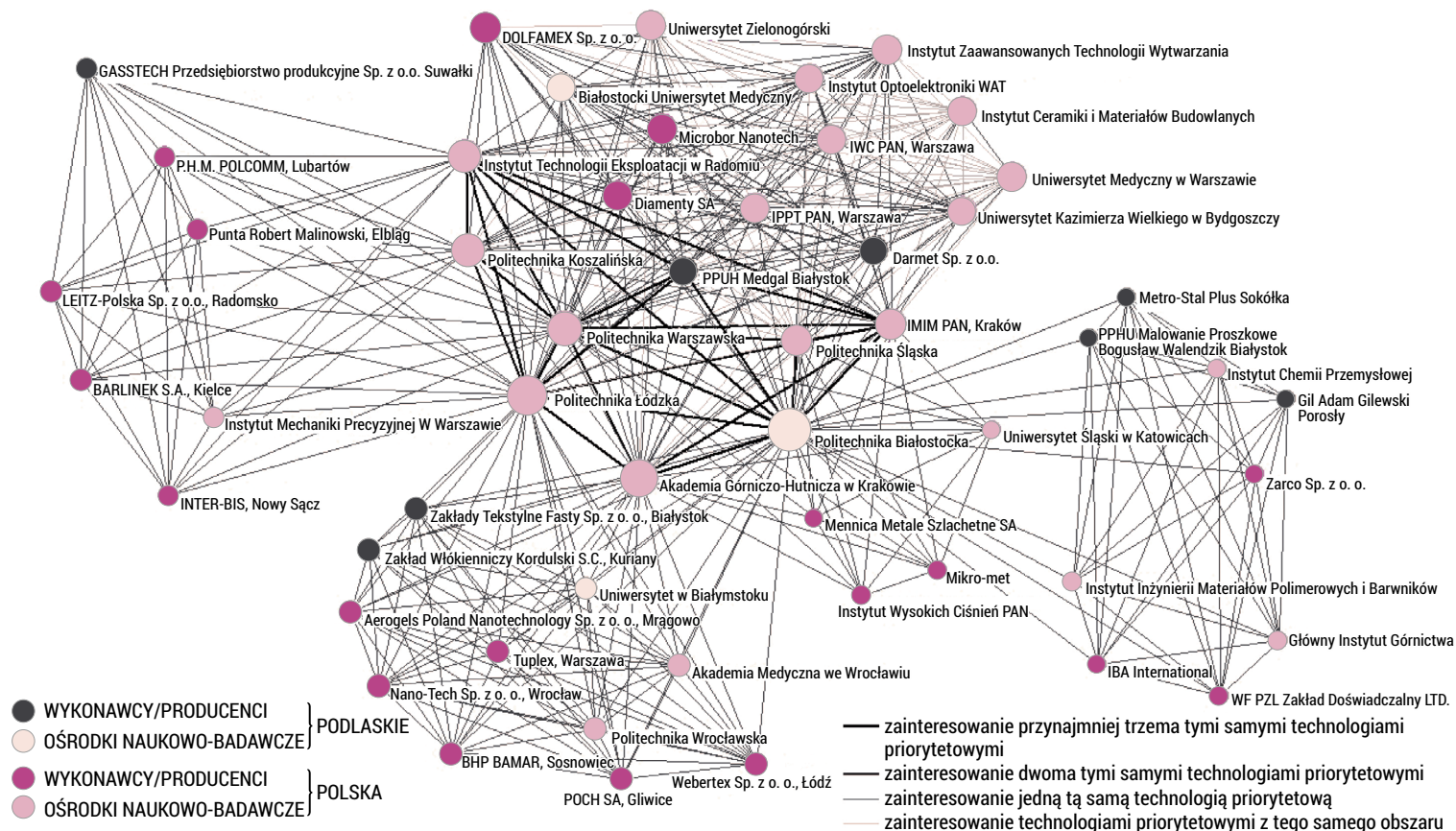
Z kolei przy wykorzystaniu mapy relacji technologii ujmującej graficznie aspekt stymulacji wzajemnego rozwoju technologii zauważalnym jest, które technologie stymulują najsilniej rozwój pozostałych priorytetów technologicznych.

Należy dodać, że przedstawiona na kartach i mapach wiedza jest wynikiem szerokich studiów w zakresie diagnozy bieżącego stanu technologii w ujęciu ewidencji wiedzy o technologiach priorytetowych oraz identyfikacji relacji pomiędzy technologiami i ich zasobami. Studiów, których przeprowadzenie w przypadku pojedynczego przedsiębiorstwa czy badacza podejmującego aspekt rozwoju danej jednostkowej technologii priorytetowej byłoby trudnym do wykonania zadaniem, szczególnie przy tak wysoce specjalistycznym stopniu zidentyfikowanych technologii priorytetowych. Prace przeprowadzone w projekcie realizowane były przez Kluczowy Zespół Badawczy wsparty wiedzą specjalistów w zakresie nanotechnologii priorytetowych. Dzięki ich zaangażowaniu możliwym było sporządzenie wyjściowego zbioru technologii oraz przeprowadzenie kolejnych etapów jego zawężania, aż do technologii priorytetowych. Ponadto, eksperci technologiczni nie tylko stali się współdecydentami w zakresie dokonywanych wyborów, ale uczestniczyli także w przygotowaniu kryteriów uwzględnianych podczas tychże wyborów.

Z uwagi na duże zaangażowanie ekspertów dziedzinowych, ale także na przyjęty cel realizacji mapowania technologii, którym było dostarczenie możliwie obszernego, ustrukturyzowanego zbioru wiedzy o technologiach priorytetowych, przeprowadzone w projekcie mapowanie technologii stanowi przykład realizacji metody w ujęciu jakościowym. W kontekście tym należy podkreślić, że przeprowadzone w projekcie *Foresight technologiczny „NT FOR Podlaskie 2020” Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii* mapowanie technologii skierowane było nie tyle na identyfikację nisz technologicznych w regionie (choć taką funkcję również może spełniać metoda), ile na wskazanie jak najszerszej wiedzy o konkretnym obszarze technologicznym na potrzeby rozwoju regionu. Wymienione na kartach technologii publikacje i patenty, ale także pozostałe elementy stanowią wyjściową wiedzę o nanotechnologiach, które eksperci uznali za możliwe (oceniając ich wykonalność) oraz warte (oceniając atrakcyjność) rozwoju w regionie.

Opisany projekt jest pierwszym i pilotażowym w polskich badaniach wdrożeniem opracowanej przez autorkę publikacji metody. Dotychczasowe rozwiązania metodyczne podejmujące aspekt określania bieżącego stanu technologii były jednostkowe, fragmentarycznie podejmujące tematykę diagnozy, nie ujęte w jasną propozycję procedury postępowania. Przyjęte w projekcie postępowanie badawcze w ramach realizacji mapowania technologii, wszystkie opracowane karty technologii, zestawienia zbiorcze, pogłębiony opis mapy relacji technologii oraz mapy ekspertów, ośrodków naukowych i producentów technologii wraz z ich opisem dostępne są w jednej z monografii prezentujących szczegółowo wyniki realizacji projektu³⁷⁴. Dostępny jest również szereg publikacji odnoszących się do poszczególnych elementów realizacji metody mapowania technologii w projekcie, gdzie w sposób pogłębiony przedstawiono:

³⁷⁴ A. Kononiuk (red.), A. Gudanowska (red.), *Kierunki rozwoju nanotechnologii...*



RYSUNEK 4.12. Zbiorcza mapa relacji ośrodków naukowo-badawczych i wytwórców/producentów zajmujących się nanotechnologiami priorytetowymi w Polsce i województwie podlaskim zidentyfikowanymi w projekcie Foresight technologiczny „NT FOR Podlaskie 2020” Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii (na podstawie zainteresowania tą samą technologią bądź technologią z tego samego obszaru)

ŹRÓDŁO: A. Kononiuk (red.), A. Gudanowska (red.), *Kierunki rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Mapy. Marszuty. Trendy*, Politechnika Białostocka, Białystok 2013, s. 26.

procedurę tworzenia i rezultaty tworzenia map ekspertów i ośrodków naukowo-badawczych³⁷⁵, proces tworzenia mapy relacji technologii³⁷⁶ czy ramy metodyczne mapowania technologii wraz z opisem oczekiwanej do uzyskania w wyniku jego realizacji bazy wiedzy³⁷⁷. Tak udokumentowana, pilotażowa wersja autorskiej metody mapowania technologii wykorzystana została w ostatnich latach jako inspiracja przez innych badaczy, co wskazuje z jednej strony na użyteczność przeprowadzonego i udokumentowanego pilotażu a z drugiej na potrzebę dalszego rozwoju zagadnienia.

Ujęcie inspirowane rozumieniem autorki niniejszej publikacji przedstawili Mansouri i in. prezentując przegląd metod służących identyfikacji technologii, poprzedzający propozycje metodyki tworzenia drzewa technologicznego na potrzeby identyfikacji technologii Internetu Rzeczy³⁷⁸. Również Senna i in., bazując między innymi na opublikowanych pracach autorki odnoszących się do pilotażowego wdrożenia metody mapowania technologii, przeprowadzili mapowanie technologii wspomagających na potrzeby scenariuszy europejskich łańcuchów dostaw. Przyjęli oni, że mapowanie technologii sprzyja pracy analitycznej, ukierunkowanej na poszerzanie zgromadzonej wiedzy, ułatwiając jednocześnie jej interpretację, w odróżnieniu od prostego przeglądu i zapisu danych dotyczących technologii. Wyniki przeprowadzonego przez nich mapowania technologii miały na celu powiązanie technologii wspomagających ze scenariuszami i strategiami łańcuchów dostaw, a wedle autorów stanowiły cenny wkład w planowanie działań i definiowanie polityki³⁷⁹. Z kolei Iftikhar i in. w prowadzonych badaniach odnoszących się do integracji kanałów w handlu detalicznym zidentyfikowali dziesięć działań związanych z integracją kanałów w celu tworzenia wartości. Następnie przeprowadzono mapowanie technologii cyfrowych mających zapewnić tworzenie wartości, w celu wsparcia sprzedawców detalicznych w procesie wyboru odpowiednich technologii dla zidentyfikowanych działań. Autorzy skupili się w największym stopniu na obecnym poziomie rozwoju technologii, wskazując równocześnie, że przyszłe działania można rozszerzyć o analizę patentów, czy określenie wpływu technologii na wyniki finansowe i operacyjne przedsiębiorstwa³⁸⁰.

³⁷⁵ A. Gudanowska, *Maps of Technology Experts Relations and Technology Development Centers...*

³⁷⁶ Eadem, *Mapa relacji technologii...*

³⁷⁷ A. E. Gudanowska, *Technology mapping as a tool for technology analysis in foresight studies. The idea of the method and an example of its practical application*, Technology Management Conference (ITMC), 2014 IEEE International, 2014; eadem, *Technology mapping – proposal of a method of technology analysis in foresight studies*, "Business: Theory and Practice" 2016, nr 17(3), s. 243–250.

³⁷⁸ A. Mansouri, M. M. Qaratlu, Z. Moezkarimi, Z. Kalatehaei, Z. Golmirzaei, *A Technology Tree for Internet of Things*, 7th International Conference on Web Research (ICWR), IEEE 2021, s. 330.

³⁷⁹ P. P. Senna, M. Stute, S. Balech, A. Zangiacomi, *Mapping Enabling Technologies for Supply Chains with Future Scenarios*, [w:] R. Fornasiero (red.), S. Sardesai (red.), A. C. Barros (red.), A. Matopoulos (red.), *Next Generation Supply Chains. A Roadmap for Research and Innovation*, Springer, Heidelberg 2021, s. 147–165.

³⁸⁰ Iftikhar R., Pourzolfaghar Z., Helfert M., *Omnichannel Value Chain: Mapping Digital Technologies...*

5. Propozycja metodyki mapowania technologii

5.1. Założenia metodyki mapowania technologii

Przeprowadzone studia literaturowe w zakresie współczesnych technologii wskazują na wielość definicji i podziałów technologii oraz dużą dynamikę jej rozwoju. Postrzeganie technologii jest bardzo różne i zależne od kontekstu jej analizy. Inaczej postrzega się technologie rozważając je na przykład w aspekcie społecznych oddziaływań, a inaczej kładąc nacisk na technikę i sposób wytwarzania konkretnego wyrobu. Niemożliwe jest równocześnie wskazanie, który ze sposobów postrzegania technologii jest właściwy, gdyż każdy z nich, w opinii autorki, stanowi wartościowe ujęcie. Jak wskazano w 1 rozdziale za technologię na potrzeby zarówno prowadzonych badań, jak i prezentowanego ujęcia metodycznego, przyjęto sposób uzyskania wyrobu z danego materiału, ale też system wiedzy, sposobów, procedur i kwalifikacji związanych z takimi zdolnościami jak projektowanie, produkcja oraz dostarczanie towarów i usług w celu zaspokojenia potrzeb rynkowych, zdolnościami pochodzącymi z praktycznej aplikacji wiedzy naukowej (również jako nowe zastosowanie rozwiązań już istniejących).

Technologie jako dominujące w kształtowaniu konkurencyjności przedsiębiorstw wymagają uważnej obserwacji w zakresie ich rozwoju. Istotne jest zarówno właściwe zidentyfikowanie dostępnych technologii (obejmujące ich ocenę), selekcja właściwych rozwiązań, jak i działania związane z już wybranymi technologiami. Działania te obejmują nabycie, eksploatację i ochronę technologii, które wraz z pozyskiwaniem wiedzy płynącej z rozwoju i wykorzystania technologii stanowią składowe procesy zarządzania technologią. W ramach planowanych badań przyjęto zasadność działań związanych z zarządzaniem technologią, a za szczególnie wartościowe uznano w tym względzie ujęcie prezentowane przez M. Gregory'ego, rozwinięte przez D. Cetindamara, R. Phaala i D. Proberta. Wymieniane w ramach identyfikacji technologii dokonywanie oceny oraz skanowanie technologii to w opinii autorki działania o dużym znaczeniu, których realizacja determinuje zyskowność i osiąganie korzyści w kolejnych etapach procesu zarządzania technologią. Nowoczesne przedsiębiorstwa są zmuszone do monitorowania wyłaniających się na rynku trendów w zakresie nowych technologii. Ogrom pojawiających się rozwiązań technologicznych również wymusza potrzebę szacowania ich wartości, przy uwzględnieniu złożoności technologii, ich systemowego charakteru oraz relacyjności.

Technologia jako przedmiot badań to obiekt trudny do oceny, co wynika z problemów z jednoznacznym zdefiniowaniem oraz sklasyfikowaniem technologii. Metod badawczych wykorzystywanych podczas działań związanych z identyfikacją technologii jest bardzo wiele. Metody te ujmują tematykę technologii z różnych perspektyw. Zdecydowano zatem, że metodyka mapowania technologii powinna być metodyką kompleksową, ujmującą różne aspekty związane z samymi technologiami, ale także ich otoczeniem. Założono również, że realizacja wszystkich zadań badawczych w ramach metody nie powinna wymagać uzupełnienia w zakresie wiedzy o bieżącym stanie technologii. Z kolei umożliwiać powinna przeprowadzenie wybranej grupy zadań badawczych, dostosowanych do potrzeb odbiorcy. Przetwarzanie zebranych w ramach realizacji metody danych, czy ich interpretacja musi być zależna od potrzeb odbiorców. Jednak w ramach przeprowadzenia metody powinno być możliwe również wykonanie prac analitycznych poszerzających zbiór zgromadzonej wiedzy i ułatwiających jej interpretację, tak by metoda nie sprowadziła się jedynie do przeglądu i ewidencji danych o technologiach.

Z przeprowadzonego w ramach rozdziału 3 przeglądu metod wykorzystywanych w kontekście analizy technologii wynika, że niezbędne podczas analiz związanych z technologią jest oszacowanie rozwoju technologii na przykład poprzez ocenę poziomu dojrzałości technologicznej danego rozwiązania. Ponadto, poza elementami charakteryzującymi technologię, jak opis czy cel i skala zastosowania, za istotne uznano nakłady związane z wykorzystaniem technologii, korzyści związane z rozwojem technologii czy bariery rozwoju technologii. Istotne okazały się także zasoby związane z technologią, jak rzeczowe w postaci niezbędnego zaplecza laboratoryjnego, czy ludzkie reprezentowane przez wytwórców/producentów danej technologii, ekspertów zajmujących się technologią oraz ośrodki ukierunkowane między innymi na jej rozwój. Aspekt jednostek rozwijających daną technologię, to również element często poruszany w przypadku przeanalizowanych w rozdziale czwartym, zagranicznych realizacji mapowania technologii. Ważnym elementem analizy technologii jest również zwrócenie uwagi na ich relacyjność w kontekście ewentualnie istniejących komponentów systemu technologicznego, czy alternatywnych rozwiązań technologicznych, ale także wzajemnego wpływu technologii. Technologie nie rozwijają się w oderwaniu od innych, istotne jest uświadomienie, że większość z technologii wpływa na wzajemny rozwój – stymulując lub hamując – powodując czasem wręcz wprowadzenie lub wykluczenie danego rozwiązania na rynek. Dopełnieniem pełnego obrazu technologii powinny być kwestie prawnych regulacji jej dotyczących oraz związanych z nią patentów i literatury. W przypadku niektórych z metod analizy technologii był kładziony nacisk także na tematykę społecznej akceptacji dla poszczególnych rozwiązań technologicznych. Uwzględniając polską praktykę foresightową w zakresie mapowania przyjęto, że dane o technologiach zostaną zebrane w formie karty opisu technologii uwzględniającej zidentyfikowane istotne elementy. Karty zgodnie ze wskazówkami płynącymi tak z zagranicznych, jak i polskich doświadczeń wypełnione powinny zostać przez ekspertów dziedzinowych. Podkreślany w zagranicznych realizacjach aspekt relacyjności technologii i ich wizualizacji, wymusił ponadto

przygotowanie macierzy zależności technologii tak aby możliwe było ich późniejsze odwzorowanie w formie graficznej. Warto podkreślić, że relacyjność technologii i jej istnienie podkreślane było w zagranicznych przypadkach realizacji mapowania technologii szczególnie w odniesieniu do interdyscyplinarnych obszarów badawczych.

Przyjęto również, że metodyka mapowania technologii powinna zostać przygotowana w prostej w realizacji formie jasnego, powtarzalnego algorytmu postępowania badawczego, co wymusza – podkreślana z uwagi na użyteczność wyników – konieczność aktualizacji map z upływem czasu. Istotna jest świadomość, że połączenia przedstawiane na mapach nie mają charakteru stabilnego i podlegają ciągłym, nierzadko dynamicznym zmianom.

Przyjęte założenia dotyczące niezbędnych do uwzględnienia podczas mapowania technologii elementów wskazywały na potencjalną obszerność gromadzonego w bazie wiedzy o technologiach materiału badawczego. Autorka ma świadomość ogromu dostarczanych informacji. Jednak mając na uwadze spostrzeżenia płynące z zagranicznych doświadczeń o umożliwieniu odbiorcom map samodzielnej selekcji i interpretacji dostarczonej wiedzy o bieżącym stanie technologii z perspektywy indywidualnych potrzeb i orientacji biznesowej, postanowiono nie zawężyć zbioru gromadzonych danych, a raczej przedstawić je w pierwotnej bądź przetworzonej formie. Przyjęte postępowanie powinno umożliwić odbiorcom jakościową analizę technologii i badanie analogii pomiędzy technologiami, które wedle A. T. Ropera i in. są tak samo istotne jak ustrukturyzowane podejście do zbierania informacji o samej technologii, czy technologiach wspierających i konkurujących podczas tworzenia uzasadnionego obrazu tak obecnych technologii jak i ich przyszłości³⁸¹.

Biorąc pod uwagę wielość koncepcji i metod związanych z analizą technologii zasadne wydaje się pytanie, czy rozwój metodyki w tym zakresie jest potrzebny oraz czy mapowanie skupiające uwagę badacza na bieżącym stanie technologii jest właściwym w tym zakresie kierunkiem rozwoju. Opisywane w rozdziale trzecim metody często odnoszą się do analizy technologii fragmentarycznie, jak popularna ocena poziomu dojrzałości technologicznej, która jest ujęciem zbyt wąskim. Ponadto metody stosowane obecnie w analizie technologii biorą pod uwagę wpływ technologii na jej otoczenie nie uwzględniając równocześnie możliwych relacji występujących pomiędzy technologiami. Jak w wypadku oceny technologii (*technology assessment*), podczas stosowania której główną osią zainteresowania stają się oddziaływania pomiędzy technologią a społeczeństwem. Wzajemne relacje pomiędzy technologiami nie są również często uwzględniane w ważnych i licznie opisywanych, szczególnie w zagranicznej literaturze, przykładach analiz bibliometrycznych, a szczególnie analiz patentów. Metoda jest chętnie wykorzystywana w ramach realizacji innych podejść, jednak choć jest bardzo przydatna, dostarczająca unikalnej wiedzy, to zarówno analiza patentów jak i publikacji niesie za sobą informacje z pewnym opóźnieniem, co wynika chociażby z czasu procesów wydawniczych czy procedur udzielania patentów. Ponadto, podając za K. Klincewiczem „najważniejszymi produktami

³⁸¹ A. T. Roper, S. W. Cunningham, A. L. Porter, T. W. Mason, F. A. Rossini, J. Banks, *Forecasting...*, s. 10.

działalności naukowej są idee, a nie obiekty”³⁸², podczas gdy metody bibliometryczne skupiają się przede wszystkim na tych drugich. Zgromadzona wiedza o metodach analizy technologii skłania do wniosku, że brak jest metody, która kompleksowo dostarczałaby w sposób ustrukturyzowany wiedzy o technologii, uwzględniając zarówno jakościowe jak i ilościowe ujęcie. Co istotne, mapowanie technologii mogłoby dostarczać tej wiedzy również na wczesnym etapie jej rozwoju.

Obserwacja badań naukowych i rozwoju technologii, gdy prowadzona będzie w sposób systematyczny staje się przydatna dla różnych grup odbiorców systemu innowacji. Za najważniejsze grupy odbiorców metodyki mapowania technologii można przyjąć za K. Klincewiczem: resort nauki (w tym organy rządowe związane z nauką, narodowe centra naukowo-badawcze), instytucje rządowe pozanaukowe (jak urzędy patentowe, statystyczne, ministerstwa krajowe), uczelnie wyższe, jednostki i instytuty badawcze oraz przedsiębiorstwa technologiczne³⁸³. Potrzeby odbiorców w zakresie analizy rozwoju technologii są obszerne, czasem nieuświadomione, co wynika z braku wiedzy na temat dostępnych narzędzi i metod. Potrzeby te mogą występować³⁸⁴:

- na poziomie strategicznym (jak określenie priorytetów dla kierunków badawczych czy rozwoju technologii na bazie dorobku nauki, obszarów finansowania, identyfikacja wiodących twórców technologii);
- na poziomie taktycznym (w tym ocena dokonań, stymulacja inicjatyw badawczych i współpracy, wsparcie informacyjne procesu podejmowania decyzji, czy dokonywania oceny);
- na poziomie operacyjnym (identyfikacja wiodących osiągnięć technologicznych, znaczących badaczy, wsparcie informacyjne dla dokonywanych przeglądów, pomoc w zawężaniu prowadzonych prac tak, by nie powielać już prowadzonych, systematyczna analiza konkurentów oraz wsparcie identyfikacji bieżących trendów, oceny innowacyjności pojawiających się rozwiązań).

W kolejnych podrozdziałach monografii przedstawiono pogłębiony opis metodyki mapowania technologii obejmujący model procesu jej realizacji oraz charakterystykę możliwych do stworzenia elementów bazy wiedzy o technologiach. Szczególną uwagę poświęcono aspektowi wizualizacji w metodyce. Przedstawiona metodyka to uniwersalna procedura możliwa do wykorzystania w obszarze diagnozy technologii. Została ona dedykowana badaniom foresight, jednak w opinii Autorki możliwe jest również jej wykorzystanie w innych obszarach badawczych wymagających określenia bieżącego stanu technologii.

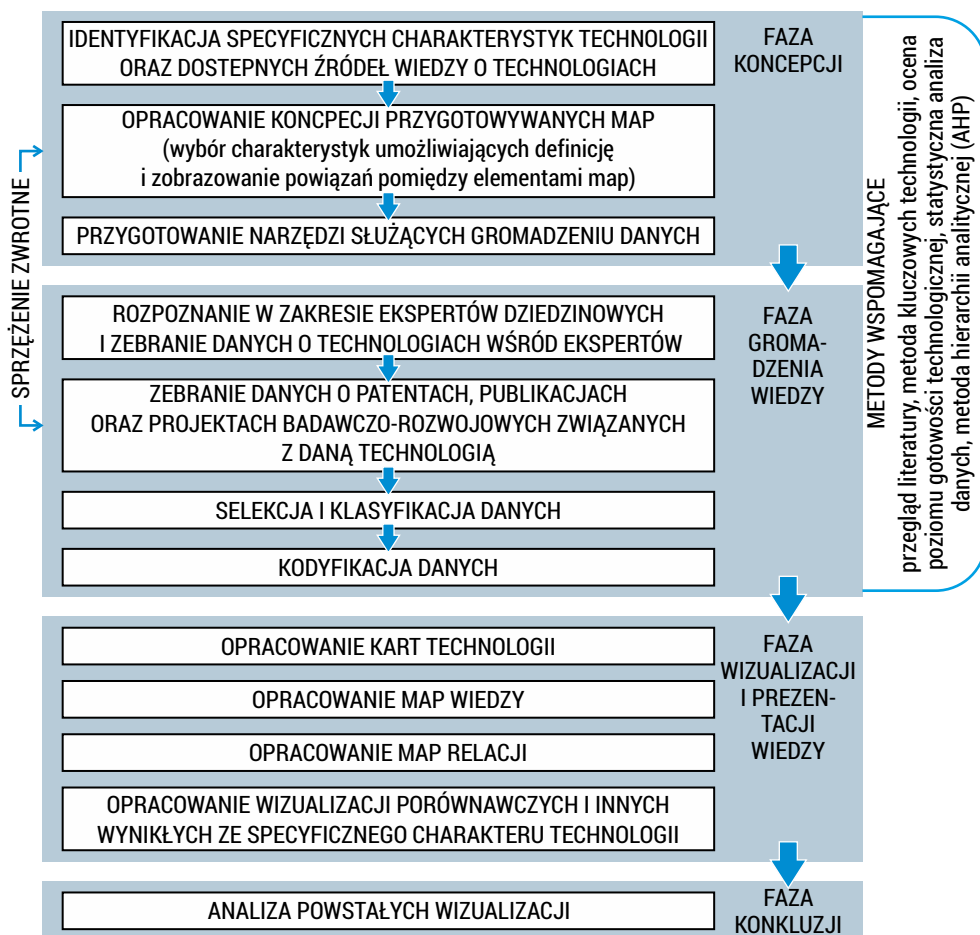
³⁸² K. Klincewicz, M. Żemigala, M. Mijał, *Bibliometria w zarządzaniu technologiami...*, s. 39.

³⁸³ K. Klincewicz, M. Żemigala, M. Mijał, *Bibliometria w zarządzaniu technologiami...*, s. 16–17.

³⁸⁴ *Ibidem*, s. 17–21.

5.2. Autorska metodyka mapowania technologii

Elementy konceptualizacji metodyki – poprzez zdefiniowanie pojęć opisujących zarówno obiekt badania, czyli technologię oraz inne bazowe pojęcia jak mapa, mapowanie oraz mapowanie technologii – przeprowadzono w ramach rozważań w poprzedzających podrozdziałach. Ogólny zarys metodyki mapowania technologii przedstawiono na rysunku 5.1.



RYSUNEK 5.1. Metodyka mapowania technologii

ŹRÓDŁO: opracowanie własne na podstawie A. E. Gudanowska, *Technology mapping – proposal of a method of technology analysis in foresight studies*, "Business: Theory and Practice" 2016, nr 17(3), s. 247.

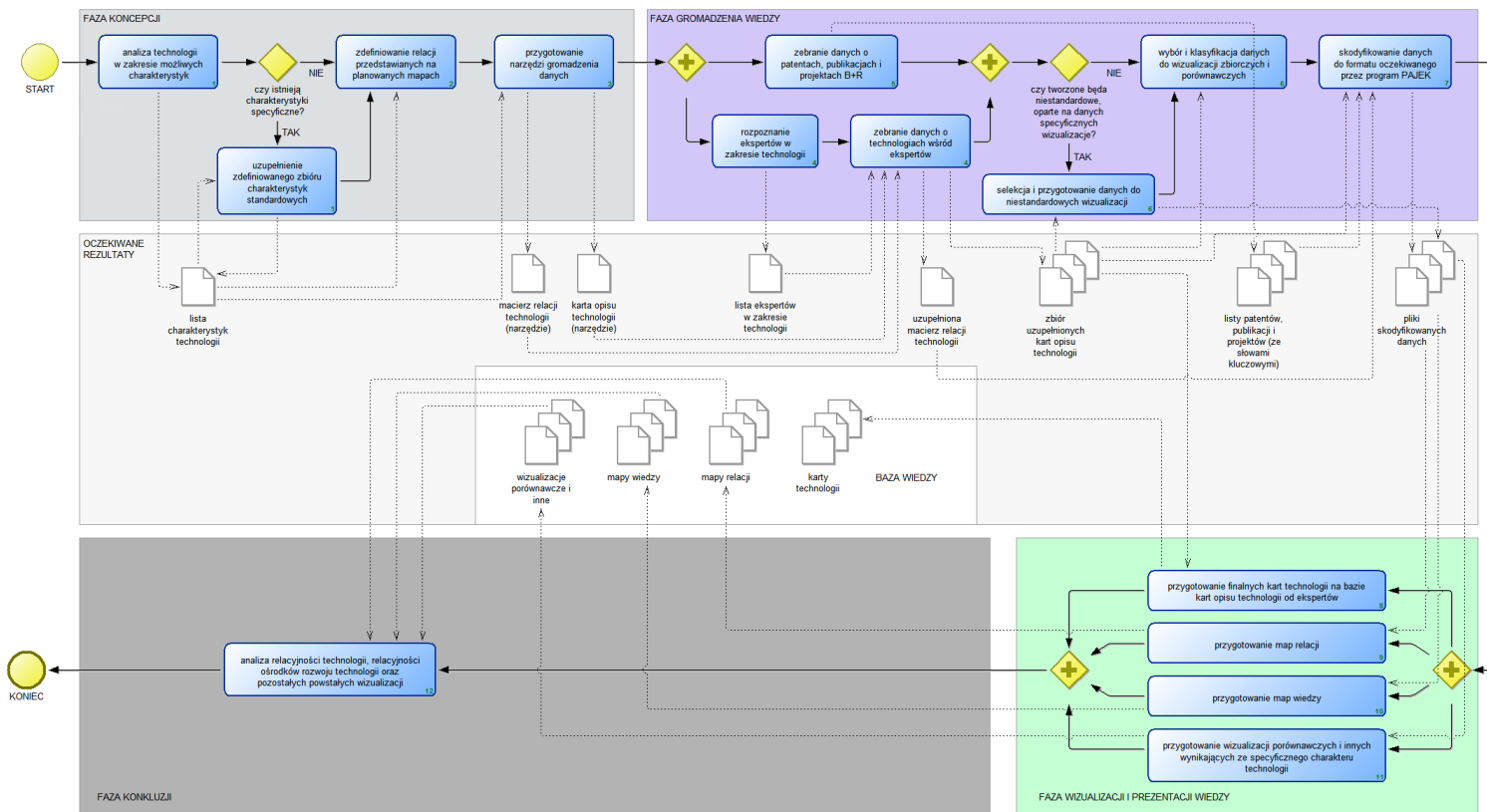
Na metodykę składa się szereg zadań badawczych realizowanych w czterech fazach. Część z zadań powinna być realizowana sekwencyjnie, inne w obrębie fazy mogą być przeprowadzane równolegle, co szczegółowo omówiono w prezentowanym w dalszej części algorytmie realizacji metodyki (rysunek 5.2). Warto zauważyć, że z uwagi

na dynamikę cechującą technologię i proces jej rozwoju podczas realizacji metodyki może wystąpić sprzężenie zwrotne, tak aby do momentu uzyskania satysfakcjonującego dla badacza zestawu danych dotyczących analizowanych technologii, powracać do identyfikacji charakterystyk technologii i wyboru spośród nich tych planowanych do ujęcia na mapach relacji pomiędzy technologiami. Sytuacją pożądaną jest aby poszczególne iteracje sprzężenia zwrotnego zakończyły się przed ostatnim z zadań w ramach fazy gromadzenia wiedzy – skodyfikowania do formatu oczekiwanego przez wybrane do wizualizacji oprogramowanie, gdyż zadanie to wymaga zamknięcia czynności związanych ze zbieraniem danych, tak by przejść do procesu przekształcania ich w informacje, a następnie wiedzę. Biorąc pod uwagę dotychczasowe doświadczenia autorki w zakresie tworzenia map powiązań, oddziaływanie rezultatów poszczególnych zadań fazy gromadzenia wiedzy na realizację fazy koncepcji ma miejsce dość często. Zaproponowano jednak w algorytmie realizacji (rysunek 5.2) pewien porządek zadań tak aby wspomóc wykonawców badań, szczególnie podczas pierwszych realizacji mapowania technologii.

Z uwagi na to, że pilotażowa adaptacja metodyki w projekcie foresightowym, opisana w podrozdziale 4.4, dostarczyła wielu użytecznych wskazówek w zakresie realizacji metody, wykraczających poza ogólny schemat jej przebiegu, przygotowano algorytm mapowania technologii, stanowiący uszczegółowienie opracowanej metodyki (rysunek 5.2).

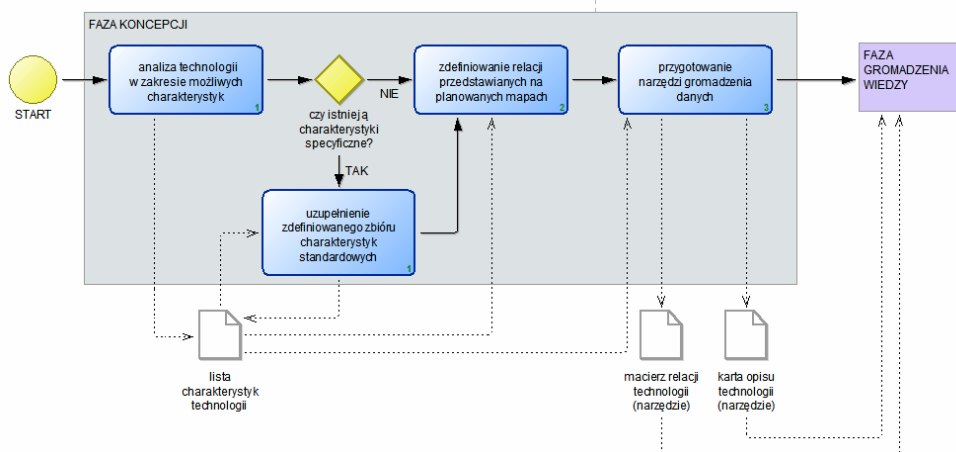
Opracowany algorytm obejmuje zarówno wariantowy przebieg procesu mapowania technologii oraz oczekiwane rezultaty wynikłe z realizacji poszczególnych faz. Faza pierwsza, czyli faza koncepcji obejmuje następujące po sobie zadania badawcze oraz dwa warianty przebiegu (rysunek 5.3).

Każda grupa technologii może cechować się pewnymi specyficznymi dla niej charakterystykami, szczególnie gdy jednym z założonych celów mapowania jest porównanie technologii w aspekcie wskaźników czasowo-kosztowych związanych z jej wykorzystaniem, wskaźników zużycia surowców, czy wydajności danych technologii. Są to charakterystyki specyficzne, nie zawsze możliwe do powiązania z technologią analizowaną na danym poziomie szczegółowości. Stąd też pierwsze działania w fazie koncepcji dotyczą rozpoznania w zakresie możliwych charakterystyk technologii i źródeł wiedzy o technologiach oraz wariantowo zdefiniowania istniejących specyficznych charakterystyk. Pilotażowe wdrożenie metodyki mapowania technologii, dostarczyło listy uniwersalnych charakterystyk technologii, stanowiących możliwy do wykorzystania, ale również rozszerzenia zbiór. Określono je jako charakterystyki standardowe, stanowiące elementy proponowanej karty opisu technologii. Kolejne działania podejmowane w fazie koncepcji wymagają identyfikacji tych charakterystyk, które będą podstawą wyznaczania powiązań pomiędzy technologiami oraz innymi, przedstawionymi na mapach elementami. Istotne jest, aby działania były podejmowane przed rozpoczęciem ostatniego zadania – przygotowania narzędzi do gromadzenia danych. Wynika to z silnej zależności pomiędzy definicją relacji przedstawianych na mapach a strukturą przygotowywanych narzędzi.



RYSUNEK 5.2. Algorytm mapowania technologii stanowiący uszczegółowienie ogólnej metodyki mapowania

ŹRÓDŁO: opracowanie własne w programie ADONIS CE.



RYSUNEK 5.3. Algorytm mapowania technologii – faza koncepcji

ŹRÓDŁO: opracowanie własne w programie ADONIS CE.

Proponowanymi narzędziami gromadzenia danych są pojedyncza macierz relacji technologii oraz karta opisu technologii. W wypadku pojedynczej macierzy relacji technologii miarą relacji powinna być ocena ekspercka dotycząca ewentualnie istniejącego wzajemnego wpływu jednej technologii na rozwój drugiej. Wymaga to uzupełnienia przez ekspertów arkusza macierzy relacji technologii, który powinien ujmować w wierszach i kolumnach oznaczenia poszczególnych technologii, tak aby na ich przecięciu możliwe było dokonanie oceny jak technologia wskazana w wierszu oddziałuje na technologię wymienioną w kolumnie (wykluczając możliwość dokonania oceny po przekątnej macierzy, zestawiającej wpływ technologii na samą siebie). Ocena może być dokonana w różnej skali w zależności od założeń danej inicjatywy badawczej, powinna jednak uwzględniać wpływ zarówno stymulujący jak i hamujący rozwój danej technologii oraz pozostawiać możliwość wskazania braku wzajemnego wpływu technologii.

Z kolei karta opisu technologii może zawierać różnorodne elementy. W tabeli 5.1 przedstawiono te stanowiące listę charakterystyk standardowych, powstałą na podstawie analizy polskich i zagranicznych inicjatyw związanych z określaniem bieżącego stanu technologii, przeprowadzonej przez autorkę publikacji na potrzeby pilotażowego wdrożenia metodyki. Jak wspomniano wcześniej, uzupełnieniem charakterystyk standardowych mogą być ewentualnie zidentyfikowane charakterystyki specyficzne.

TABELA 5.1. Charakterystyki standardowe stanowiące możliwe elementy karty opisu technologii

Charakterystyka	Uwagi
Krótką charakterystyka technologii	–
Cel stosowania technologii	–
Faza rozwoju technologii	przy wykorzystaniu na przykład skali poziomu gotowości technologicznej (indeks TRL)

Charakterystyka	Uwagi
Przyporządkowanie zakresu stosowania danej technologii	skala jednostkowa lub masowa, zastosowanie obecne i potencjalne
Korzyści z wdrożenia danej technologii	–
Bariera rozwoju technologii	–
Wypożyczenie laboratorium	bieżące, niezbędne wyposażenie laboratorium pozwalające na prace rozwojowe w zakresie danej technologii
Wymagania finansowe	bieżące, niezbędne do poniesienia nakłady finansowe w celu rozwoju technologii
Koszty wdrożenia	nakłady finansowe związane z wprowadzeniem danej technologii do przedsiębiorstw
Ośrodki naukowe	zajmujące się daną technologią na określonym obszarze
Producenci/wytwórcy technologii	wdrażający, wykorzystujący i/lub rozwijający daną technologię na określonym obszarze
Kluczowi eksperci	z zakresu technologii na określonym obszarze
Technologiczne determinanty rozwoju	wskazanie technologii determinujących rozwój rozważanej
Technologiczne kierunki oddziaływania	wskazanie technologii, na które silnie wpływa technologia rozważana
Przykłady obecnego zastosowania technologii	–
Komponenty technologii	wskazanie czy technologia składa się z komponentów rozumianych jako jednostki, podsystemy lub inne technologie wchodzące w jej skład
Technologie alternatywne	wskazanie czy istnieją lub są w fazie opracowywania technologie alternatywne oraz ich identyfikacja
Wyróżniki technologii	wskazanie ewentualnej przewagi rozważanej technologii w odniesieniu do alternatywnych rozwiązań
Stopień akceptacji społecznej	określenie ogólnego bądź bardziej szczegółowego (w zależności od celu prowadzonego mapowania) stopnia akceptacji społecznej dla rozwoju danej technologii
Ocena nowoczesności technologii	określenie stopnia nowoczesności/innowacyjności danego rozwiązania, jego usytuowania w zidentyfikowanych trendach rozwojowych (na podstawie oceny eksperckiej)
Oddziaływanie ekologiczne	określenie ogólnego bądź bardziej szczegółowego (w zależności od celu prowadzonego mapowania) stopnia oddziaływania danej technologii na środowisko
Regulacje	wskazanie istniejących specjalnych regulacji dotyczących technologii na poziomie kraju oraz unii europejskiej

Charakterystyka	Uwagi
Wykaz podstawowej literatury dotyczącej technologii	–
Najistotniejsze patenty związane z technologią	–

ŹRÓDŁO: opracowanie własne na podstawie literatury.

Wybrane spośród propozycji w tabeli 5.1 stały się elementami ostatecznie powstałej karty opisu technologii w projekcie *Foresight technologiczny „NT FOR Podlaskie 2020” Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii*, a także stały się inspiracją dla innych badaczy tworzących karty opisu technologii na potrzeby swoich badań. Przykładową kartę technologii, jedną z uzupełniających w ramach prac w projekcie *Foresight technologiczny „NT FOR Podlaskie 2020” Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii* przedstawiono w załączniku 1. Jak wspomniano w opisie projektu w poprzednim rozdziale, opracowane przez Autorkę i wykorzystane w projekcie karty pozwoliły na usystematyzowanie wiedzy zebranej wśród ekspertów.

Drugą fazą metodyki mapowania technologii jest faza gromadzenia wiedzy (rysunek 5.4). Podejmowane w obrębie fazy działania obejmują zadania realizowane równolegle oraz wariantowe ścieżki przebiegu. W fazie podejmowane są działania z zakresu gromadzenia danych, jak i ich przetwarzania w informacje.

Początkowe etapy z realizowanych w ramach fazy działań wymagają zebrania danych zarówno wśród ekspertów dziedzinowych z zakresu analizowanych technologii (po uprzedniej identyfikacji ekspertów), jak również zgromadzenia informacji dotyczących patentów, publikacji naukowych oraz projektów badawczo-rozwojowych związanych z analizowanymi technologiami. Grono wybranych do współpracy ekspertów powinno być możliwie jak najszersze. Jako eksperta należy rozumieć w przypadku mapowania specjalistę dziedzinowego z zakresu rozważanego obszaru technologii. Oparcie się na wiedzy pochodzącej od ekspertów polecane jest szczególnie w sytuacji, kiedy technologie będące przedmiotem analizy cechują się wysokim poziomem specjalizacji, złożonością istoty technologii oraz szerokim wachlarzem możliwych zastosowań. Należy jednak zauważyć, że w niektórych obszarach technologicznych wiele z prac prowadzonych jest z klauzulą tajności i w tym względzie wiedza ekspercka może być obciążona pewnym poziomem niepewności. Dużego znaczenia nabiera tu zatem intuicja badacza, którego powinna cechować świadomość, że nie wskazane jest wymaganie od ekspertów sporządzenia szczegółowego opis danego rozwiązania technologicznego, ale raczej zasygnalizowanie tendencji w zakresie wykorzystania danych technologii bądź obszarów prowadzonych obecnie prac badawczych i rozwojowych, czy zainteresowania danymi kierunkami ogólnie prowadzonych prac (również w otoczeniu przedsiębiorstwa czy regionu). Trudność z dostępem do pewnego zakresu danych zawsze będzie oddziaływać na adekwatność każdego proponowanego w obszarze diagnozy technologii rozwiązania metodycznego, jednak nie powinno być to przyczynkiem do zaprzestania prac z zakresu prób identyfikacji przyszłościowych rozwiązań technologicznych.

Warto także mieć świadomość, że wiedza o technologiach, określona na podstawie patentów, publikacji naukowych i prowadzonych prac badawczych, w kontekście poziomu gotowości technologicznej (określonego skalą TRL) pozwala zwykle wnioskować o poziomach gotowości od pierwszego do szóstego. W aspekcie gospodarczym i społecznym istotniejsze są często rozwiązania na wyższym poziomie gotowości technologicznej, jednak identyfikacja rozwiązań na tych etapach, w ostatniej już właściwie fazie dotyczącej realizacji wdrożenia nie pozostawia zbyt wiele czasu na reakcję odbiorcom wyników badania. Może okazać się, że w przypadku nie posiadania wystarczających zasobów uzyskane wnioski i spostrzeżenia pojawiają się zbyt późno, aby pozwoliły na wykorzystanie szansy rozwoju danego rozwiązania technologicznego. Sytuacja identyfikacji technologii w ostatnich etapach jej rozwoju wymuszać może na odbiorcy wyników badania (przedsiębiorcy bądź władz regionalnych, czy krajowych) przyjęcie strategii odtwarzania już właściwie istniejącego rozwiązania technologicznego, co oczywiście również może przynieść znaczący, realny zysk finansowy. Im niższy poziom gotowości technologicznej, tym wyższe mogą być też koszty oceny i selekcji, a uzyskane wyniki cechować będzie wyższa niepewność, jednak identyfikacja rozwiązań na nieco niższym poziomie gotowości technologicznej (szczególnie w środkowej fazie testów i demonstracji) połączona z właściwie przeprowadzonym procesem oceny i selekcji możliwych do wdrożenia rozwiązań, może umożliwić zajęcie pozycji innowatora i lidera w danym segmencie rynku.

Wykorzystywane w tej fazie narzędzia to przygotowane w fazie koncepcji – zbiorcza macierz relacji technologii oraz karta opisu technologii. Jedynie etap gromadzenia danych dotyczących patentów, publikacji i projektów nie wymaga zaangażowania ekspertów technologicznych. Informacje te mogą być zebrane przez badaczy przeprowadzających mapowanie w oparciu o dane zgromadzone w bazach publikacji naukowych oraz patentowych.

Uzupełnione przez ekspertów dziedzinowych macierze relacji należy zestawić tworząc zbiorczą macierz relacji technologii (*MRT*) według następującego wzorca:

$$MRT = \begin{bmatrix} 0 & D_{(T_1, T_2)} & \dots & \dots & D_{(T_1, T_j)} & \dots & D_{(T_1, T_n)} \\ D_{(T_2, T_1)} & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & D_{(T_2, T_n)} \\ \dots & \dots & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots \\ D_{(T_i, T_1)} & \dots & \dots & 0 & D_{(T_i, T_j)} & \dots & D_{(T_i, T_n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & \dots \\ D_{(T_n, T_1)} & D_{(T_n, T_2)} & \dots & \dots & D_{(T_n, T_j)} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

gdzie:

n – liczba technologii,

T_i, T_j – poszczególne technologie będące przedmiotem analizy ($i, j = 1, 2, \dots, n$ oraz $i \neq j$),

$D_{(T_i, T_j)}$ – dominanta wyznaczona spośród ocen eksperckich odnoszących się do wpływu technologii T_i na T_j .

Przetwarzając zebrane w macierzy dane, można oprzeć się zarówno na średnich arytmetycznych, jak i dominantach spośród nadanych przez ekspertów ocen. Autorka rekomenduje jednak dominantę jako miarę syntetyzującą oceny eksperckie, gdyż wówczas ostatecznie brane pod uwagę dane odzwierciedlają opinię ekspertów, przy uwzględnieniu również skrajnych ocen. Kiedy dwie lub więcej ocen cechować się będzie tą samą liczbą wskazań, należy wyznaczyć współczynniki asymetrii i dokonać wyboru zgodnie z tendencją w nadawanych ocenach. Należy pamiętać, aby w razie potrzeby przeskalować również dane do skali adekwatnej dla planowanego do wykorzystania oprogramowania do wizualizacji sieci, gdyż to właśnie sieć jest strukturą, którą autorka publikacji wybrała jako formę prezentacji relacji pomiędzy technologiami bądź też związanymi z nimi elementami.

Z perspektywy drugiego z wymienionych narzędzi gromadzenia danych – karty opisu technologii – należy wybrać oraz sklasyfikować informacje przeznaczone do wykorzystania przy wizualizacjach zbiorczych i porównawczych. Mogą one przyjąć formę wykresów czy zestawień tabelarycznych przygotowanych chociażby w programie Microsoft Excel. W przypadku analizy technologii w kontekście charakterystyk specyficznych należy ponadto wyodrębnić i przygotować dane do opartych na nich wizualizacji.

Wybrane dane, zebrane na kartach opisu technologii powinny umożliwiać przedstawienie pewnych aspektów technologii (jak ujęcie sieciowe ośrodków rozwoju technologii). Stąd też w algorytmie mapowania po wyodrębnieniu danych do wizualizacji zbiorczych i porównawczych następuje kodyfikacja wybranych danych z karty opisu technologii do formatu oczekiwanego przez oprogramowanie (autorka w prowadzonych dotychczas analizach wykorzystywała głównie program Pajek – opisany pokrótce w kolejnym podrozdziale, jednak możliwe jest tu wykorzystanie każdego innego oprogramowania umożliwiającego wizualizację sieci).

Autorka określenia ośrodki rozwoju technologii używa zbiorczo zarówno dla ośrodków naukowych zajmujących się rozwijaniem danej technologii, jak i wytwórców/producentów technologii, rozumianych jako przedsiębiorstwa zajmujące się wdrażaniem, stosowaniem, ale także rozwojem technologii. Wszystkie te instytucje stanowią w ramach mapowania węzły powstałej sieci, zaś ich połączenia należy zdefiniować jako prowadzenie prac nad tą samą technologią. Jeśli wspólnych technologicznych obszarów zainteresowania jest więcej pomiędzy dwoma instytucjami wówczas połączenie staje się silniejsze. Należy zauważyć, że eksperci technologiczni uzupełniając karty opisu technologii nie wskazują wprost powiązań i istniejących sieci współpracy, a skupiają się na identyfikacji takich ośrodków. Wówczas wedle tego prostego kryterium, jakim jest obecność na karcie opisu technologii danego ośrodka możliwym jest

stworzenie map relacji ośrodków. Uzyskuje się wówczas wartość dodaną w procesie mapowania i dostarcza zwrotnie także ekspertom wiedzy bazującej na zebranych wśród nich danych. Jak wspomniano, dane zebrane na karcie opisu technologii w tym zakresie muszą zostać poddane agregacji, a następnie skodyfikowaniu tak aby możliwe było ich wykorzystanie w oprogramowaniu służącemu wizualizacji. Agregacja danych obejmować powinna przygotowanie zbiorów technologii rozwijanych przez każdy z ośrodków, a następnie przekształcenia według następujących wzorów:

$$R_i(A|B) = \sum_{i=1}^n r_i(A|B) \quad (5.2)$$

$$r_i(A|B) = \begin{cases} 1 & \text{gd}y \quad T_i \in O_A \wedge T_i \in O_B \\ 0 & \text{gd}y \quad T_i \notin O_A \vee T_i \notin O_B \end{cases} \quad (5.3)$$

gdzie:

$R_i(A|B)$ – oznacza relację pomiędzy wybraną parą ośrodków A i B,

$r_i(A|B)$ – to jednostkowa relacja pomiędzy wybraną parą ośrodków A i B,

n – liczba rozważanych technologii,

i – numer technologii, ($i = 1, 2, \dots, n$),

T_i – pojedyncza technologia,

O_A – zbiór technologii rozwijanych przez ośrodek A,

O_B – zbiór technologii rozwijanych przez ośrodek B.

Analogiczne założenia przyjąć należy podczas przygotowania danych do mapy relacji ekspertów zajmujących się rozwojem danej technologii. Węzłami w sieci ekspertów powinni zostać eksperci wymienieni w karcie opisu technologii, zaś relacje ich łączące powinno poprzedzić przygotowanie zbiorów technologii rozwijanych przez każdego z ekspertów, a następnie przekształcenie zbiorów wedle wzorów (5.2) i (5.3), gdzie za O_A należy przyjąć zbiór technologii rozwijanych przez eksperta A, zaś za O_B zbiór technologii rozwijanych przez eksperta B.

Kolejne proponowane do zgromadzenia dane dotyczą publikacji naukowych, patentów oraz projektów. W literaturze można znaleźć ciekawe przykłady analiz bibliometrycznych skupiających się na publikacjach naukowych czy mapy opatentowanych rozwiązań technologicznych. Autorka w jednej ze swoich publikacji opisała także szczegółowo aspekt tworzenia wizualizacji obejmującej prezentację danych dotyczących 173 projektów badawczo-rozwojowych zakwalifikowanych do finansowania, których realizatorzy pochodzili z trzech głównych podlaskich uczelni – Politechniki Białostockiej, Uniwersytetu w Białymstoku oraz Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku. Analiza sporządzona została w wyniku udziału autorki w projekcie – *Narodowy Program Foresight – wdrożenie wyników*.

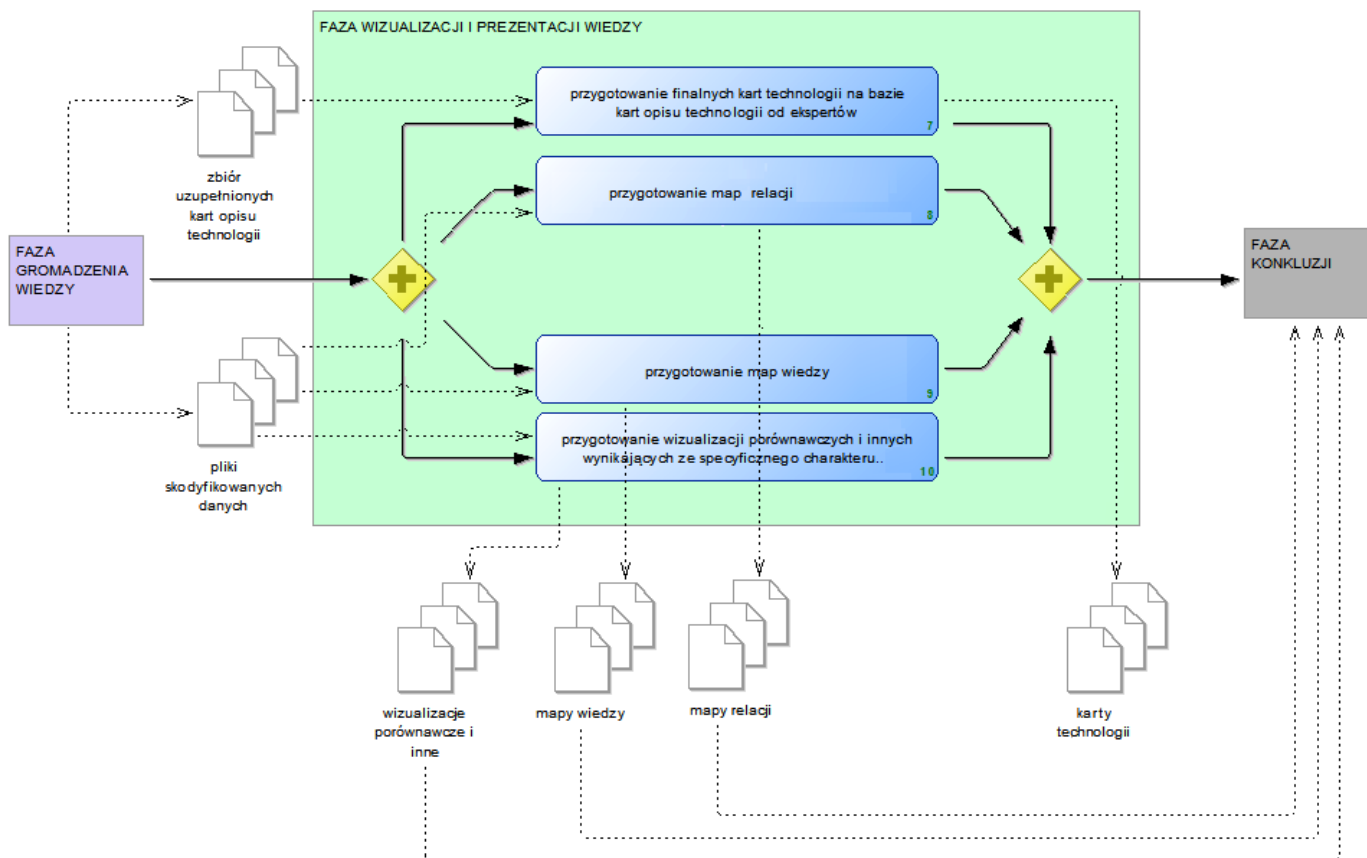
Wynikiem realizacji fazy gromadzenia wiedzy powinny być:

- uzupełnione karty opisu technologii jednak uporządkowane wraz z informacją o ich wykorzystaniu zarówno na finalnych kartach opisu technologii, jak i podczas przygotowywania wizualizacji zbiorczych i porównanych;
- skodyfikowane pliki danych umożliwiające wizualizację w formie sieci, odzwierciedlające zidentyfikowane w ramach prac:
 - relacje pomiędzy technologiami,
 - relacje pomiędzy związanymi z nimi elementami,
 - współwystępowanie słów kluczowych w opisach patentów, w opisach publikacji naukowych i/lub opisach projektów badawczych (powstałe na podstawie analizy tytułów, streszczeń bądź słów kluczowych).

Kolejną fazą metodyki mapowania technologii, następującą po gromadzeniu wiedzy, jest faza wizualizacji i prezentacji wiedzy. Fragment algorytmu dotyczący podejmowanych w jej obrębie działań zaprezentowano na rysunku 5.5. To faza, w której wszystkie działania mogą być realizowane równolegle.

W fazie wizualizacji i prezentacji wiedzy wykorzystywane są uporządkowane dane pochodzące z kart opisu technologii oraz pliki skodyfikowanych danych. To właśnie w ramach tej fazy generowane są elementy bazy wiedzy o technologiach. Podczas podejmowanych działań przygotowywane są karty technologii oraz zestawienia porównawcze. Powstającymi elementami są także mapy wiedzy oraz mapy relacji przedstawiające wybrane elementy w formie sieci. Wybór sieci jako jednej z form prezentacji danych zdeterminowany został faktem, że to właśnie sieć lepiej niż listy, czy tabele jest w stanie odzwierciedlić relacyjność. Ponadto, sieć dużo elastyczniej jest w stanie reagować na zmiany w przypadku struktury technologicznej i zwraca uwagę odbiorców w sposób dosadny na występowanie relacyjności technologii, uświadamiając ich często, że rozwój danego kierunku technologicznego nie pozostaje bez wpływu na inne. Stymuluje także inicjacje prac interdyscyplinarnych, stanowiąc równocześnie możliwe do wykorzystania uzasadnienie ich podejmowania. Opis elementów bazy wiedzy stanowiących rezultaty mapowania technologii wraz ze wskazaniem proponowanej formy, odniesienia oraz funkcji (określonej poprzez możliwości wnioskowania) poszczególnych elementów przedstawiono w tabeli 5.2.

Ewentualnym uzupełnieniem wymienionych elementów bazy wiedzy, które można określić mianem standardowych efektów realizacji mogą być inne wizualizacje bądź prezentacje wynikłe ze specyficznego charakteru technologii, co również uwzględniono w przebiegu algorytmu.



RYSUNEK 5.5. Algorytm mapowania technologii – faza wizualizacji i prezentacji wiedzy

ŹRÓDŁO: opracowanie własne w programie ADONIS CE.

TABELA 5.2. Zestawienie elementów bazy wiedzy o technologiach zgromadzonej w wyniku mapowania

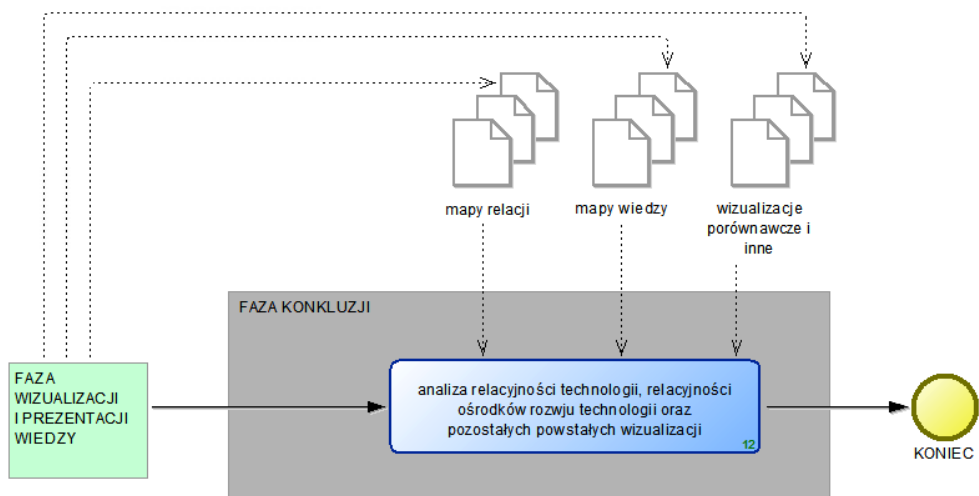
Element bazy wiedzy		Odniesienie	Forma	Funkcja (możliwości wnioskowania)
karta technologii		pojedyncza technologia	tekst, tabele oraz wizualizacje dotyczące danej technologii (w tym również mapy lokalizujące ośrodki związane z rozwojem pojedynczej technologii)	zebranie i usystematyzowanie podstawowej wiedzy o analizowanej technologii, wskazanie miejsc rozwoju jednostkowej technologii w układzie geograficznym
Mapy relacji	mapa relacji technologii	zbiór technologii	sieć – węzły odpowiadające analizowanym technologiom, powiązania zdefiniowane jako wzajemne wpływy stymulujące bądź destymulujące rozwój	określenie technologii najsilniej wpływających na inne z rozważanej grupy, technologii najbardziej uwikłanych w relacje z innymi, wskazanie klastrów technologii wzajemnie stymulujących bądź destymulujących swój rozwój, możliwość odniesienia i porównania zidentyfikowanych relacji z formalnym podziałem technologii (na przykład podziałem wedle obszarów zastosowań)
	mapa relacji ośrodków rozwoju technologii – ośrodki naukowe	pojedyncza technologia/ zbiór technologii	sieć – węzły odpowiadające ośrodkom naukowym rozwijającym technologie, powiązania zdefiniowane jako prowadzenie prac w zakresie tych samych technologii	identyfikacja istniejących oraz potencjalnych sieci współpracy w obszarze instytucji naukowo-badawczych
	mapa relacji ośrodków rozwoju technologii – producenci/ wytwórcy	pojedyncza technologia/ zbiór technologii	sieć – węzły odpowiadające wytwórcom/ producentom technologii, powiązania zdefiniowane jako zainteresowanie tymi samymi technologiami	identyfikacja istniejących oraz potencjalnych sieci współpracy w obszarze przedsiębiorstw wytwarzających technologie
	mapa relacji ośrodków rozwoju technologii	pojedyncza technologia/ zbiór technologii	sieć – węzły odpowiadające ośrodkom rozwoju technologii, powiązania zdefiniowane jako zainteresowanie tymi samymi technologiami	identyfikacja istniejących oraz potencjalnych sieci współpracy w obszarze ośrodków rozwoju technologii, również na linii nauka-biznes
	mapa relacji ekspertów związanych z rozwojem technologii	pojedyncza technologia/ zbiór technologii	sieć – węzły odpowiadające ekspertom rozwijającym technologie, powiązania zdefiniowane jako zainteresowanie tymi samymi technologiami	identyfikacja istniejących oraz potencjalnych sieci współpracy wśród ekspertów zajmujących się rozważanym zbiorem technologii

Element bazy wiedzy		Odniesienie	Forma	Funkcja (możliwości wnioskowania)
Mapy wiedzy związanej z rozwojem technologii	mapa wiedzy bazująca na publikacjach naukowych	pojedyncza technologia/zbiór technologii	sieć – węzły odpowiadające słowom kluczowym zidentyfikowanym w zbiorze publikacji, powiązania zdefiniowane jako współwystępowanie poszczególnych słów	identyfikacja wątków badawczych: (1) opisywanych w publikacjach naukowych (2) i/lub podejmowanych w projektach badawczych (3) i/lub znajdujących odzwierciedlenie w zgłoszeniach patentowych poprzez wskazanie najczęściej występujących słów kluczowych oraz ich kompilacji w opisach publikacji/projektów/patentów, pochodzących z danego regionu bądź dotyczących rozważanej technologii/grupy technologii
	mapa zagadnień badawczych rozwijanych w projektach badawczo-rozwojowych	pojedyncza technologia/zbiór technologii	sieć – węzły odpowiadające słowom kluczowym zidentyfikowanym w zbiorze projektów, powiązania zdefiniowane jako współwystępowanie poszczególnych słów	
	mapa opatentowanych rozwiązań technologicznych	pojedyncza technologia/zbiór technologii	sieć – węzły odpowiadające słowom kluczowym zidentyfikowanym w zbiorze opisów patentowych, powiązania zdefiniowane jako współwystępowanie poszczególnych słów	

Element bazy wiedzy		Odniesienie	Forma	Funkcja (możliwości wnioskowania)
Wizualizacje zbiorcze i porównawcze	mapy lokalizacji ośrodków rozwoju technologii w przestrzeni geograficznej	pojedyncza technologia/ zbiór technologii	mapy geograficzne z oznaczeniem ośrodków, mogą być ujęte jako jeden z elementów karty technologii	wskazanie ośrodków związanych z technologiami w ujęciu przestrzennym, identyfikacja regionów i/lub miejscowości o największym natężeniu prac badawczych w zakresie technologii
	zestawienie porównawcze niezbędnych nakładów finansowych	zbiór technologii	standardowy wykres słupkowy/kolumnowy/kołowy bądź zestawienie tabelaryczne	wskazanie technologii wymagających największych, najmniejszych nakładów finansowych
	zestawienie porównawcze poziomu rozwoju technologii	zbiór technologii	wykres – poszczególne oznaczenia technologii naniesione na oś poziomów rozwoju technologii bądź zestawienie tabelaryczne	identyfikacja technologii pozostających w fazie badań i rozwoju, technologii poddawanych testom i demonstracji oraz technologii na etapie realizacji i wdrażania

ŹRÓDŁO: opracowanie własne na podstawie A. E. Gudanowska, *Technology mapping – proposal of a method of technology analysis in foresight studies*, "Business: Theory and Practice" 2016, nr 17(3), s. 248; A. E. Gudanowska, *Tworzenie mapy wiedzy opartej na tematyce projektów badawczo-rozwojowych na przykładzie województwa podlaskiego*, "Economics and Management" 2015, nr 1, s. 257–270; A. Gudanowska, *Maps of Technology Experts Relations and Technology Development Centers Relations as a Part of the Technological Knowledge Base in Foresight Studies*, "Journal of System and Management Sciences" 2016, nr 6/1, s. 13–25; A. Gudanowska, *Mapa relacji technologii jako narzędzie wspomagające proces ich selekcji*, [w:] R. Knosala (red.) *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2016, t. 1, s. 59–70.

W ostatniej fazie – fazie konkluzji (rysunek 5.6) – należy dokonać analizy przygotowanych wizualizacji, wzbogacając tym samym bazę wiedzy o informacje, które nie byłyby możliwe bądź trudne do wychwycenia w wypadku analizy opisowej czy tabelarycznej formy prezentacji danych. Podczas fazy konkluzji możliwe jest między innymi dokonanie klasyfikacji technologii poprzez wskazanie technologii silnie zależnych bądź warunkujących rozwój pozostałych rozważanych na danym obszarze, czy tych niezależnych, wykluczonych poza sieć.



RYСУNEK 5.6. Algorytm mapowania technologii – faza konkluzji

ŹRÓDŁO: opracowanie własne w programie ADONIS CE.

Z uwagi na innowacyjność zagadnienia wizualizacji i analizy sieci technologicznych, postanowiono w ramach prezentacji metodyki mapowania technologii przybliżyć pokrótce istotę sieci relacji technologii i odnieść się do bazującego na niej wnioskowania. Współczesne rozumienie sieci ukształtowane zostało w dużym stopniu poprzez koncepcję analizy sieci społecznych (*Social Network Analysis* – SNA) a w ostatnich latach analizy sieci organizacyjnych (*Organizational Network Analysis* – ONA). To interdyscyplinarne metody identyfikacji, opisu i analizy związków wewnątrz grupy ludzi bądź organizacji, szeroko i dobrze opisane w literaturze. Podejście bazuje na teorii grafów, statystyce, algebrze macierzowej, czy naukach psychologicznych i antropologii. Głównym obiektem zainteresowania badaczy w tym względzie są relacje pomiędzy podmiotami. Podstawową strukturą w SNA jest zatem graf, a więc sieć relacji zilustrowana w postaci wierzchołków i ich połączeń. Przeprowadzenie analizy sieci społecznych umożliwia zbadanie pozycji jednostki w strukturze, wyodrębnienie grup w ramach sieci (klastrow), czy analizowanie globalnych własności struktury sieci. Analiza wykorzystywana przez przedsiębiorstwa i organizacje wspiera strategiczne zarządzanie, działalność innowacyjną, analizę procesów biznesowych, czy zarządzanie

wiedzą lub badania marketingowe. Miary opisujące sieci społeczne to między innymi centralność środka ciężkości, centralność *betweenness*, stopień wierzchołków wchodzących, stopień wierzchołków wychodzących, gęstość sieci, czy średnia długość ścieżki, jak również wiele innych umożliwiających obszerną i pogłębioną analizę struktury relacji społecznych opisanych siecią³⁸⁵.

W ogólnym ujęciu analogicznie do sieci społecznych autorka rozumie sieci relacji technologii. Tutaj również zasadniczą strukturą jest graf, w którym jednak wierzchołki odpowiadają za oznaczenie technologii, zaś ich połączenia wskazują na określone relacje pomiędzy technologiami. Biorąc pod uwagę, że sieć technologiczna ma jednak inny charakter od sieci społecznej, tak jak technologia jest zupełnie innym do badania obiektem niż członek danej społeczności, specyfika sieci społecznej mogła być jedynie inspiracją dla sieci technologicznej. Stąd też wykorzystanie wymienionych miar relacji, nacechowanych społecznym charakterem opisywanych przez nie związków jest możliwe jedynie w ograniczonym zakresie.

5.3. Wizualizacja w metodycie mapowania technologii

Jednym z aspektów niezwykle istotnych podczas wizualizacji i analizy struktur sieciowych jest możliwe do wykorzystania oprogramowanie. To obecnie wiele bezpłatnych bądź komercyjnych rozwiązań wspomagających analizę sieci w kontekście analiz bibliometrycznych, analiz patentów, czy analiz sieci społecznych. Niektóre z programów umożliwiają analizę nawet bardzo rozległych sieci (jak PAJEK, czy UCINET z wbudowanym modulem do wizualizacji danych NetDraw), niektóre nakierowane są mocno na statystyczną analizę sieci (jak R, StOCNET), inne pozwalają na ciekawe wizualnie, poglądowe zaprezentowanie odpowiednio przygotowanych danych (na przykład VOSviewer z mapami termicznymi) bądź stanowią możliwą do wykorzystania rozbudowę innego oprogramowania (jak NodeXL funkcjonujące jako szablon do Microsoft Excel do wykonywania wykresów sieciowych). Część spośród dostępnych programów to narzędzia wymagające znajomości podstaw programowania czy konkretnego języka programowania (jak WEKA, czy R), inne to narzędzia proste w obsłudze, nie wymagające dodatkowych specjalistycznych umiejętności i wiedzy (jak na przykład PAJEK, VOSviewer). Listę wybranych rozwiązań programistycznych wraz z informacją o miejscu, gdzie można pobrać każde z nich

³⁸⁵ A. Stachowicz-Stanusch, A. Sworowska, *Analiza sieci społecznych...*, s. 353; M. Gancarczyk, *Koncepcja sieci z perspektywy teorii kosztów transakcyjnych*, „Współczesne Zarządzanie” 2012, nr 3, s. 61; Portal BIZNES Social Network Analysis, [online], dostęp zdalny: sna-biz.pl, [data wejścia 11.01.2019]; W. de Nooy, A. Mrvar, V. Batagelj, *Exploratory Social Network Analysis With Pajek. Structural Analysis in the Social Sciences*, Cambridge University Press, 2005; A. E. Gudanowska, *Analiza sieci jako narzędzie wizualizacji i oceny struktury organizacji*, [w:] R. Knosala (red.) *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2017, t. 1, s. 183–192.

umieszczono w tabeli 5.3. Zdecydowana większość to rozwiązania typu *opensource*, a więc dostępne bezpłatnie. Dla przykładu, w tabeli umieszczono także kilka pozycji dotyczących rozwiązań komercyjnych. Przedstawione zestawienie to wybrane głównie z uwagi na ich dostępność rozwiązania informatyczne.

TABELA 5.3. Zestawienie wybranych programów do wizualizacji i analizy sieci

PROGRAM	DOSTĘPNOŚĆ
Pajek	http://mrvar.fdv.uni-lj.si/pajek/ (dostępny bezpłatnie)
UCInet (z modułem NetDraw)	http://www.analytictech.com/products.htm (moduł NetDraw dostępny bezpłatnie, pełny pakiet UCInet płatny)
R	http://www.r-project.org/ (dostępny bezpłatnie)
GEPHI	https://gephi.org/users/download/ (dostępny bezpłatnie)
ORA	http://www.casos.cs.cmu.edu/projects/ora/download.php (dostępny bezpłatnie do zastosowań niekomercyjnych)
StoCNET	https://stocnet.gmw.rug.nl/content/software.htm (dostępny bezpłatnie do zastosowań niekomercyjnych)
VOSviewer	http://www.vosviewer.com/ (dostępny bezpłatnie)
NodeXL (wersja basic)	https://nodexl.com/ (dostępne bezpłatnie)
Visione	http://visone.info/html/download.html (dostępny bezpłatnie do zastosowań niekomercyjnych)
Cytoscape	http://www.cytoscape.org/download.html (dostępny bezpłatnie)
CiteSpace	http://cluster.ischool.drexel.edu/~cchen/citespace/download.html (dostępny bezpłatnie)
Social Network Vizualizer	https://socnetv.org/ (dostępny bezpłatnie)
Tulip	http://tulip.labri.fr/TulipDrupal/ (dostępny bezpłatnie)
WEKA	http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/downloading.html (dostępny bezpłatnie)
VANTAGE POINT	https://www.thevantagepoint.com/products.html (rozwiązanie komercyjne)
MATHEO ANALYZER	https://www.matheo-software.com/matheo-analyzer/ (rozwiązanie komercyjne)
NET MINER	http://www.netminer.com/main/main-read.do (rozwiązanie komercyjne)

ŹRÓDŁO: opracowanie własne na podstawie przeglądu stron internetowych producentów oprogramowania oraz K. Kłincewicz, M. Żemigala, M. Mijał, *Bibliometria w zarządzaniu technologiami i badaniami naukowymi*, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa 2012, s. 222–253; M. Karbowski, *Warsztat ekspercki: Analiza Sieci Społecznych*, materiały szkoleniowe, Warszawa 2012.

Wybór konkretnego oprogramowania powinien być decyzją wykorzystującego metodykę badacza, zdeterminowaną jego umiejętnościami oraz predyspozycjami. Spośród obszernej listy dostępnych narzędzi na potrzeby prowadzonych badań autorka wybrała dwa narzędzia. Pierwsze z nich to jeden z najpopularniejszych programów, chętnie wykorzystywany zarówno w aspekcie analiz bibliometrycznych, jak i analizy sieci społecznych. Jest to program PAJEK. Za jego wyborem przemawia zarówno dostępność oprogramowania (jeden z programów dostępnych bezpłatnie, prosty w obsłudze, łatwy w instalacji, dobrze udokumentowany), jak i fakt, że wiele z pozostałych wymienionych programów odczytuje i umożliwia przetwarzanie sieci opisanych danymi w formacie PAJEKa. Pogłębiona znajomość tego narzędzia umożliwia wykorzystanie – jeśli znajdzie taka potrzeba – innych, bardziej zaawansowanych pod względem formy wizualizacji. Jednak w opinii autorki należy pamiętać, że choć atrakcyjnym może wydawać się rozwój coraz bardziej zaawansowanych wizualizacji (szczególnie z uwagi na bogaty wachlarz dostępnych narzędzi) to metodyka powinna zakładać wykorzystanie w miarę prostego i łatwo dostępnego oprogramowania. Ponadto należy zauważyć, że wizualizacja jest tylko jednym z elementów metodyki. To ważny aspekt jej realizacji, dający możliwość zarówno łatwiejszej interpretacji bazy wiedzy, jak i ciekawej formy przedstawienia wyników, jednak nie zasadnicza część merytoryczna.

Program PAJEK na podstawie danych przygotowanych w odpowiedniej formie wyrysowuje graf. Podstawową strukturą danych w programie jest struktura sieci z węzłami i połączeniami węzłów (pliki z rozszerzeniem .net). Dane mogą być wyjściowo zapisane w notatniku bądź innym edytorze tekstu. Umożliwia proste analizy sieci oraz porządkowanie i klasyfikowanie danych. Formatem wykorzystanym przez autorkę był format macierzy sąsiedztwa. Przykładowy kod zapisany w pliku tekstowym z rozszerzeniem .mat, definiujący relacje pomiędzy piętnastoma elementami powinien wyglądać następująco:

**Vertices 15*

1 A

2 B

3 C

4 D

5 E

6 F

7 G

8 H

9 I

10 J

11 K

12 L

13 M

14 N

15 O

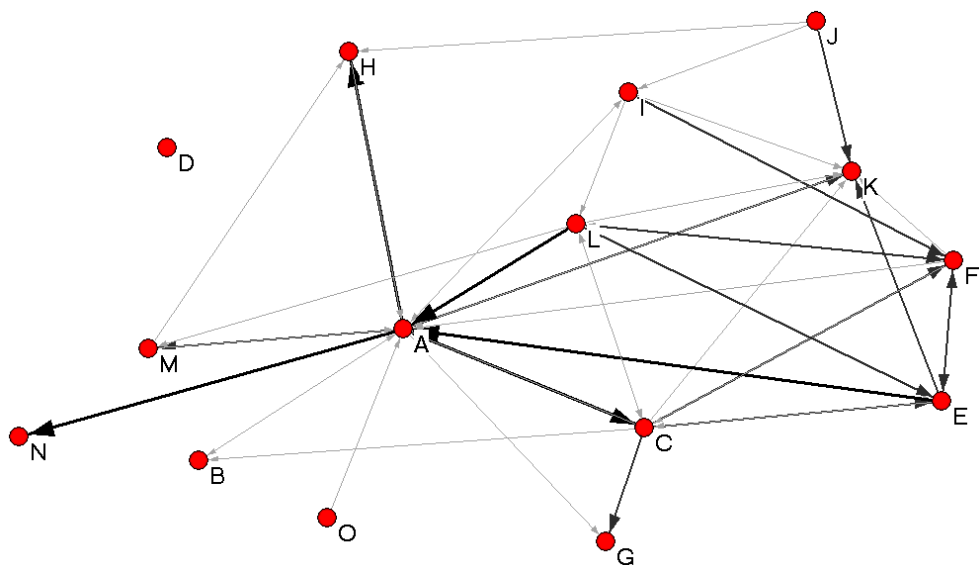
**Matrix*

```

1 1 3 0 1 0 1 3 1 0 2 0 2 3 0
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 1 0 0 2 2 2 0 0 0 1 1 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
3 0 1 0 0 2 0 0 0 0 2 0 0 0 0
1 0 1 0 2 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 0 0 0 0 2 0 0 0 0 1 1 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 2 0 0 0 0
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
3 0 1 0 2 2 0 0 0 0 1 0 1 0 0
1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

W wyniku załadowania do programu powyższego kodu wyrysowywana jest sieć widoczna na rysunku 5.7.

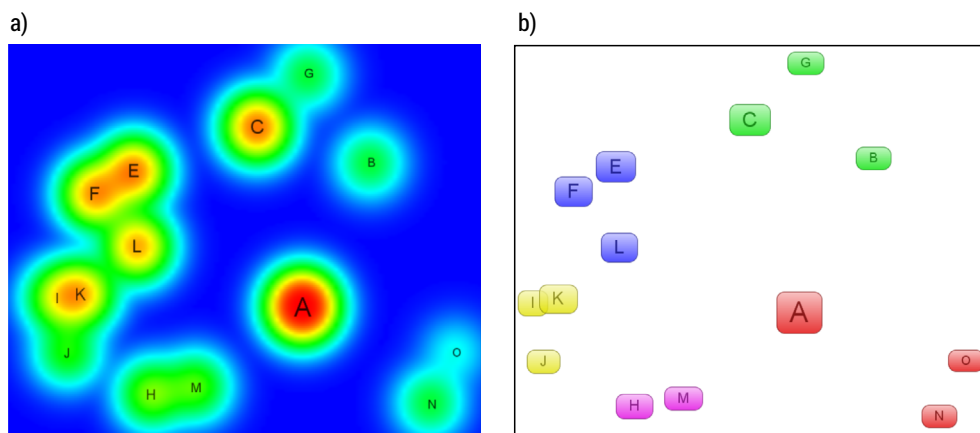


RYSUNEK 5.7. Przykładowa wizualizacja danych w programie PAJEK

ŹRÓDŁO: opracowanie własne w programie PAJEK.

Analizując rysunek 5.7 widoczne jest, że program odzwierciedlać może zarówno kierunek połączeń węzłów oraz siłę takich połączeń. W przykładzie wybrano wyrysowanie grafu skierowanego (połączenia to łuki zakończone strzałkami), a więc połączenia między elementami A i B mogą cechować się różną siłą w różnych kierunkach (wpływ A na B oraz wpływ B na A). Wyjściowe położenie elementów określone jest zgodnie z wybranym w oprogramowaniu algorytmem, jednak po wyrysowaniu sieci możliwe jest dowolne modyfikowanie położenia węzłów. Program umożliwia ponadto określenie wielkości węzłów na mapie bądź też ich grupowanie poprzez stworzenie i uzupełnienie dodatkowych partycji bądź wektora, możliwe jest także wyliczanie podstawowych statystyk, między innymi stopnia wejściowego/wyjściowego – ogólnego oraz ważonego siłą połączeń, pośrednictwa węzła, czy jego bliskości.

Drugim oprogramowaniem, polecanym przez autorkę publikacji podczas tworzenia wizualizacji w ramach mapowania technologii jest także inne z bezpłatnych narzędzi programistycznych wymienionych w tabeli 5.3 – aplikacja VOSviewer. To oprogramowanie szczególnie użyteczne w przypadku pracy z dużą liczbą danych. Ponadto, co bardzo użyteczne w kontekście tworzenia map wiedzy odnoszących się do publikacji naukowych, jest to narzędzie pozwalające na generowanie wizualizacji bazujących na danych pochodzących z baz Web of Science, Scopus czy PubMed. VOSviewer umożliwia pracę na danych wygenerowanych bezpośrednio z wymienionych baz, ale także przygotowanych w formacie oprogramowania PAJEK. W programie możliwe jest wygenerowanie danej mapy w kilku odsłonach. Analogiczne dane, które posłużyły do przykładowej wizualizacji w PAJEKU wykorzystano aby przygotować przykład wizualizacji w VOSviewer. I tak na rysunku 5.8 zaprezentowano wizualizację w dwóch spośród dostępnych w oprogramowaniu form – *density visualization* oraz *network visualization*.



RYСУNEK 5.8. Przykładowa wizualizacja danych w programie VOSviewer: (a) *density visualization*, (b) *network visualization*.

ŹRÓDŁO: opracowanie własne w programie VOSviewer.

Form wizualizacji, jakie można wygenerować w VOSviewer jest kilka a z uwagi na ciągły rozwój oprogramowania w kolejnych wersjach programu dostępne są nowe bądź zmodyfikowane formy. Każda z nich skupia uwagę na innym aspekcie porządkowania danych. Przykładowo pokazane *density visualization* umożliwia skupienie na częstości występowania danych elementów w sieci i równocześnie ujmuje informacje o częstości ich współwystępowania. Wielkość i wyrazistość czcionki, którą zapisano daną etykietę oznacza częstość jej występowania w analizowanym zbiorze. Te elementy, które znajdują się blisko siebie często występują we wzajemnych relacjach, zaś te oddalone od siebie nie występują razem w ogóle bądź zdarza się to bardzo rzadko. Na ogół również te sformułowania, które pojawiają się w centrum mapy, a więc tworzące najsilniejszy oznaczony czerwonym kolorem klastrer współwystępują z większą liczbą sformułowań i są związane z różnymi elementami. Elementy położone na krawędziach, które współwystępują z niewielką liczbą innych sformułowań należą często do wyizolowanych pól. To ujęcie przydatne podczas szybkiej identyfikacji ważnych obszarów na mapie. Z kolei mapy *network visualization* pozwalają obejrzyć te same oznaczenia w tym samym układzie jednak przy zwróceniu uwagi dodatkowo na klastry, jakie tworzą analizowane elementy. Kolory etykiet wskazują klastry, powstałe poprzez współwystępowanie danych elementów. Należy podkreślić, że klastry widoczne na mapach z etykietami, oznaczone kolorami, stanowią odzwierciedlenie przyporządkowania danego elementu do tych, z którymi występuje w relacji najczęściej. Ten sam element może być równocześnie częścią innego klastra, w którym jednak pojawia się rzadziej. To widok przydatny szczególnie podczas bardziej szczegółowej analizy mapy. W przypadku widoku *network visualization* możliwe jest naniesienie na wizualizację również informacji o połączeniach pomiędzy węzłami prezentowanej oraz ich sile, poprzez wskazanie w opcjach wizualizacji maksymalnej liczby wyświetlanych połączeń (jeśli ogólna liczba połączeń przekracza podaną wartość maksymalną wyświetlane są te najsilniejsze)³⁸⁶.

W obu programach – PAJEK i VOSviewer – możliwe także jest tworzenie map bazujących na statystyce i analizie opisów patentów i publikacji. Za węzły przyjąć można w tym wypadku słowa kluczowe charakteryzujące patent/publikację, a następnie zbadać ich współwystępowanie. Tak przygotowane wizualizacje są typowymi mapami wiedzy, tworzonymi w pracach z zakresu bibliometrii. Opisywane na łamach literatury są także analizy, w których za węzły przyjmuje się autorów publikacji bądź zgłaszających patenty i analizuje się współautorstwo danego zbioru publikacji/patentów. Warto pamiętać, że w tym kontekście możliwe jest również postrzeganie projektów badawczych, opisywanych przecież danym tytułem, streszczeniem, dyscypliną i informacją o kierowniku czy realizatorach badania.

³⁸⁶C. J. F. Waaijer, C. A. van Bochove, N. J. van Eck, *On the map: Nature and Science editorials, "Scientometrics"* 2011, t. 86, nr 1, s. 99–112; N. J. van Eck, L. Waltman, *VOSviewer Manual. Manual for VOSviewer version 1.6.16*, dokumentacja oprogramowania, 2020.

Warto zwrócić uwagę na fakt, że wizualizacja w metodyce mapowania technologii pozwala skupić się nie tylko na technologii, ale także na związanych z nimi zasobami niezbędnymi do przeanalizowania podczas decyzji w zakresie wyboru rozwojowych rozwiązań technologicznych. Zgodnie z mechanizmami w strukturze zarządzania technologią – *technology push* oraz *market pull*, technologia może być efektem prowadzonych w jednostkach naukowych w danym regionie prac badawczych bądź też może stanowić odpowiedź na pojawiające się w regionie zapotrzebowanie na konkretne rozwiązania ze strony przedsiębiorców czy społeczeństwa.

W aspekcie pierwszego mechanizmu znaczenia nabiera obserwacja popularnych obszarów badawczych, tak by poprzez ich analizę możliwe było wskazanie tendencji w prowadzonych pracach badawczych, co może sugerować obszary szczególnie rozwijane, a więc te, w których pojawiać się będą nowe rozwiązania technologiczne. Odzwierciedlenie trendów badawczych podejmowanych w tych pracach stanowią publikacje naukowe oraz realizowane projekty badawczo-rozwojowe. Podczas mapowania technologii istotne jest monitorowanie nie tylko samych technologii, ale także rozwijanych kierunków badawczych, by dostarczać kompleksowej bazy wiedzy dla zasadnego wnioskowania o rozwoju technologicznym. Powstałe w tym zakresie wizualizacje określić można jako mapy wiedzy związanej z rozwojem technologii oparte na publikacjach czy projektach badawczych.

Z perspektywy drugiego mechanizmu – *market pull* – istotna jest opinia przedsiębiorców i informacje o prowadzonych przez nich działaniach, co jest jednak wiedzą niezwykle trudną do uzyskania z uwagi na wspomnianą wcześniej klauzulę tajności, która może mieć zastosowanie w przedsiębiorstwie, a zdobywane w tym zakresie informacje rzadko stanowią obszerną, wymagającą jedynie uporządkowania wiedzę, tak by możliwe było jej zmapowanie. Działaniem wspomagającym analizę potencjału technologicznego regionu może być obserwacja patentów, jako mierzalnych rezultatów prac badawczych, rozwiązań wdrożonych w praktyce. To na styku już istniejących rozwiązań mogą pojawiać się niezagospodarowane obszary, tak zwane nisze technologiczne, których zapełnienie z czasem będzie niezbędne, wymuszone przez rynek. Odpowiednio wczesne rozpoznanie w tym zakresie pozwala specjalistom w danej dziedzinie również na wskazanie przyszłościowych, wartych uwagi rozwiązań technologicznych. Wizualizacje w tym zakresie, jako, że skupiają uwagę na konkretnych rozwiązaniach technologicznych określane mogą być jako mapy opatentowanych rozwiązań technologicznych.

Dane dotyczące zarówno publikacji, patentów, jak i zakwalifikowanych do finansowania ze strony państwa projektów badawczych są łatwo dostępne. Celem map relacji powstałych na bazie tych danych jest zwrócenie uwagi na dotychczasowe tendencje badawcze, z kolei decyzyja czy to właśnie na nich skupić należy dalszy rozwój technologiczny zależy również od innych czynników. Warto pamiętać, że nie można traktować informacji zebranych na mapach jako sztywnej propozycji kierunków technologicznego rozwoju, a raczej jako źródło wiedzy kompleksowo ujmujące dotychczas podejmowane prace i rozwijane obszary zainteresowań.

Należy ponadto zauważyć, że powstałe wizualizacje w formie map dostarczają wiedzy, jaka niemożliwa byłaby do uzyskania poprzez analizę poszczególnych opisów tekstowych, czy nawet bazujących na nich zestawieniach tabelarycznych. Szczególnie przy pracy na obszernych zbiorach danych dostrzeżenie zależności w krótkim czasie, bez pogłębionej i długiej analizy wymyka się możliwościom ludzkiej percepcji. Mapowanie, wykorzystujące możliwość wizualizacji jest sposobem na szybkie i jasne, całościowe ujęcie zebranej wiedzy. Technologia jako przedmiot badawczy jest trudna do jednoznacznego zdefiniowania, uwikłana w relacje z innymi obiektami, wymagająca ujęcia szerokiego kontekstu otoczenia związanego z twórcami technologii, badaniami prowadzącymi do odkrycia danego rozwiązania, czy istniejącymi obecnie alternatywnymi bądź odwrotnie – uzupełniającymi rozwiązaniami technologicznymi. W przypadku takiego przedmiotu badawczego, metoda umożliwiająca syntetyczne zebranie i przejrzyste przedstawienie związanej z nimi wiedzy, uwypuklająca pewne prawidłowości niedostrzegalne w innej niż wizualna formie wydaje się szczególnie użyteczna. Ponadto możliwość ujęcia tak obszernego zbioru danych wpływa na rzetelność i zasadność wysnuwanych na jego podstawie wniosków w zakresie przyszłego rozwoju technologicznego, co istotne jest zwłaszcza w aspekcie badań foresightowych wymagających często wskazania uzasadnionych propozycji kierunków rozwoju technologii.

Podsumowanie

Zasadniczym celem niniejszej publikacji było przedstawienie metodyki mapowania technologii na potrzeby badań foresightowych wspomagającej wybrane etapy procesu zarządzania technologią: identyfikację oraz selekcję technologii. Opracowana metodyka mapowania technologii jest wynikiem przedstawionych studiów literaturowych oraz jej pilotażowego zastosowania w wybranym projekcie foresightowym.

Dzięki aplikacji metodyki mapowania technologii w tym obszarze autorka miała możliwość wykorzystania wiedzy krajowych ekspertów technologicznych, specjalistów dziedzinowych, których tak duże zaangażowanie byłoby trudne w badaniach o mniejszym formacie. Realizatorzy projektu nie skupiali się na identyfikacji możliwych ogólnych kierunków rozwoju technologicznego regionu; zakładano wskazanie możliwych kierunków jego rozwoju w konkretnym obszarze jako alternatywy dla dotychczas prowadzonej polityki rozwojowej oraz zaproponowano inny, odmienny od dotychczasowych trend rozwojowy³⁸⁷. W kontekście mapowania technologii założono, że sporządzone w projekcie wizualizacje nie powinny stać się imperatywem do powzięcia decyzji dotyczącej wskazania jednej bądź kilku najważniejszych technologii, ani też ośrodków czy ekspertów. Jak podkreślano, zgodnie ze wskazówkami przedstawionymi w zagranicznej literaturze z zakresu diagnozy bieżącego stanu technologii, zadaniem mapowania technologii, jako metody wpisującej się w ten nurt, jest dostarczenie możliwie szerokiej bazy wiedzy o technologiach. Od odbiorcy procesu mapowania, który wybiera daną bądź dane technologie priorytetowe jako istotny kierunek rozwoju w regionie czy przedsiębiorstwie, zgodnie z przyjętymi przez niego celami i zaistniałymi potrzebami, wymaga się przestudiowania odpowiedniej karty technologii, zidentyfikowania technologii na mapie relacji, tak aby móc spojrzeć na nią w aspekcie powiązanych z jej rozwojem innych technologii ważnych dla regionu, odczytania ośrodków naukowo-badawczych, wytwórców/producentów oraz ekspertów zajmujących się daną technologią na kartach oraz sprawdzenia ewentualnie istniejących powiązań pomiędzy nimi na mapach relacji.

Przeprowadzony w publikacji przegląd dotychczas wykorzystywanych rozwiązań dotyczących diagnozy bieżącego stanu technologii, wskazuje na potrzebę rozwiązań w tym zakresie. Różne podejścia opisywane w literaturze wskazały na brak metodycznego, jednolitego rozwiązania, na którym oprzeć można proces przeprowadzenia

³⁸⁷ J. Nazarko (red.), *Podlaska strategia rozwoju nanotechnologii do roku 2020*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2013, s. 106.

takiej analizy. Zauważalne jest, że aspekt ilościowy reprezentują wątki rozwijane i opisywane w literaturze naukometrycznej z zakresu bibliometrii i patentometrii, poparte wieloma udokumentowanymi przykładami. W zakresie tym wskazano także przykłady możliwych do przygotowania wizualizacji, uzupełniających bazę wiedzy o technologiach. Z kolei aspekt jakościowy oceny bieżącego stanu technologii charakteryzuje się większym nieuporządkowaniem i wieloma niejednoznacznymi propozycjami przedstawionymi w literaturze. Opis metodyki mapowania technologii przedstawiony w publikacji dostarcza uporządkowaną procedurę naukowego postępowania, której przeprowadzenie pozwala na zebranie możliwie najszerszej wiedzy o wybranej grupie technologii. Wykorzystanie metody mapowania technologii podczas jej pilotażowego wdrożenia pozwoliło realizatorom projektu na usprawnienie działań z zakresu identyfikacji technologii cechujących się potencjałem rozwoju na analizowanym obszarze geograficznym oraz wspomogło decyzje w zakresie wyboru rozwiązań priorytetowych.

Należy też stwierdzić, że dostrzeżenie struktury sieciowej w technologiach rozważanych jako osie rozwoju umożliwiło ich prezentację w formie uwypuklającej zachodzące pomiędzy nimi relacje i pogłębioną diagnozę obecnego stanu technologii. Mapy tworzone podczas procesu mapowania stanowią ciekawe ujęcie wiedzy trudnej do zrozumienia w innej formie. Ponadto, zidentyfikowane relacje międzyobszarowe na mapie relacji technologii, w formalnym układzie sieci, za który należy przyjąć przypisanie technologii do poszczególnych obszarów i kategorii zastosowań nie byłyby możliwe do uchwycenia. Wiedza o tym, jak rozwój danej technologii wpływa na inne pozwala lepiej rozlokować zasoby i wysiłki.

Opisana metodyka wraz z algorytmem postępowania uwzględniającym oczekiwane efekty realizacji poszczególnych zadań stanowi kompleksowe podejście do mapowania technologii. Należy pamiętać, że jego aplikacja w konkretnym badaniu foresightowym może wymagać zastosowania pełnej metodyki, ale też możliwe jest wybranie jedynie części zadań do realizacji, w zależności od przekonania i potrzeb odbiorców. Zalecane jest – jeśli tylko dostępne dane nie podważają zasadności ich przeprowadzenia – wykorzystanie pełne. Dane pozyskiwane do mapowania powinny stanowić szeroki zbiór wiedzy eksperckiej i/lub danych ilościowych oraz odnosić się do kontekstu obszaru realizacji projektu (kraju, regionu, sektora czy przedsiębiorstwa). Wyniki przeprowadzonego mapowania technologii mogą stanowić podstawę wnioskowania w zakresie wyboru technologii istotnych dla obszaru, czy po prostu dostarczać wyjściowej wiedzy osobom planującym rozwój w ich zakresie. W kontekście badań foresightowych, na który położono nacisk w niniejszej publikacji, mapowanie technologii powinno umożliwić podejmowanie bardziej rzetelnych decyzji w zakresie wyboru technologii priorytetowych. Przeprowadzony proces powinien pozwolić nie tylko określić stan rozwoju danego rozwiązania technologicznego, ale również dostarczać informacji o otoczeniu, w jakim ma się ono rozwijać, co wspomagać będzie także proces opracowania kryteriów selekcji technologii. Większego znaczenia mogą nabrać zatem tu takie elementy karty technologii, jak poziom jej akceptacji społecznej, ekologicznej czy wiedza o ośrodkach i ekspertach rozwijających daną

technologią. Podczas gdy wykorzystanie metodyki odbywać się będzie nie na potrzeby badań foresight, a w celu przeprowadzenia diagnozy rozwoju technologii na przykład na potrzeby konkretnego przedsiębiorstwa istotniejsze mogą wydawać się aspekty ukazane na mapach relacji technologii czy mapy wiedzy związane z danym rozwiązaniem wspomagające identyfikację nisz i poszukiwanie innowacji.

Zaproponowane rozwiązanie metodyczne może znaleźć zastosowanie nie tylko w badaniach foresightowych. Jego potencjał może zostać wykorzystany zawsze, gdy pożądane jest zdiagnozowanie technologii i budowa bazy wiedzy o niej. Może być przeprowadzone w celu podkreślenia istniejących struktur i powiązań, niewidocznych bądź trudno dostrzegalnych w innej formie, ale także w aspekcie analizy technologii podczas optymalizacji jej parametrów i porównania stanów „przed” i „po”, czy unaocznienia nie tyle relacje, ile przepływy informacji bądź zasoby w strukturze sieci technologii, na przykład wykorzystywane w wybranym przedsiębiorstwie.

Aneks

Załącznik 1. Przykład karty technologii

Karta technologii NANOSTRUKTURYZACJI METALI I STOPÓW LEKKICH W SZCZEGÓLNOŚCI OPARTYCH NA METODACH DUŻEGO ODKSZTAŁCENIA PLASTYCZNEGO powstała w projekcie *Foresight technologiczny „NT FOR Podlaskie 2020” Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii* (źródło: A. Kononiuk (red.), A. Gudanowska (red.), *Kierunki rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Mapy. Marszruty. Trendy*, Politechnika Białostocka, Białystok 2013, s. 97–99)

T38 TECHNOLOGIE NANOSTRUKTURYZACJI METALI I STOPÓW LEKKICH W SZCZEGÓLNOŚCI OPARTE NA METODACH DUŻEGO ODKSZTAŁCENIA PLASTYCZNEGO

Krótką charakterystyka technologii

Metody dużego odkształcenia plastycznego (*Severe Plastic Deformation – SPD*) opierają się na koncepcji przekształcenia mikrometrycznej struktury ziarnistej konwencjonalnych materiałów metalicznych w strukturę nanometryczną przez reorganizację struktury dyslokacyjnej tworzącej się w wyniku odkształcenia plastycznego. Dla małych wartości odkształcenia defekty generowane w materiale, głównie dyslokacje, rozmieszczone są przypadkowo. Po przekroczeniu pewnego krytycznego odkształcenia ulegają one przegrupowaniu tworząc ściany dyslokacyjne, komórki oraz pasma ścinania. Wraz ze wzrostem wartości odkształcenia zmniejszają się odległości pomiędzy granicami ziaren a w efekcie powstaje struktura złożona z ziaren o nanometrycznych wielkościach i dużych kątach dezorientacji granic ziaren. Rozdrobnienie ziarna do rozmiarów nanometrycznych wpływa na właściwości mechaniczne metalu, a zwłaszcza jego wytrzymałość. Zgodnie z zależnością Halla-Petcha można spodziewać się znacznego wzrostu wytrzymałości materiału wraz ze zmniejszaniem się średniej średnicy ziaren.

Cel stosowania technologii

Rozdrobnienie ziarna i wytworzenie litego materiału o wyższych właściwościach mechanicznych.

Przykłady obecnego zastosowania

Bioinżynieria – protezy i implanty, siatki katalityczne, MEMS, przewody elektryczne, nity.

Niezbędne wyposażenie laboratorium

prasy wraz z układami wspomagającymi (walce, stemple, matryce, układy chłodzące i inne w zależności od metody SPD) – podstawowe wyposażenie

sprzęt do badania właściwości mechanicznych (twardościomierze, maszyny wytrzymałościowe) – opcjonalnie

urządzenia do charakterystyki struktury (mikroskopy TEM, SEM) – opcjonalnie

obróbka matryc,
stempli i wsadów

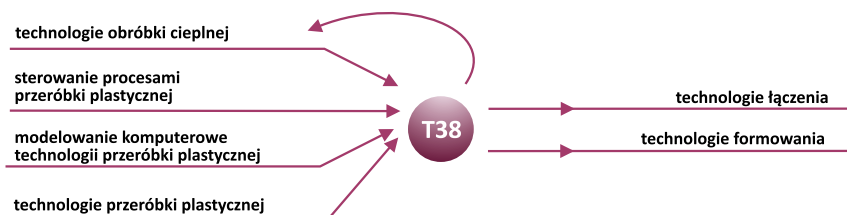
obróbka
powierzchniowa wsadu

kinematyka działania
urządzeń do realizacji
SPD, typy
generowania naprężeń

komponenty technologii
TECHNOLOGIE NANOSTRUKTURYZACJI METALI I STOPÓW LEKKICH
W SZCZEGÓLNOŚCI OPARTE
NA METODACH DUŻEGO ODKSZTAŁCENIA PLASTYCZNEGO

T38

Determinanty technologii T38 i technologie zależne od T38 w bezpośredniej ocenie eksperckiej

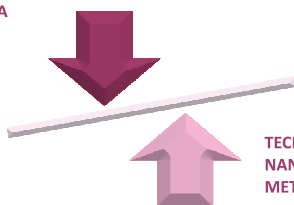


Korzyści i bariery rozwoju technologii T38

+	-
zmniejszenie masy i wymiarów elementów konstrukcyjnych przy zachowaniu ich wysokich właściwości wytrzymałościowych a co za tym idzie zmniejszenie emisji CO ₂ do atmosfery	koszty eksploatacji urządzeń do realizacji procesów SPD
pojawienie się nowych rynków zbytu	małe rozmiary produktów
	niska stabilność termiczna otrzymanych nanometali, problemy z łączeniem tych elementów (nie można ich spawać)
	koszty uruchomienia produkcji
	problemy z chłodzeniem podczas procesów SPD

Alternatywne technologie i ewentualna przewaga technologii T38

TECHNIKI BOTTOM-UP
(KONSOLIDACJA PLASTYCZNA
NANOPROSKÓW, HIP),
KRYSTALIZACJA SZKIEŁ
METALICZNYCH, OSADZANIE
Z FAZY GAZOWEJ CVD, PVD



TECHNOLOGIE
NANOSTRUKTURYZACJI
METALI I STOPÓW

większy zakres obrabianych materiałów,
stały skład chemiczny (przy PVD, CVD,
konsolidacji proszków można mieć problem
z zanieczyszczeniami, które wnukną
do materiału, np. utlenianie się powierzchni)

Ekspersi z zakresu technologii T38

prof. dr hab. inż. Leopold Adam Berkowski
dr hab. inż. Małgorzata Grądzka-Dahlke
prof. dr hab. inż. Jan Ryszard Dąbrowski
prof. dr hab. inż. Henryk Antoni Dybiec
dr hab. inż. Halina Maria Garbacz
dr inż. Mariusz Kulczyk

prof. dr hab. inż. Małgorzata Anna Lewandowska
dr hab. inż. Grzegorz Jan Niewielski
dr inż. Lech Jan Olejnik
dr Wacław Józef Pachla
prof. dr hab. inż. Zbigniew Pakieła
prof. dr hab. inż. Maria Wiesława Richert

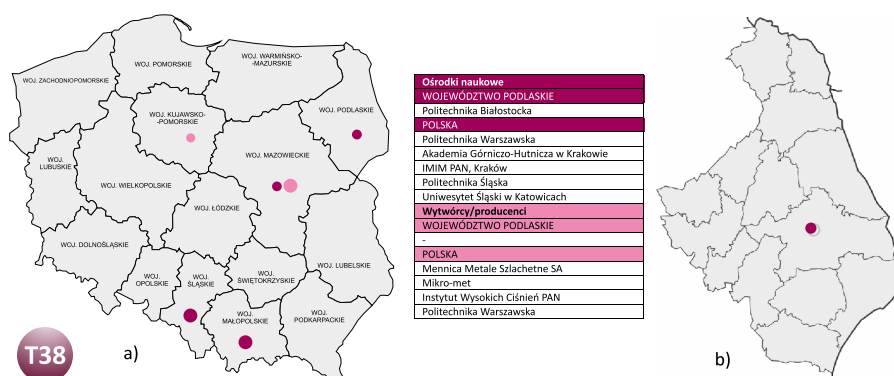
Najważniejsze patenty związane z technologią T38

- P-388 159 – Sposób kątownego wyciskania wyrobów, zwłaszcza metalowych
- P-379858 – Przyrząd do obróbki plastycznej metali
- P-379859 – Sposób kształtowania odkuwek i przyrząd do kształtowania odkuwek matrycą segmentową
- P-379860 – Sposób plastycznego kształtowania wyrobów metalowych i przyrząd do plastycznego kształtowania wyrobów metalowych
- P-379861 – Przyrząd do obróbki plastycznej matrycą segmentową

Wykaz podstawowej literatury związanej z technologią T38

- K. J. Kurzydłowski (red.), M. Lewandowska (red.), *Nanomateriały inżynierskie, konstrukcyjne i funkcjonalne*, PWN, Warszawa 2010
- M. Lewandowska, K. J. Kurzydłowski, *Synergic effects of grain refinement and precipitation strengthening*, "Journal of Materials Science", nr 45, 2010, s. 4877-4883
- K. J. Kurzydłowski, *Modelling of the microstructure and properties in the length scales varying from nano- to macroscopic*, "Bulletin of the Polish Academy of Sciences", nr 58, 2010, s. 217-226
- R. Nowak, F. Yoshida, D. Chrobak, K. J. Kurzydłowski, T. Takagi, T. Sasaki, *Nanoindentation Examination of Crystalline Solid Surface*, [w:] *Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology*, H. S. Nalwa (red.), American Science Publishers, 2011, s. 313-374.
- W. Lojkowski, A. Gedanken, E. Grzanka, A. Opalinska, T. Strachowski, R. Pielaszek, A. Tomaszewska Grzeda, S. Yatsunenko, M. Godlewski, H. Matysiak, K. J. Kurzydłowski, *Solvothermal synthesis in a microwave reactor of nano-crystalline zinc oxide doped with Mn²⁺, Co²⁺ and Cr³⁺ ions*, "Journal of Nanoparticle Research", nr 11, 2009, s. 1991-2002

Mapy lokalizujące wyróżnione przez ekspertów ośrodki naukowe oraz wytwórców/producentów zajmujących się technologią Technologie nanostrukturacji metali i stopów lekkich w szczególności oparte na metalach dużego odkształcenia plastycznego (T38): (a) w Polsce; (b) w województwie podlaskim



Źródło: opracowanie A. Gudanowska.

Bibliografia

- [1] Abercrombie R. K., Udoeyop A. W., Schlicher B. G., *A study of scientometric methods to identify emerging technologies via modeling of milestones*, "Scientometrics" 2012, nr 91, s. 237–342.
- [2] Abuseem A. J., Alzaabi Y. J., Alhammadi A. H., Dweiri F., Alaa M., Ubaid A. M., *Technology Mapping: Definitions, Types, and Applications*, Conference: International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Dubai, United Arab Emirate, March 10–12, 2020, s. 377–386.
- [3] Adomavicius G., Bockstedt J. C., Gupta A., Kauffman R. J., *Making Sense of Technology Trends in the Information Technology Landscape: A Design Science Approach*, "MIS Quarterly" 2008, t. 32, nr 4, s. 779–810.
- [4] Adomavicius G., Bockstedt J. C., Gupta A., Kauffman R. J., *Technology roles and paths of influence in an ecosystem model of technology evolution*, "Information Technology and Management" 2007, nr 8, s. 185–202.
- [5] Albright R. E., *Visualization in Strategic and Technology Roadmapping*, PICMET 2009 Proceedings, Portland 2009, nr 2–6.
- [6] Albright R. E., *What can past technology forecasts tell us about the future?*, "Technological Forecasting and Social Change" 2002, nr 69, s. 443–464.
- [7] An-Chin Cheng, Chung-Jen Chen, Chia-Yon Chen, *A fuzzy multiple criteria comparison of technology forecasting methods for predicting the new materials development*, "Technological Forecasting and Social Change" 2008, nr 75, s. 131–141.
- [8] Andersen P. D., Jørgensen B. H., Lading L., Rasmussen B., *Sensor foresight – technology and market*, "Technovation" 2004, nr 24, s. 311–320.
- [9] Andersen P. D., Jørgensen B. H., Rasmussen B., *Sensor Technology Foresight*, Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, 2001.
- [10] Andersen P. D., Rasmussen B., Strange M., Haisler J., *Technology foresight on Danish nano-science and nano-technology*, "Foresight" 2005, t. 7, nr 6, s. 64–78.
- [11] Andriopoulos C., Gotsi M., *Probing the future: Mobilising foresight in multiple-product innovation firms*, "Futures" 2006, nr 38, s. 50–66.
- [12] Antunes A., Canongia C., *Technological foresight and technological scanning for identifying priorities and opportunities: the biotechnology and health sector*, "Foresight" 2006, t. 8, nr 5, s. 31–44.
- [13] Arasti M. R., Moghaddam N. B., *Use of technology mapping in identification of fuel cell sub-technologies*, "International Journal of Hydrogen Energy" 2010, nr 35, s. 9516–9525.
- [14] Arthur W. B., *The structure of invention*, "Research Policy" 2007, nr 36, s. 274–287.
- [15] Badawy M. K., *Technology management education: alternatives models*, "California Management Review" 1998, t. 40, nr 4, s. 94–116.

- [16] Batagelj V., Mrvar A., *Pajek, Analysis and Visualization of Large Networks*, [w:] M. Jünger (red.), P. Mutzel (red.), *Graph Drawing Software*, Springer, Heidelberg 2004.
- [17] Benitez G. B., Ayala N. F., Frank A. G., *Industry 4.0 innovation ecosystems: An evolutionary perspective on value cocreation*, "International Journal of Production Economics" 2020, nr 228.
- [18] Beyhan B., Cetindamar D., *No escape from the dominant theories: The analysis of intellectual pillars of technology management in developing countries*, "Technological Forecasting and Social Change" 2011, nr 78, s. 103–115.
- [19] Borup M., Brown N., Konrad K., van Lente H., *The Sociology of Expectations in Science and Technology*, "Technology Analysis & Strategic Management" 2006, t. 18, nr 3/4, s. 285–298.
- [20] Bouras A., Albe V., *Viewpoints of higher education teachers about technologies*, "International Journal of Technology and Design Education" 2008, nr 18, s. 285–305.
- [21] Bright J. R. (red.), Schoeman M. E. F. (red.), *Prognozowanie w technice*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1978.
- [22] Cachia R., Compañó R., Da Costa O., *Grasping the potential of online social network for foresight*, "Technological Forecasting and Social Change" 2007, nr 74, s. 1179–1203.
- [23] Cagnin C., Havas A., Saritas O., *Future-oriented technology analysis: Its potential to address disruptive transformations*, "Technological Forecasting and Social Change" 2013, nr 80, s. 379–385.
- [24] Cagnin C., Keenan M., *Positioning Future-Oriented Technology Analysis*, [w:] C. Cagnin (red.), M. Keenan (red.), R. Johnston (red.), F. Scapolo (red.), R. Barre (red.), *Future-Oriented Technology Analysis*, Springer, Heidelberg 2008.
- [25] Carlsen H., Dreborg K. H., Godman M., Hansson S. O., Johansson L., Wikman-Svahn P., *Assessing socially disruptive technological change*, "Technology in Society" 2010, nr 32, s. 209–218.
- [26] Cetindamar D., Kocaoglu D., Lammers T. and Merigo J. M., *A Bibliometric Analysis of Technology Management Research at PICMET for 2009–2018*, 2019 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), Portland, OR, USA, 2019, s. 1–7.
- [27] Cetindamar D., Phaal R., Probert D., *Understanding technology management as a dynamic capability: A framework for technology management activities*, "Technovation" 2009, nr 29, s. 237–246.
- [28] Cetindamar D., Wasti S. N., Ansal H., Beyhan B., *Does technology management research diverge or converge in developing and developed countries?*, "Technovation" 2009, nr 29, s. 45–58.
- [29] Chanaron J. J., Jolly D., *Technological management: expanding the perspective of management of technology*, "Management Decision" 1999, nr 37/8, s. 613–620.
- [30] Changwoo Choi, Seungkyum Kim, Yongtae Park, *A patent-based cross impact analysis for quantitative estimation of technological impact: The case of information and communication technology*, "Technological Forecasting and Social Change" 2007, nr 74, s. 1296–1314.
- [31] Chen H., Wakeland W., Yu J., *A two-stage technology foresight model with system dynamics simulation and its application in the Chinese ICT industry*, "Technological Forecasting and Social Change" 2012, nr 79, s. 1254–1267.

- [32] Chodakowska E., *Hybrydowy model priorytetyzacji technologii*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2019.
- [33] Chodakowska E., Nazarko J., *Hybrid rough set and data envelopment analysis approach to technology prioritisation*, "Technological and Economic Development of Economy" 2020, nr 26(4), s. 885–908.
- [34] Coates J. F., *A 21st century agenda for technology assessment*, "Technological Forecasting and Social Change" 2001, nr 67, s. 303–308.
- [35] Coates V., Farooque M., Klavans R., Lapid K., Linstone H. A., Pistorius C., Porter A. L., *On the Future of Technological Forecasting*, "Technological Forecasting and Social Change" 2001, nr 67, s. 1–17.
- [36] Coccia M., *Technometrics: Origins, historical evolution and new directions*, "Technological Forecasting and Social Change" 2005, nr 72, s. 944–979.
- [37] Costanzo L. A., *Strategic foresight in a high-speed environment*, "Futures" 2004, nr 36, s. 219–235.
- [38] Cuhls K., *From Forecasting to Foresight Processes – New Participative Foresight Activities in Germany*, "Journal of Forecasting" 2003, nr 23.
- [39] Cuhls K., Johnston R., *Corporate Foresight*, [w:] C. Cagnin (red.), M. Keenan (red.), R. Johnston (red.), F. Scapolo (red.), R. Barre R. (red.), *Future-Oriented Technology Analysis*, Springer, Heidelberg 2008.
- [40] Cunningham S. W., Kwakkel J., *Innovation forecasting: A case study of the management of engineering and technology literature*, "Technological Forecasting and Social Change" 2011, nr 78, s. 346–357.
- [41] Czaplicka K., *Foresight technologiczny w zakresie materiałów polimerowych*, Konferencja inauguracyjna projekt, Katowice 2006.
- [42] Czaplicka-Kolarz K. (red.), *Scenariusze rozwoju technologicznego kompleksu paliwowo-energetycznego dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju. Część 1. Studium gospodarki paliwami i energią dla celów opracowania foresightu energetycznego dla Polski na lata 2005–2030*, GIG, Katowice 2007.
- [43] Daim T. U., Oliver T., *Implementing technology roadmap process in the energy services sector: A case study of a government agency*, "Technological Forecasting and Social Change" 2008, nr 75, s. 687–720.
- [44] Daim T., Yalcin H., *The Main Sources for Technology Management Research: A Bibliometric Approach*, 2019 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), Portland, OR, USA, 2019, s. 1–6.
- [45] Davies M., *Concept mapping, mind mapping and argument mapping: what are the differences and do they matter?*, "Higher Education" 2011, nr 62, s. 279–301.
- [46] de Miranda Santo M., Coelho G. M., dos Santos D. M., Filho L. F., *Text mining as a valuable tool in foresight exercises: A study on nanotechnology*, "Technological Forecasting and Social Change" 2006, nr 73, s. 1013–1027.
- [47] de Nooy W., Mrvar A., Batagelj V., *Exploratory Social Network Analysis With Pajek. Structural Analysis in the Social Sciences*, Cambridge University Press, Cambridge 2005.
- [48] Denarius D., *Synthesis Report on Foresight Models and Methodology. Report #04–02*, Office of Technology Foresight, Canada 2004.

- [49] Dobrzańska-Danikiewicz A., *Cele i metodologia Projektu FORSURF nt. Foresight wiodących technologii kształtowania własności powierzchni materiałów inżynierskich i biomedycznych*, 2nd Workshop on Foresight of surface properties formation leading Technologies of engineering materials and biomateriale, prezentacja, Białka Tatrzańska 2009.
- [50] Dobrzańska-Danikiewicz A., *Komputerowo wspomagane metody foresightowe w zastosowaniu do inżynierii powierzchni*, „Czasopismo Techniczne. Mechanika” 2011, t. 4, nr 7.
- [51] Dobrzańska-Danikiewicz A., *Metodologia komputerowo zintegrowanego prognozowania rozwoju inżynierii powierzchni materiałów*, Wyd. International OCSCO World Press, Gliwice 2012.
- [52] Dobrzański L. A., *Kształtowanie struktury i własności powierzchni materiałów inżynierskich i biomedycznych*, Wyd. International OCSCO World Press, Gliwice 2009.
- [53] Dosi G., *Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinant and direction of technical change*, “Research Policy” 1982, nr 11, s. 147–162.
- [54] Drejer A., *The discipline of management of technology, based on considerations related to technology*, “Technovation” 1997, nr 17/5, s. 253–265.
- [55] Drew S. A. W., *Building technology foresight: using scenarios to embrace innovation*, “European Journal of Innovation Management” 2006, t. 9, nr 3, s. 241–257.
- [56] Durand T., *Twelve Lessons from ‘Key Technologies 2005’: the French Technology Foresight Exercise*, “Journal of Forecasting” 2003, nr 22, s. 161–177.
- [57] Durlak I., *Inżynieria zarządzania. Strategia i projektowanie systemów produkcyjnych*, cz. 1, wyd. 7, Placet, Warszawa 2007.
- [58] Ejdyś J., Gudanowska A., Halicka K., Kononiuk A., Magruk A., Nazarko J., Nazarko Ł., Szpilko D., Widelka U., *Foresight in Higher Education Institutions: Evidence from Poland*, “Foresight and STI Governance” 2019, t. 13, nr 1, s. 77–89.
- [59] Erdogan Y., *Paper-based and computer-based concept mappings: The effects on computer achievement, computer anxiety and computer attitude*, “British Journal of Educational Technology” 2009, t. 40, nr 5, s. 821–836.
- [60] Fernandes A. S. C. Fernandes, *Assesing the technology contribution to value added*, “Technological Forecasting and Social Change” 2012, nr 70, s. 281–297.
- [61] Fleischer T., Grunwald A., *Making nanotechnology developments sustainable. A role for technology assessment?*, “Journal of Cleaner Production” 2008, nr 16, s. 889–898.
- [62] *Foresight Vehicle Technology Roadmap – Technology and Research Directions for Future Road Vehicles*, Society of Motor Manufacturers and Traders Ltd, London 2004.
- [63] Galanakis K., *Innovation process. Make sense using systems thinking*, “Technovation” 2006, nr 26, s. 1222–1232.
- [64] Gancarczyk M., *Koncepcja sieci z perspektywy teorii kosztów transakcyjnych*, „Współczesne Zarządzanie” 2012, nr 3, s. 61–69.
- [65] Gao L., Porter A. L., Wang J., Fang S., Zhang X., Ma T., Wang W., Huang L., *Technology life cycle analysis method based on patent documents*, “Technological Forecasting and Social Change” 2013, nr 80, s. 398–407.
- [66] Garcia M. L., Bray O. H., *Fundamentals of technology Roadmapping*, NM: Sandia National Laboratories Report SAND97-0665, Albuquerque 1998, s. 3–34.

- [67] Garcia R., Calantone R., *A critical look AT technical innovation typology and innovativeness typology: a literature review*, "Journal of Product Innovation Management" 2002, t. 19, s. 110–132.
- [68] Garfield E., *Theory of Technology's Role in Ekonornic Growth Brings MIT's Robert M. Solow the 1987 Nobel Prize in Economic Sciences*, "Current Contents" 1988, nr 17, s. 123–128.
- [69] Gavigan J. P., Scapolo F., *A comparsion of national foresight exercises*, "Foresight" 1999, Camford Publishing, t. 1, nr 6.
- [70] Genus A., *Rethinking constructive technology assessment as democratic, reflective, discourse*, "Technological Forecasting and Social Change" 2006, nr 73, s. 13–26.
- [71] Georghiou L., *Future of Forecasting for Economic Development*, UNIDO Expert Group Meeting on the Future of Technology Foresight, Vienna 2007.
- [72] Georghiou L., *Third Generation Foresight: Integrating the Socio-economic Dimension*, Proceedings of the International Conference on Technology Foresight – The Approach to and Potential for New Technology Foresight, NISTEP Research Report, nr 77, Tokyo 2001.
- [73] Giesecke S. (red.), Crehan P. (red.), Elkins S. (red.), *The European Foresight Monitoring Network Collection of EFMN Briefs – Part 1*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg 2008.
- [74] Glińska U., Kononiuk A., Nazarko Ł., *Przegląd projektów foresightu branżowego w Polsce*, [w:] Raport z działalności Grupy Wsparcia przy Komitecie Sterującym Narodowego Programu Foresight „Polska 2020”, Warszawa 2009.
- [75] Gordon J. L., *Creating knowledge maps by exploring dependent relationships*, "Knowledge-Based Systems" 2000, nr 13, s. 71–79.
- [76] Graettinger C. P., Garcia S., Sivi J., Schenk R. J., Van Syckle P. J., *Using the Technology Readiness Levels Scale to Support Technology Management in the DoD's ATD/STO Environments*, Special Report Carnegie Mellon Software Engineering Institute, Pittsburgh 2002.
- [77] Gregory M. J., *Technology management: a process approach*, "Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers" 1995, nr 209, s. 347–356.
- [78] Grupp H., Linstone H. A., *National Technology Foresight Activities Around the Globe: Resurrection and New Paradigms*, "Technological Forecasting and Social Change" 1999, nr 60, s. 85–94.
- [79] Grysa K. (red.), Płonecki L. (red.), *Raport Foresight Wiodących Technologii Województwa Świętokrzyskiego*, raport w ramach projektu „Foresight Priorytetowe technologie dla zrównoważonego rozwoju województwa świętokrzyskiego”, Kielce 2008.
- [80] Gudanowska A. E., *Analiza sieci jako narzędzie wizualizacji i oceny struktury organizacji*, [w:] R. Knosala (red.) *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2017, t. 1, s. 183–192.
- [81] Gudanowska A. E., *Atrakcyjność i wykonalność nanotechnologii priorytetowych dla rozwoju województwa podlaskiego w świetle wyników badania foresightowego*, „Mechanik” 2014, nr 3, s. 222–227.

- [82] Gudanowska A. E., *Foresight – kolejny krok na drodze ewolucji zarządzania*, Materiały Krakowskiej Konferencji Młodych Uczonych 2011: Sympozja i konferencje KKMU, nr 6, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Grupa naukowa Pro Futuro, Kraków 2011, s. 839–847.
- [83] Gudanowska A. E., *Jak analizować technologie? Wybrane zagadnienia z zakresu metodyki analizy technologii*, [w:] R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją, Opole 2014, t. 2, s. 129–138.
- [84] Gudanowska A. E., *Mapowanie a foresight. Wybrane aspekty metodologiczne jednego ze współczesnych nurtów badawczych w naukach o zarządzaniu*, „Współczesne Zarządzanie” 2012, nr 4, s. 103–111.
- [85] Gudanowska A. E., *Technology mapping – proposal of a method of technology analysis in foresight studies*, “Business: Theory and Practice” 2016, nr 17(3), s. 243–250.
- [86] Gudanowska A. E., *Technology mapping as a tool for technology analysis in foresight studies. The idea of the method and an example of its practical application*, Technology Management Conference (ITMC), 2014 IEEE International, 2014.
- [87] Gudanowska A. E., *Technology mapping in foresight studies as a tool of technology management. Polish experience*, „International Journal of Contemporary Management” 2013, t. 12, nr 4, s. 61–72.
- [88] Gudanowska A. E., *Tworzenie mapy wiedzy opartej na tematyce projektów badawczo-rozwojowych na przykładzie województwa podlaskiego*, „Economics and Management” 2015, nr 1, s. 257–270.
- [89] Gudanowska A., *A map of current research trends within technology management in the light of selected literature*, “Management and Production Engineering Review” 2017, nr 8/1, s. 78–88.
- [90] Gudanowska A., *Istota współczesnych technologii w kontekście procesów zarządzania technologią i foresightu technologicznego*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie” 2015, nr 83, s. 195–205.
- [91] Gudanowska A., *Mapa relacji technologii jako narzędzie wspomagające proces ich selekcji*, [w:] R. Knosala (red.) „Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji” 2016, t. 1, Opole, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, s. 59–70.
- [92] Gudanowska A., *Mapowanie technologii jako jedna z metod analizy technologii w świetle wybranych zagranicznych doświadczeń*, „Economics and Management” 2014, nr 1, s. 265–281.
- [93] Gudanowska A., *Maps of Technology Experts Relations and Technology Development Centers Relations as a Part of the Technological Knowledge Base in Foresight Studies*, “Journal of System and Management Sciences” 2016, nr 6/1, s. 13–25.
- [94] Gudanowska A., *Modern Research Trends within Technology Management in the Light of Selected Publications*, “Procedia Engineering” 2017, nr 182, s. 247–254.
- [95] Halicka K., *Gerontechnology — the assessment of one selected technology improving the quality of life of older adults*, “Engineering Management in Production and Services” 2019, nr 11(2), s. 43–51.
- [96] Halicka K., *Innovative Classification of Methods of The Future-Oriented Technology Analysis*, “Technological and Economic Development of Economy” 2016, nr 22(4), s. 574–597.

- [97] Halicka K., *Personal Care Robots for Senior Adults – Analysis and Assessment of the Current State of Selected Gerontechnology*, “Multidisciplinary Aspects of Production Engineering” 2018, nr 1(1), s. 867–873.
- [98] Halicka K., *Prospektywna analiza technologii: metodologia i procedury badawcze*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2016.
- [99] Halicka K., *Technology Selection Using the TOPSIS Method*, “Foresight and STI Governance” 2020, nr 14(1), s. 85–96.
- [100] Hejduk I., Grudzewski W., *Rozwój nowych technologii i ich wpływ na gospodarkę*, [w:] G. Wróbel (red.), *Flow Management. Zarządzanie przepływem w procesach biznesowych*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Informatyki i Zarządzania, Rzeszów 2010, s. 55–66.
- [101] Héraud J.-A., Cuhls K., *Current foresight activities in France, Spain, and Italy*, “Technological Forecasting and Social Change” 1999, nr 60.
- [102] Homeland Security Studies and Analysis Institute, *Department of Homeland Security Science and Technology Readiness Level Calculator (ver. 1.1). Final Report and User's Manual*, 2009.
- [103] Hood W. W., Wilson C. S., *The literature of bibliometrics, scientometrics and infometrics*, “Scientometrics” 2001, t. 52, nr 2, s. 291–314.
- [104] Hsin-Ning Su, Pei-Chun Lee, *Mapping knowledge structure by key words co-occurrence: a first look at journal papers in technology Foresight*, “Scientometrics” 2010, nr 85, s. 65–79.
- [105] Hyoungh-joo Lee, Sungjoo Lee, Byungun Yoon, *Technology clustering based on evolutionary patterns: The case of information and communication technologies*, “Technological Forecasting and Social Change” 2011, nr 78, s. 953–967.
- [106] Iftikhar R., Pourzolfaghar Z., Helfert M., *Omnichannel Value Chain: Mapping Digital Technologies for Channel Integration Activities*, [w:] A. Siarheyeva, C. Barry, M. Lang, H. Linger, & C. Schneider (red.), *Information Systems Development: Information Systems Beyond 2020 (ISD2019 Proceedings)*, Toulon, France: ISEN Yncréa Méditerranée, 2019.
- [107] Inayatullah S., *Six pillars: futures thinking for transforming*, “Foresight” 2008, t. 10, nr 1, s. 6–21.
- [108] Intepe G., Bozdog E., Koc T., *The selection of technology forecasting method using a multi-criteria interval-valued intuitionistic fuzzy group decision making approach*, “Computers & Industrial Engineering” 2013, nr 65, s. 277–285.
- [109] Johnson R., *Future Critical and Key Industrial Technologies as Driving Forces for Economic Development and Competitiveness*, UNIDO Technology Foresight Summit, Budapest 2007.
- [110] Johnson W. C., Bhatia K., *Technological substitution in mobile communications*, “Journal of Business & Industrial Marketing” 1997, t. 12, nr 6, s. 383–399.
- [111] Johnstone R., *Historical Review of the Development of Future Oriented Technology Analysis*, [w:] C. Cagnin (red.), M. Keenan (red.), R. Johnston (red.), F. Scapolo (red.), R. Barre (red.), *Future-Oriented Technology Analysis*, Springer, Heidelberg 2008.
- [112] Kalinowski T. B., *Innowacyjność przedsiębiorstw a systemy zarządzania jakością*, Oficyna a Wolters Kluwer business, Warszawa 2010.
- [113] Karbowski M., *Warsztat ekspercki: Analiza Sieci Społecznych*, materiały szkoleniowe, Warszawa 2012.

- [114] Karczewska M., *Pomiar i porównanie technologii w przedsiębiorstwie – podstawy w kierunkowaniu jego innowacyjnej działalności*, [w:] J. Skonieczny (red.), *Kształtowanie zachowań innowacyjnych, przedsiębiorczych i twórczych w edukacji inżyniera*, Wydawnictwo Indigo Zahir Media, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2011.
- [115] Kaźmierczak J., *Ocena oddziaływań społecznych innowacyjnych produktów i technologii („technology assessment”)*, [w:] R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją, Opole 2013, s. 124–137.
- [116] Keenan M., Popper R., *Comparing foresight “style” in six world regions*, „Foresight” 2008, t. 10, nr 6.
- [117] Kerr C., Farrukh C., Phaal R., Probert D. R., *Key principles for developing industrially relevant strategic technology management toolkits*, “Technological Forecasting & Social Change” 2013, nr 80, s. 1050–1070.
- [118] Klineciewicz K., Manikowski A., *Ocena, rankingowanie i selekcja technologii*, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2013.
- [119] Klineciewicz K., *Zarządzanie technologiami. Przypadek niebieskiego lasera*, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2010.
- [120] Klineciewicz K., Żemigala M., Mijał M., *Bibliometria w zarządzaniu technologiami i badaniami naukowymi*, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa 2012.
- [121] Koivisto R., Wessberg N., Eerola A., Ahlqvist T., Kivisaari S., Myllyoja J., Halonen M., *Integrating future-oriented technology analysis and risk assessment methodologies*, “Technological Forecasting & Social Change” 2009, nr 76, s. 1163–1176.
- [122] Komeichi M., Fujiyoshi E., Kametsu A., *Information Technology Map and IT Road Map*, NRI Information Technology Report, nr 6, 2005.
- [123] *Stan i perspektywy badań naukowych w obszarze inżynierii produkcji w Polsce*, Warszawa 2010.
- [124] Kondo M., *Networking for Technology Acquisition and Transfer*, “Management of Technology. Selected Discussion Papers presented at the Vienna Global Forum, Vienna International Centre, Austria, 29–30 May 2001”, UNIDO, Wiedeń 2002, s. 113–143.
- [125] Kononiuk A. (red.), Gudanowska A. (red.), *Kierunki rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Mapy. Marszruty. Trendy*, Politechnika Białostocka, Białystok 2013.
- [126] Kononiuk A., *Foresight jako nurt badawczy w naukach o zarządzaniu – stan badań w Polsce i przykłady zastosowań*, „Współczesne Zarządzanie” 2012, nr 4, s. 93–102.
- [127] Koppe A. L., Lecou Ch., Bröring S., *Mapping emerging technology competencies in applied research: The development of nanochemistry in China and Germany*, The XXIV ISPIM Conference, Helsinki 2013.
- [128] Krawczyk-Dembicka E., *Model zarządzania technologiami w przedsiębiorstwie klastrowym – studium przypadku*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2019.
- [129] Kuciński J., *Organizacja i prowadzenie projektów foresight w świetle doświadczeń międzynarodowych*, Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN, Warszawa 2006.
- [130] Kujawa K. A., Paetzold K., *External Technology Searching Methods – A Literature Review*, Proceedings of the 22nd International Conference on Engineering Design (ICED19), Delft, The Netherlands, 5–8 August 2019, s. 2259–2267.

- [131] Lawani S. M., *Bibliometrics: Its Theoretical Foundations, Methods, and Applications*, "Libri" 1981, nr 31, s. 294–315.
- [132] Lee S., Kim M., Park Y., *ICT co-evolution and Korean ICT strategy – an analysis based on patent data*, Telecommunications Policy 2009, nr 33, s. 495–506.
- [133] Liao S., *Technology management methodologies and applications. A literature review from 1995 to 2003*, "Technovation" 2005, nr 25, s. 381–393.
- [134] Lichtenthaler E., *Managing technology intelligence processes in situation of radical technological change*, "Technological Forecasting and Social Change" 2007, nr 74, s. 1109–1136.
- [135] Lichtenthaler E., *Technological change and the technology intelligence process: a case study*, "Journal of Engineering and Technology Management" 2004, nr 21, s. 331–348.
- [136] Lichtenthaler E., *Third generation management of technology intelligence processes*, "R&D Management" 2003, t. 33, nr 4, s. 361–375.
- [137] Ling-Chu Lee, Yi-Yang Lee, Yi-Ching Liaw, *Bibliometric analysis for development of re-search strategies in agricultural technology: the case of Taiwan*, "Scientometrics" 2012, nr 93, s. 813–830.
- [138] Linstone H. A., *Three eras of technology foresight*, "Technovation" 2011, nr 31, s. 69–76.
- [139] Liu Y., Wu W., Wang Y., *The Impacts of Technology Management on Product Innovation: The Role of Technological Capability*, "IEEE Access" 2020, nr 8, s. 210722–210732.
- [140] LORIS Wizja. *Regionalny foresight technologiczny. Gdzie jesteśmy i dokąd zmierzamy, czyli jak określić kierunki rozwoju technologicznego województwa łódzkiego*, Przewodnik metodologiczny przygotowany pod kierunkiem A. Rogut i B. Piaseckiego, Łódź 2007.
- [141] Lowe P., *The Management of Technology: Perception and Opportunities*, Chapman & Hall, Londyn 1995.
- [142] Łojkowski W., Narkiewicz U., *Studium foresightowe w zakresie nanotechnologii. Nanotechnologie, jako wyzwanie dla polskich firm, nauki oraz zarządzania nauką*, Warszawa 2011.
- [143] Łunarski J., *Kluczowe procesy w systemowym zarządzaniu technologią*, „Technologia i Automatyzacja Montażu” 2009, nr 1.
- [144] Łunarski J., *O możliwościach standaryzacji zarządzania technologią*, „Zarządzanie i Marketing” 2010, t. 17, nr 3.
- [145] Łunarski J., *Zarządzenie technologiami. Ocena i doskonalenie*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2009.
- [146] Magruk A., *Foresight technologiczny a zarządzanie technologią*, „Problemy Eksploatacji” 2010, nr 3, s. 47–60.
- [147] Magruk A., Gudanowska A. E., *Future management in the context of technology management*, [w:] J. Kałkowska (red.), *Applications of information technologies in management*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2010, s. 7–16.
- [148] Magruk A., *Hybrydowa metodyka badawcza foresightu technologicznego*, rozprawa doktorska, Politechnika Poznańska, Poznań 2012, niepublikowana.
- [149] Magruk A., *Innovative classification of technology foresight methods*, "Technological and Economic Development of Economy", t. 17, nr 4, 2011, s. 700–716.
- [150] Mahdjoubi D., *Schumpeterian Economics and the Trilogy of 'Invention-Innovation-Diffusion'*, 1997, [online], dostęp zdalny: www.ischool.utexas.edu/~darius/17-Schumpeter-innovation.pdf, [data wejścia: 01.07.2019]

- [151] Makridakis S., Wheelwright S. C., *Forecasting Methods and Applications*, Wiley, New York 1978.
- [152] Mankins J. C., *Technology Readiness Levels. A White Paper*, Office of Space Access and Technology NASA, Washington 1995.
- [153] Mansouri A., Qaratlu M. M., Moezkarimi Z., Kalatehaei Z., Golmirzaei Z., *A Technology Tree for Internet of Things*, 7th International Conference on Web Research (ICWR), IEEE 2021, s. 329–335.
- [154] Marlyana N., Tontowi A. E., Yuniarto H. A., *A Quantitative Analysis of System Readiness Level Plus (SRL+): Development of Readiness Level Measurement*, MATEC Web of Conferences 2018, nr 159.
- [155] Martin B. R., *Foresight in Science and Technology*, “Technology Analysis & Strategic Management” 1995, s. 139–168.
- [156] Martin B., *The origins of the concept of ‘foresight’ in science and technology: An insider’s perspective*, “Technological Forecasting and Social Change” 2010, nr 77, s. 1438–1447.
- [157] Martino J. P., *Technological Forecasting for Decision Making*, McGraw-Hill, Inc., USA, 1993.
- [158] Matczewski A., *Raport końcowy z realizacji Pilotażowego Projektu Foresight w polu badawczym „Zdrowie i Życie”*, Warszawa 2005.
- [159] Materzok J., *TRIZ jako metoda kreowania pomysłów innowacyjnych*, [w:] Skonieczny J. (red.), *Kształtowanie zachowań innowacyjnych, przedsiębiorczych i twórczych w edukacji inżyniera*, Wydawnictwo Indygo Zahir Media, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2011, s. 119–128.
- [160] Matusiak K. B. (red.), *Foresight kadr nowoczesnej gospodarki*, PARP, Warszawa 2009.
- [161] Mazurkiewicz A., Sacio-Szymańska A., *Aplikacja metodyki foresight na potrzeby rozwoju przyszłościowych technologii przemysłowych i ekologicznych. Opracowanie mapy kierunków prac badawczo-rozwojowych*, [w:] *Metodologia foresightu technologicznego w obszarze zrównoważonego rozwoju*, praca zbiorowa, ITeE – PIB, Radom 2011.
- [162] Meijers A., *Philosophy of Technology and Engineering Sciences*, Elsevier North-Holland 2009.
- [163] Michalczuk L. (red.), *Żywność i żywienie w XXI wieku. Scenariusze rozwoju polskiego sektora rolno-spożywczego*, Społeczna Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania w Łodzi, Łódź 2011.
- [164] Michalczuk L., Goszczyńska D., Ambroziak W., Michalak J., Michalczuk B., Sowik I., Chociłowska-Chołuż J., Brzozowska-Michalak J., *LORIS Wizja. Regionalny foresight technologiczny. Inwentaryzacja istniejących zasobów wiedzy o województwie łódzkim i technologiach istotnych z punktu widzenia rozwoju gospodarki regionu*, Skierniewice 2007.
- [165] Mieczkowski K., Szewczyk R., Missala T., Lichodziejewski C., Andrzejczak M., Buwała A., Winiarski W., Pietruszyńska K., Rzeplińska-Rykała K., Zbinkowska D., Komorowska M., Roszkowski K., *Analiza wstępna, stan wiedzy, dane statystyczne, analiza SWOT województwa mazowieckiego, raport z pierwszego etapu realizacji projektu „Monitorowanie i prognozowanie priorytetowych, innowacyjnych technologii dla zrównoważonego rozwoju województwa mazowieckiego”*, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa 2006.
- [166] *Miedzy nauką a gospodarką – kontynuacja czy reforma?*, „Niebieskie Księgi” 2005, t. 18, Polskie Forum Strategii Lizbońskiej, Gdańsk.

- [167] Mitchell G. R., *Global technology policies for economic growth*, "Technological Forecasting and Social Change" 1999, nr 60, t. 3, s. 205–214.
- [168] Moczala A., *Zarządzanie innowacjami. Narzędzia Innowatyki. Transfer Technologii. Zarządzanie Technologią*, Wydawnictwo Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, Bielsko-Biała 2005.
- [169] Moghaddam, M. Sahafzadeh, *Technology Research Roadmapping: The Case Study of Membrane Technology in Iranian Petrochemical Industry*, "Management Science and Engineering" 2010, t. 4, nr 3, s. 128–137.
- [170] Molina A. H., *Understanding the role of the technical in the build-up of sociotechnical constituencies*, "Technovation" 1999, nr 19, s. 1–29.
- [171] Moro A., De Castro Boelman E., Joanny G., Lopez Garcia J., *A bibliometric-based technique to identify emerging photovoltaic technologies in a comparative assessment with expert review*, "Renewable Energy" 2018, nr 123, s. 407–416.
- [172] Moya-Anegón F., Vargas-Quesada B., Herrero-Solana V., Chinchilla-Rodríguez Z., Corera-Álvarez E., Munoz-Fernández F. J., *A new technique for building maps of large scientific domains based on the cocitation of classes and categories*, "Scientometrics" 2004, t. 61, nr 1, s. 129–145.
- [173] Muller G., *Roadmapping*, Philips Embedded Systems Institute, Eindhoven 2008.
- [174] Musango J. K., *Technology Assessment of Renewable Energy Sustainability in South Africa*, rozprawa doktorska, Stellenbosch University, Matieland 2012.
- [175] Nazarko J. (red.), *Badanie ewaluacyjne projektów foresight realizowanych w Polsce*, MNiSW, Warszawa 2012.
- [176] Nazarko J. (red.), Ejdyś J. (red.), *Metodologia i procedury badawcze w projekcie „Foresight Technologiczny NT for Podlaskie2020: regionalna strategia rozwoju nanotechnologii”*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2011.
- [177] Nazarko J. (red.), Kędzior Z. (red.), *Uwarunkowania rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Wyniki analiz STEEPVL i SWOT*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2010.
- [178] Nazarko J. (red.), *Podlaska strategia rozwoju nanotechnologii do roku 2020*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2013.
- [179] Nazarko J. (red.), *Prognozowanie w zarządzaniu przedsiębiorstwem, cz. 1, Wprowadzenie do metodyki prognozowania*, Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 2004.
- [180] Nazarko J., Ejdyś J., Glińska E., Kononiuk A., Glińska U., Gudanowska A., Magruk A., *Analiza doświadczeń w zakresie metody technology roadmapping, jako jednej z metod możliwych do wykorzystania w procesie określania inteligentnej specjalizacji regionu. Doświadczenia zagraniczne, raport w ramach realizacji projektu Narodowy Program Foresight – wdrożenie wyników*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2012.
- [181] Nazarko J., Ejdyś J., Gudanowska A. E., Halicka K., Kononiuk A., Magruk A., Nazarko E., *Roadmapping in Regional Technology Foresight: A Contribution to Nanotechnology Development Strategy*, "IEEE Transactions on Engineering Management" 2020, s. 1–16.

- [182] Nazarko J., Ejdyś J., Gudanowska A., Leończuk D., Olszewska A., Magruk A., Kuźmich K., Jakuszczyk J., Wasiluk A., Wasiluk A., *Mapa głównych powiązań między nauką, gospodarką i technologiami w kontekście inteligentnej specjalizacji województwa podlaskiego*, raport częściowy z badań w ramach realizacji przedsięwzięcia Narodowy Program Foresight – wdrożenie wyników, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2013.
- [183] Nazarko J., *Regionalny foresight gospodarczy. Metodologia i instrumentarium badawcze*, Związek Pracodawców Warszawy i Mazowsza, Warszawa 2013.
- [184] Nazarko J., *Regionalny foresight gospodarczy. Scenariusze rozwoju innowacyjności mazowieckich przedsiębiorstw*, Związek Pracodawców Warszawy i Mazowsza, Warszawa 2013.
- [185] Nazarko J., *Założenia metodologiczne mapowania technologii*, prezentacja w ramach panelu eksperckiego nt. „Mapowanie technologii” w projekcie systemowym MNiSW „Wsparcie systemu zarządzania badaniami naukowymi oraz ich wynikami”, Warszawa, 3 marca 2010.
- [186] Nazarko L., Melnikas B., *Responsible Research and Innovation in Engineering and Technology Management: Concept, Metrics and Assessment*, 2019 IEEE Technology & Engineering Management Conference (TEMSCON), 2019, s. 1–5.
- [187] Nosella A., Petroni G., Salandra R., *Technological change and technology monitoring process: Evidence from four Italian case studies*, „Journal of Engineering and Technology Management” 2008, nr 25, s. 321–337.
- [188] NRC/National Research Council, *Management of Technology: The Hidden Competitive Advantage*, National Academy Press, Washington DC 1987.
- [189] Nugroho Y., Saritas O., *Incorporating network perspectives in foresight: a methodological proposal*, „Foresight” 2009, t. 11, nr 6, s. 21–41.
- [190] Okoń-Hordyńska E., *Foresight – czyli jak określać priorytety rozwoju innowacji*, [w:] J. Szablowski (red.), *Zarządzanie innowacjami – teoria i praktyka*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Finansów i Zarządzania w Białymstoku oraz Balikesir Üniversitesi, Białystok 2006.
- [191] Pająk E., *Zarządzanie produkcją. Produkt, technologia, organizacja*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.
- [192] Pawlak A. M., *Niszowe kierunki rozwoju regionów Polski*, prezentacja w ramach seminarium, Katowice 2010.
- [193] Pawlak A. M., *Wartość klastrów technologii*, „Pismo PG” 2010, nr 7, s. 50–55.
- [194] Pei-Chun Lee, Hsin-Ning Su, *Quantitative mapping of scientific research – The case of electrical conducting polymer nanocomposite*, „Technological Forecasting & Social Change” 2011, nr 78, s. 132–151.
- [195] Pelc K. I., *Knowledge Mapping: The Consolidation of the Technology Management Discipline*, „Knowledge, Technology & Policy” 2002, t. 15, nr 3, s. 36–44.
- [196] Phaal R., Farrukh C., Probert D., *T-Plan: Fast Start to Technology Roadmapping – planning your route to success*, Institute for Manufacturing, Cambridge 2001.
- [197] Phaal R., Farrukh C. J. P., Probert D. R., *A framework for supporting the management of technological innovation*, conference “The Future of Innovation Studies”, the Netherlands, 2001.

- [198] Phaal R., Farrukh C. J. P., Probert D. R., *Developing a Technology Roadmapping System*, "Technology Management: A Unifying Discipline for Melting the Boundaries", IEEE Conference Publications, 2005, s. 99–111.
- [199] Phaal R., Farrukh C. J. P., Probert D. R., *Technology management tools: concept, development and application*, "Technovation" 2006, nr 26, s. 336–344.
- [200] Phaal R., Farrukh C. J. P., Probert D. R., *Technology management process assessment: a case study*, "International Journal of Operations & Production Management" 2001, t. 21, nr 8, s. 1116–1132.
- [201] Phaal R., Farrukh C. J. P., Probert D. R., *Technology roadmapping – A planning framework for evolution and revolution*, "Technological Forecasting and Social Change" 2004, t. 71, nr 1–2, s. 5–26.
- [202] Phaal R., O'Sullivan E., Routley M., Ford S., Probert D., *A framework for mapping industrial emergence*, "Technological Forecasting and Social Change" 2011, nr 78, s. 217–230.
- [203] Phaal R., Muller G., *An architectural framework for roadmapping: Towards visual strategy*, "Technological Forecasting and Social Change" 2009, nr 76, s. 39–49.
- [204] Phaal R., *Roadmapping for strategy and innovation. Aligning technology and markets in a dynamic world*, Centre for Technology Management, Institute for Manufacturing, University of Cambridge, Cambridge 2011.
- [205] Piasecki B., Rogut A., *Foresight jako instrument zarządzania rozwojem regionalnym. Pierwsze doświadczenia*, Konferencja Otwierająca Przedsięwzięcie pn. Narodowy Program Foresight – wdrożenie wyników, 2011.
- [206] *Podręcznik Foresight Technologiczny. t 1: Organizacja i metody*, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa 2005.
- [207] Popper R., *How are foresight methods selected?*, "Foresight" 2008, t. 10, nr 6, s. 62–89.
- [208] Popper R., Keenan M., Miles I., Butter M., Fuenta G. S., *Global Foresight Outlook 2007*, The European Foresight Monitoring Network, 2007.
- [209] Popper R., *The European Foresight Monitoring Network. Mapping Foresight*, European Commission, 2009.
- [210] Portal Słownik języka polskiego Wydawnictwa Naukowego PWN, sjp.pwn.pl [data wejścia 08.01.2021].
- [211] Porter A. L., *QTIP: Quick technology intelligence processes*, "Technological Forecasting and Social Change" 2005, nr 72, s. 1070–1081.
- [212] Porter A. L., *Technology foresight: types and methods*, "International Journal of Foresight and Innovation Policy" 2010, t. 6, nr 1/2/3, s. 36–45.
- [213] Pretorius M. W., de Wet G., *A model for the assessment of new technology for the manufacturing enterprise*, "Technovation" 2000, nr 20, s. 3–10.
- [214] Probert D., Radnor M., *Frontier experiences from industry – academia consortia*, "Research Technology Management" 2003, t. 46, nr 2, s. 27–30.
- [215] Pyka I. (red.), Czaplicka-Kolarz K. (red.), *Scenariusze rozwoju zeroemisyjnej gospodarki energią w Polsce w perspektywie 2050 roku*, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2011.
- [216] Rader M., Porter A. L., *Fitting Future-Oriented Technology Analysis Methods to Study Types*, [w:] C. Cagnin (red.), M. Keenan (red.), R. Johnston (red.), F. Scapolo (red.), R. Barre (red.), *Future-Oriented Technology Analysis*, Springer, Heidelberg 2008.

- [217] Raport *FORESIGHT. Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020. Mapy wiedzy dla Regionu Małopolski w Polsce*, Krakowski Park Technologiczny, Kraków 2009.
- [218] Raport końcowy z realizacji projektu *Kierunki rozwojowe technologii materiałowych na potrzeby klastra lotniczego „Dolina Lotnicza”*.
- [219] Reger G., *Technology foresight in companies: From an indicator to a network and process perspective*, “Technology Analysis & Strategic Management” 2001, t. 13, nr 4.
- [220] Rogut A., Piasecki B., *Metodyka foresightu*, [w:] *Metodologia foresightu technologicznego w obszarze zrównoważonego rozwoju*, praca zbiorowa, ITeE – PIB, Radom 2011.
- [221] Rohrbeck R., Arnold H. M., Heuer J., *Strategic Foresight in multinational enterprises – a case study on the Deutsche Telekom Laboratories*, MPRA Paper, ISPIM-Asia 2007 conference, New Delhi 2007.
- [222] Rohrbeck R., Heuer J., Arnold H. M., *Technology Radar – an Instrument of Technology Intelligence and Innovation Strategy*, IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology, Singapore 2006, s. 978–983.
- [223] Rohrbeck R., *Technology Scouting – a case study on the Deutsche Telekom Laboratories*, MPRA Paper, ISPIM-Asia 2007 conference, New Delhi 2007.
- [224] Roper A. T., Cunningham S. W., Porter A. L., Mason T. W., Rossini F. A., Banks J., *Forecasting and Management of Technology*, John Wiley & Sons, Inc., New York 2011.
- [225] Sacio-Szymańska A., Poteralska B., Mazurkiewicz A., *Zastosowanie metody roadmapingu technologicznego w projektach foresight*, „Zarządzanie i Marketing” Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej 2010, t. 3, nr 17, s. 335–346.
- [226] Santarek K. (red.), *Transfer technologii z uczelni do biznesu. Tworzenie mechanizmów transferu technologii*, PARP, Warszawa 2008.
- [227] Saritas O., Nugroho Y., *Mapping issues and envisaging futures: An evolutionary scenario approach*, “Technological Forecasting and Social Change” 2012, nr 79, s. 509–529.
- [228] Schaper-Rinkel P., *The role of future-oriented technology analysis in the governance of emerging technologies: The example of nanotechnology*, “Technological Forecasting and Social Change” 2013, nr 80, s. 444–452.
- [229] Schumpeter J. A., *The Theory of Economic Development*, Harvard University Press, Cambridge – Massachusetts, 1949.
- [230] Schumpeter J., *The Creative Response in Economic History*, “The Journal of Economic History” 1947, t. 7, nr 2, s. 149–159.
- [231] Senna P. P., Stute M., Balech S., Zangiacomi A., *Mapping Enabling Technologies for Supply Chains with Future Scenarios*, [w:] R. Fornasiero (red.), S. Sardesai (red.), A. C. Barros (red.), A. Matopoulos (red.), *Next Generation Supply Chains. A Roadmap for Research and Innovation*, Springer 2021, s. 147–165.
- [232] Shapira P., Youtie J., Porter A. L., *The emergence of social science research on nanotechnology*, “Scientometrics” 2010, nr 85, s. 595–611.
- [233] Sharif M. N., *Basis for Techno-Economic Policy Analysis*, “Science and Public Policy” 1988, nr 15, s. 217–229.
- [234] Sharif M. N., *Measurement of Technology for National Development*, “Technological Forecasting and Social Change” 1986, nr 29, s. 119–172.
- [235] Sharif M. N., *Technology innovation governance for winning the future*, “Technological Forecasting and Social Change” 2012, nr 79, s. 595–604.

- [236] Sharif N., *The evolution of Technology Management Studies*, Professorial Lecture, "Technology Management" 1995, nr 2, s. 113–148
- [237] Shum V., Park A., Maine E., Pitt L. F., *A Bibliometric Study of Research-Technology Management, 1998–2017*, "Research-Technology Management" 2019, nr 62/1, s. 34–43.
- [238] Skulimowski A. M. J., *Metody Roadmappingu i foresightu technologicznego*, „Chemik – Nauka Technika Rynek” 2009, nr 5, s. 1–8.
- [239] Skulimowski A. M. J., *Metodyka foresightu strumieni odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego*, raport z prac badawczych realizowanych w ramach projektu „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny”, Fundacja „Progress and Business”, Kraków 2011.
- [240] Smith J. E., Saritas O., *Science and technology foresight baker’s dozen: a pocket primer of comparative and combined foresight methods*, "Foresight" 2011, t. 13, nr 2, s. 79–96.
- [241] Smith J., Masum H., Bouchard R., Kallai P., Lockeberg E., *Using S&T foresight to augment organizational tool kits: a Canadian institutional entrepreneurial experiment*, "R&D Management" 2004, t. 34, nr 5, s. 579–589.
- [242] Smith J., *S&T Foresight for Canadian Insight & Strategic Preparedness*, prezentacja multimedialna, Office of the National Science Advisor, Canada 2006.
- [243] Stachowicz-Stanusch A., Sworowska A., *Analiza sieci społecznych jako narzędzie diagnozy przepływów wiedzy w procesach innowacyjnych*, referat XIV Konferencji Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie, Zakopane 2011.
- [244] Stęпка P., *Ponadgraniczna koncentracja własności mediów na przykładzie europejskiego sektora telewizyjnego*, „Global Media Journal – Polish Edition” 2007, t. 3, nr 1, s. 34–55.
- [245] Szewczyk R. (red.), *Foresight priorytetowych, innowacyjnych technologii na rzecz automatyki, robotyki i techniki pomiarowej. Metodologia, analizy i diagnoza stanu obecnego*, Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, Warszawa 2008.
- [246] Szewczyk R. (red.), *Foresight priorytetowych, innowacyjnych technologii na rzecz automatyki, robotyki i techniki pomiarowej. Krzyżowa analiza wpływów, scenariusze rozwoju, priorytetowe technologie*, Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, Warszawa 2010.
- [247] Szewczyk R. (red.), *Jak realizować projekty FORESIGHT na potrzeby zrównoważonego rozwoju regionu*, Ośrodek Przetwarzania Informacji, Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, Warszawa 2008.
- [248] Szpilko D., *Foresight as a Tool for the Planning and Implementation of Visions for Smart City Development*, "Energies" 2020, nr 13(7), 1–24.
- [249] Szpyrka J., *Priorytetowe i innowacyjne technologie zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego*, Gliwice 2011.
- [250] Tae Joon Lee, *Technological learning by national R&D: the case of Korea in CANDU-type nuclear fuel*, "Technovation" 2004, nr 24, s. 287–297.
- [251] Tavares R., Avila-Merino A., *Technology Management. Training Manual*, UNIDO/International Centre for Science and High Technology, Trieste 2008.
- [252] Technology Futures Analysis Methods Working Group, *Technology futures analysis: Toward integration of the field and new methods*, "Technological Forecasting and Social Change" 2004, nr 71, s. 287–303.
- [253] Torrkeli M., Tuominen M., *The contribution of technology selection to core competences*, "International Journal of Production Economics" 2002, nr 77, s. 271–284.

- [254] Tran T. A., Daim T., *A taxonomic review of methods and tools applied in technology assessment*, "Technological Forecasting and Social Change" 2008, nr 75, s. 1396–1405.
- [255] Tschirsky H. P., *The role of technology forecasting and assessment in technology management*, "R&D Management" 1994, t. 24, nr 2, s. 121–129.
- [256] Tulley R. J., *Is There Techne in My Logos? On the Origins and Evolution of the Ideographic Term-Technology*, "The International Journal of Technology, Knowledge and Society" 2008, t. 4, nr 1, s. 93–104.
- [257] *UNIDO Technology Foresight Manual. Organizations and Methods*, t. 1, UNIDO, Vienna 2005.
- [258] Urban W., Krawczyk-Dembicka E., *An In-depth Investigation of Technology Management Process in the Metal Processing Industry*, "European Research Studies Journal" 2020, nr 23/1, s. 115–136.
- [259] Urban W., Krawczyk-Dembicka E., *Technology Management as a Process – a View from In-Depth Studies in Metal Processing Companies*, [w:] Hamrol A. (red.), Kujawińska A. (red.), Barraza M.F.S. (red.), *Advances in Manufacturing II*, Springer International Publishing, Cham 2019, s. 58–69.
- [260] Utterback J., *Mastering The Dynamics of Innovation*, Harvard Business Press, 1996.
- [261] Utterback J., *The Dynamics of Innovation*, "The Internet and the University", Aspen Institute Forum 2002, Educase, s. 81–103.
- [262] van der Valk T., Chappin M. M. H., Gijsbers G. W., *Evaluating innovation networks in emerging technologies*, "Technological Forecasting and Social Change" 2011, nr 78, s. 25–39.
- [263] van der Valk T., Gijsbers G., *The use of social network analysis in innovation studies: Mapping actors and technologies*, "Innovation: Management, Policy & Practice" 2010, t. 12, nr 1, s. 5–17.
- [264] van Eck N. J., Waltman L., Noyons E. C. M., Buter R. K., *Automatic term identification for bibliometric mapping*, "Scientometrics" 2010, nr 82, s. 581–596.
- [265] van Eck N. J., Waltman L., *VOSviewer Manual. Manual for VOSviewer version 1.3.0*, dokumentacja oprogramowania, 2011.
- [266] van Eijndhoven J. C. M., *Technology Assessment: Product or Process?*, "Technological Forecasting and Social Change" 1997, nr 54, s. 269–286.
- [267] van Lente H., Rip A., *The Rise of Membrane Technology*, "Social Studies of Science" 1998, t. 28, nr 2.
- [268] van Merkerk R. O., Smits R. E. H. M., *Tailoring CTA for emerging technologies*, "Technological Forecasting and Social Change" 2008, nr 75, s. 312–333.
- [269] van Wyk R. J., *Strategic Technology Scanning*, "Technological Forecasting and Social Change" 1997, nr 55, s. 21–38.
- [270] Vossenaar R., Jha V., *Technology Mapping of Renewable Energy, Buildings, and Transport Sectors: Policy Drivers and International Trade Aspects. An ICTSD Synthesis Paper*, ICTSD, Geneva 2010.
- [271] Waaijer C. J. F., van Bochove C. A., van Eck N. J., *On the map: Nature and Science editorials*, "Scientometrics" 2011, t. 86, nr 1, s. 99–112.
- [272] Warnke P., Heimeriks G., *Technology Foresight as Innovation Policy Instrument: Learning from Science and Technology Studies*, [w:] C. Cagnin (red.), M. Keenan (red.), R. Johnston (red.), F. Scapolo (red.), R. Barre (red.), *Future-Oriented Technology Analysis*, Springer, Heidelberg 2008.

- [273] Wexler M. N., *The who, what and why of knowledge mapping*, „Journal of Knowledge Management” 2001, t. 5, nr 3, s. 249–263.
- [274] Wielkopolski Klaster Lotniczy, prezentacja, [online], dostęp elektroniczny: www.rsi-wielkopolska.pl/files/36/b8b13167-10e2-4694-91a5-7e86bea6b605.pdf, [data wejścia 19.09.2019].
- [275] Wierzbicki A. P., Yoshiteru Nakamori, *Creative environments: issues of creativity for the knowledge civilization age*, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 2007.
- [276] Willyard C. H., McClees C. W., *Motorola’s technology roadmap process*, “Research Management” 1987, t. 30, nr 5, s. 13–19.
- [277] Woźniak L. (red.), *Końcowy raport z badań FORESIGHT Priorytetowe technologie dla zrównoważonego rozwoju województwa podkarpackiego*, Oficyna wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2008.
- [278] Wójcicki J. M. (red.), Ładyżyński P. (red.), *System monitorowania i scenariusze rozwoju technologii medycznych w Polsce*, Konsorcjum ROTMED, Warszawa 2008.
- [279] Yan B., Luo J., *Filtering patent maps for visualization of diversification paths of inventors and organizations*, “Journal of the Association for Information Science and Technology” 2017, nr 68(6), s. 1551–1563.
- [280] Yasunaga Y., Watanabe M., Korenga M., *Application of technology roadmaps to governmental innovation policy for promoting technology convergence*, “Technological Forecasting and Social Change” 2009, nr 76, s. 61–79.
- [281] Yevhenovych A. A., Anatoliyovych O. V., Oleksandrivna A. N., *Strategic framework and methodical bases of technological package development management*, “Marketing and Management of Innovations” 2016, nr 3, s. 170–180.
- [282] Yong-Gil Lee, Yong-Il Song, *Selecting the key research areas in nano-technology field using technology cluster analysis: A case study based on National R&D Programs in South Korea*, “Technovation” 2007, nr 27, s. 57–64.
- [283] Yoon B., *Strategic visualisation tools for managing technological information*, “Technology Analysis and Strategic Management” 2010, nr 22(3), s. 377–397.
- [284] Yüksel N., Çifci H., *A new model for technology foresight: Foresight periscope model (FPM)*, 2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC), Madeira, Portugal, 2017, s. 807–817.
- [285] Zalewski M. (red.), *Perspektywy zrównoważonego rozwoju regionu łódzkiego: szanse i zagrożenia*, SWSPiZ, Łódź 2008.

Netografia

- [1] Atlas klastrów technologicznych projektu *Foresight technologiczny przemysłu INSIGHT 2030*, [online], dostęp zdalny: www.fortech2030.pl/atlas-klastrow, [data wejścia 20.05.2013].
- [2] Baza technologii w ramach projektu: *Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego rud miedzi i surowców towarzyszących w Polsce*, [online], dostęp zdalny: foresight.cuprum.wroc.pl/technologyList.php, [data wejścia 04.07.2012].
- [3] Bondaruk J., *Cel, metodyka i rezultaty realizacji projektu*, prezentacja, 2011, [online], dostęp zdalny: www.foresightgom.pl/uploads/konferencja_koniec/FORGOM_prezentacja_struktura_i_metodyka_19_09_2011.pdf, [data wejścia 03.07.2012].
- [4] Cichy B. (red.), *Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – Foresight technologiczny*, Gliwice-Warszawa-Kraków 2012, [online], dostęp zdalny: www.inorganicwaste.eu/dokumenty/Foresight-raport_koncowy.pdf, [data wejścia 20.09.2012].
- [5] Doroszewski W. (red.), *Słownik języka polskiego*, [online], dostęp zdalny: [pwn.pl/haslo/mapowa%C4%87/](http://doroszewski.pwn.pl/haslo/mapowa%C4%87/), [data wejścia 01.10.2019].
- [6] Dubiński J., Turek M., Dubiński J., *Istota i zakres scenariuszy rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego*, [online], dostęp zdalny: www.foresightweglowy.pl/prezentacje/2007_02.ppt, [data wejścia 04.07.2012].
- [7] *Foresight technologiczny przemysłu INSIGHT 2030*, [online], dostęp zdalny: www.fortech2030.pl, [data wejścia 03.07.2012].
- [8] *Foresight technologiczny przemysłu INSIGHT 2030. Streszczenie analizy końcowej*, IZTECH, Warszawa 2011, [online], dostęp zdalny: www.fortech2030.pl/images/stories/downloads/pdf/streszczenie_wersja_polska.pdf, [data wejścia 03.07.2012].
- [9] *Foresight technologiczny w zakresie materiałów polimerowych*, [online], dostęp zdalny: www.foresightpolimerowy.pl/main.php?dynxml0=projekt.xml, [data wejścia 03.07.2012].
- [10] FORGOM – *Foresight technologiczny rozwoju sektora usług publicznych w Górnośląskim Obszarze Metropolitalnym, Raport zbiorczy z realizacji zadania II, Diagnoza stanu i uwarunkowań wdrażania nowoczesnych technologii w obszarze usług metropolitalnych*, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2010, [online], dostęp zdalny: www.foresightgom.pl/uploads/pliki/Raport_zbiorczy_z_etapu_II_DO_DRUKU.pdf, [data wejścia 03.07.2012].
- [11] Hanuza J. (red.), Cibis E. (red.), Miśkiewicz T. (red.), Ziółkowski P. (red.), *Identyfikacja potencjału i zasobów Dolnego Śląska w obszarze nauka i technologie na rzecz poprawy jakości życia (Quality of Life) oraz wytyczenie przyszłych kierunków rozwoju badania metodami foresight*, [online], dostęp zdalny: ww.qol.ue.wroc.pl/p/_/65/identyfikacja_potencjalu...jerzy_hanuza_m.pdf, [data wejścia 20.09.2012].

- [12] Jantsch E., *Technological forecasting in perspective. A Framework for Technological Forecasting, its Techniques and Organisation*, OECD, 1967, [online], dostęp zdalny: prod2-territoires.integra.fr/sites/default/files/datar/prevtech-en.pdf, [data wejścia 09.09.2019].
- [13] Jedliński J., Kazior J., Kosieliński S., Przewięzlikowski P., Zieliński K., *IDENTYFIKACJA TECHNOLOGII PRZYSZŁOŚCI. Analiza wstępna 56 perspektywicznych technologii na podstawie Raportu RAND Corporation 23 października 2009 r.*, [online], dostęp zdalny: foresight.kpt.krakow.pl/files/common/pdf/raporty/nowa%20wersja%20RAPORT%20Identyfikacja%20technologii%20przyszlosci.pdf, [data wejścia 20.09.2012].
- [14] Karczewska M., Materzok J., Skonieczny J., *Współczesne narzędzia oceny technologii*, artykuły konferencji KZZ Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Zakopane 2011, [online], dostęp zdalny: www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2011/042.pdf, [data wejścia 02.06.2021], s. 454–462.
- [15] Klusacek K., *Critical Technologies*, 2005, [online], dostęp zdalny: www.unido.org/fileadmin/import/16961_CriticalTechnologies.pdf, [data wejścia 19.09.2019].
- [16] Kozieł A., Turek M., *Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego*, 2007, [online], dostęp zdalny: www.wnp.pl/artykuly/scenariusze-rozwoju-technologicznego-przemyslu-wydobywczego-wegla-kamiennego,4147.html, [data wejścia 04.07.2012].
- [17] Kreibich R., Oertel B., Wölk M., *Future Studies and Future-oriented Technology Analysis. Principles, Methodology and Research Questions*, publikacja przygotowana na 1st Berlin Symposium on Internet and Society, 2011, [online], dostęp zdalny: www.hiig.de/wp-content/uploads/2012/04/Foresight-Paper.pdf, [data wejścia 15.06.2021].
- [18] Kukła D., *Pozycjonowanie technologii będących przedmiotem badań w projekcie Foremat*, raport „Scenariusze rozwoju materiałów metalicznych, ceramicznych i kompozytowych”, [online], dostęp zdalny: www.nanonet.pl, [data wejścia 04.07.2012].
- [19] Leszkowska A., *Foresight to nie prognoza. Rozmowa z prof. Markiem Dietrichem, „Sprawy Nauki – Biuletyn Ministra Edukacji i Nauki” 2004, nr 6–7*, [online], dostęp zdalny: www.sprawynauki.waw.pl/?section=article&ref=issue&art_id=1169, [data wejścia 04.12.2018].
- [20] Międzynarodowe Centrum Nauki i Zaawansowanej Technologii ICS, *Zarządzanie technologią. Kurs Zarządzania Transferem Technologii*, UNIDO, [online], dostęp zdalny: www.uz.zgora.pl/~skotyлак/kursy/ZT-part1.pdf, [data wejścia 01.07.2018].
- [21] Miles I., *Appraisal of Alternative Methods and Procedures for Producing Regional Foresight*, CRIC for European Commission's – Research DG, STRATA – ETAN Expert Group Action, Manchester 2002, [online], dostęp zdalny: https://www.researchgate.net/publication/235407634_Appraisal_of_Alternative_Methods_and_Procedures_forProducing_Regional_Foresight, [data wejścia 21.04.2021].
- [22] Mittal A. K., Mirdha B., *Technology mapping using patents: A case of supply chain management*, Indian Institute of Technology, Kanpur, [online], dostęp zdalny: www.fing.edu.uy/inco/eventos/icil05/04-thu/J2-Mittal.pdf, [data wejścia 05.10.2019].
- [23] Narkiewicz U., Lubkowski K., *Foresight obszaru tematycznego „chemia” województwa zachodniopomorskiego (raport końcowy)*, Szczecin 2010, [online], dostęp zdalny: www.rsi.wzp.pl/download/index/biblioteka/6425, [data wejścia 03.07.2012].

- [24] Nowosielski R., Gołabek K. J., Jaskuła A., *Wybrane aspekty oceny cyklu życia technologii*, materiały konferencyjne 12 Międzynarodowej Konferencji Naukowej *Achievements in Mechanical and Material Engineering*, [online], dostęp zdalny: http://jamme.acmsse.h2.pl/papers_amme03/12135.pdf, [data wejścia 01.07.2021].
- [25] OECD, *The measurement of scientific and technological activities. Proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data. OSLO MANUAL*, s. 9, [online], dostęp zdalny: www.oecd.org/sti/inno/2367580.pdf, [data wejścia 20.09.2018].
- [26] Okoń-Horodyńska E., *Narodowy Program Foresight, a foresight regionalny*, [online], dostęp zdalny: www.pbf.pl/foresigh/pictures/npf-eoh-krakow040312_pliki/frame.htm, [data wejścia 04.02.2019].
- [27] Okubo Y., *Bibliometric indicators and analysis of research systems: Methods and examples*, OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 1997/01, OECD Publishing, 1997, [online], dostęp zdalny: <http://dx.doi.org/10.1787/208277770603>, [data wejścia 19.06.2021].
- [28] PARP, *Foresight jako Narzędzie Zarządzania Wiedzą i Innowacją*, Warszawa 2010, publikacja dostępna również online na Portalu Innowacji: www.pi.gov.pl [data wejścia 04.02.2019].
- [29] Phaai R., Farrukh C. J. P., Probert D. R., *Technology Roadmapping: linking technology resources to business objectives*, Managing Innovative Manufacturing (MIM 2000), Aston Business School, Birmingham, 2000, [online], dostęp zdalny: citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.138.7606&rep=rep1&type=pdf, [data wejścia 12.06.2021].
- [30] Portal BIZNES Social Network Analysis, [online], dostęp zdalny: sna-biz.pl, [data wejścia 11.01.2019].
- [31] Raport *Analiza kluczowych obszarów badawczych. Województwo Opolskie Regionem Zrównoważonego Rozwoju – Foresight Regionalny do 2020 r.*, konsorcjum: RESOURCE Pracownia Badań i Rozwoju, PPNT, [online], dostęp zdalny: www.foresight.po.opole.pl/pliki/Analiza_kluczowych_obszarow_badawczych.pdf, [data wejścia 04.07.2012].
- [32] Raport *FORESIGHT. Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020. Raport strategiczny 20 technologii*, Kraków 2010, [online], dostęp zdalny: foresight.kpt.krakow.pl/files/common/pdf/raporty/Raport%20strategiczny%2020%20technologii.pdf, [data wejścia 20.09.2012].
- [33] Rogut A., Piasecki B., *Foresight jako instrument kształtowania przyszłości polskiego przemysłu tekstylnego. Podręcznik metodyczny dla projektu „Nowoczesne technologie dla włókiennictwa. Szansa dla Polski”*, Łódź 2010, [online], dostęp zdalny: portaltechnologii.pl/pdf/metodologia.pdf, [data wejścia 03.07.2012].
- [34] Rohrbeck R., *Technology Scouting – a case study on the DeutscheTelekom Laboratories*, ISPIM-Asia Conference, New Delhi, India 2007, s. 3, [online], dostęp zdalny: mpra.ub.uni-muenchen.de/5699/1/MPRA_paper_5699.pdf, [data wejścia 24.04.2021].
- [35] Rydarowski H., Czaplicka K., *Wybrane scenariusze rozwoju technologicznego materiałów polimerowych* [online], dostęp zdalny: <http://science24.com/paper/14851>, [data wejścia 03.07.2012].
- [36] Safin K., Ignacy J., *Foresight strategiczny jako narzędzie kształtowania przyszłości*, s. 13, [online], dostęp zdalny: www.qol.ue.wroc.pl/p/_/65/foresight_strategiczny_jako_narzedzie.pdf, [data wejścia 04.02.2019].
- [37] *Scenariusze i trendy rozwojowe wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego do roku 2025* [online], dostęp zdalny: www.it.foresight.pl, [data wejścia 20.09.2012].

- [38] Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego rud miedzi i surowców towarzyszących w Polsce, [online], dostęp zdalny: foresight.cuprum.wroc.pl/technologyList.php, [data wejścia 04.07.2012].
- [39] Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego, prezentacja, [online], dostęp zdalny: www.nauka.gov.pl/fileadmin/user_upload/42/14/42145/foresightweglowy_mg.ppt, [data wejścia 04.07.2012].
- [40] Słownik języka polskiego, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, [online], dostęp zdalny: sjp.pwn.pl/szukaj/mapa, [data wejścia 01.10.2019].
- [41] Sobczyk J., Łojkowski W., Pielaszek R., Metodyka Projektu FOREMAT „Scenariusze rozwoju zaawansowanych materiałów metalicznych, ceramicznych i kompozytowych”, raportu „Scenariusze rozwoju materiałów metalicznych, ceramicznych i kompozytowych”, [online], dostęp zdalny: www.nanonet.pl, [data wejścia 04.07.2012].
- [42] Strona internetowa Fundacji Progress & Business, [online], dostęp zdalny: <https://www.foresight.pl/taksonomia-projektow-foresightowych.html> [data wejścia: 21.10.2021].
- [43] Strona internetowa projektu Foresight wiodących technologii kształtowania własności powierzchni materiałów inżynierskich i biomedycznych, [online], dostęp zdalny: www.forsurf.pl, [data wejścia 03.07.2012].
- [44] Strona internetowa, [online], dostęp zdalny: <http://thefrailestthing.com/2011/11/01/techno-logos-technology-technique/> [data wejścia 08.01.2021].
- [45] Wielki Słownik Ortograficzny PWN, wyd. II, 2006, [online], dostęp zdalny: so.pwn.pl/lista.php?co=mapowanie, [data wejścia: 01.10.2019].
- [46] Woźniak K., Markiewicz P., *Raport w ramach projektu „Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020”*, Kraków 2010 [online], dostęp zdalny: foresight.kpt.krakow.pl/files/common/pdf/raporty/Raport%2010%20technologii.pdf, [data wejścia 20.09.2012].

Spis tabel

Tabela 1.1. Definicje pojęcia technologia	10
Tabela 2.1. Foresight technologiczny i zarządzanie technologią – wspólne płaszczyzny.....	42
Tabela 3.1. Wybrane metody analizy technologii i jej rozwoju.....	66
Tabela 5.1. Charakterystyki standardowe stanowiące możliwe elementy karty opisu technologii.....	142
Tabela 5.2. Zestawienie elementów bazy wiedzy o technologiach zgromadzonej w wyniku mapowania	151
Tabela 5.3. Zestawienie wybranych programów do wizualizacji i analizy sieci	156

Spis rysunków

Rysunek 1.1. Model cyklu życia technologii.....	16
Rysunek 1.2. Etapy rozwoju technologii zestawione z procesem jej przemiany	18
Rysunek 1.3. Mapa trendów badawczych opartych na współwystępowaniu słów kluczowych autorów w publikacjach dotyczących zarządzania technologią z bazy danych Scopus w latach 2011–2016	25
Rysunek 1.4. Struktura zarządzania technologią wraz z przykładem działań w obrębie każdego procesu wedle spostrzeżeń M. J. Gregory'ego	27
Rysunek 1.5. Struktura zarządzania technologią.....	29
Rysunek 2.1. Kontekst technologiczny w badaniach foresightowych.....	40
Rysunek 2.2. Prezentacja wybranych metod w nawiązaniu do ich potencja- łu w zakresie realizacji trzech podstawowych aspektów badań foresightowych według D. Loveridge'a i B. van der Meulena	47
Rysunek 2.3. Diament metodyczny foresightu według R. Poppera	49
Rysunek 2.4. Przyporządkowanie wybranych metod foresightowych do faz procesu foresight według J. E. Smitha i O. Saritasa	53
Rysunek 3.1. Proces oceny technologii (TA)	57
Rysunek 3.2. Przebieg wywiadu technologicznego	60
Rysunek 3.3. Typowy schemat marszruty rozwoju technologii.....	73
Rysunek 3.4. Fazy i poziomy dojrzałości technologicznej.....	79
Rysunek 4.1. Mapa technologii dotycząca inżynierii tkankowej opracowana w ramach realizacji projektu STFPF	91
Rysunek 4.2. Przykład sieci wzajemnych wpływów technologii, wizualizacja dotycząca obszaru ICT	95
Rysunek 4.3. Dendrogram dotyczący trzech klastrów technologii – potencjalnych obszarów badawczych z zakresu nanotechnologii w Korei	97
Rysunek 4.4. Przykład wizualizacji prezentującej obszary badawcze w zakresie nanochemii w Niemczech	99
Rysunek 4.5. Przykład sieci projektów oraz ich uczestników związanych z holenderskim programem badawczym dotyczącym materiałów biomedycznych	102

Rysunek 4.6. Sieć rezultatów analizy rund delfickich w obszarach: mechatronika, nanotechnologie, technologie informacyjno-komunikacyjne w projekcie LORIS Wizja. Regionalny foresight technologiczny	112
Rysunek 4.7. Przykładowa mapa wiedzy wojewódz- twa małopolskiego przygotowana w ramach realizacji projektu Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020	117
Rysunek 4.8. Mapa powiązań 10 technologii (obszarów) przyszłości zidentyfikowanych w projekcie Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020	118
Rysunek 4.9. Mapowanie technologii w metodyce badawczej projektu Foresight technologiczny „NT FOR Podlaskie 2020” Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii.....	125
Rysunek 4.10. Proces zawężania zbiorów analizowanych technologii w projekcie Foresight technologiczny „NT FOR Podlaskie 2020” Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii.....	126
Rysunek 4.11. Mapa relacji technologii kluczowych w projekcie Foresight technologiczny „NT FOR Podlaskie 2020” Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii.....	129
Rysunek 4.12. Zbiorcza mapa relacji ośrodków naukowo-badawczych i wytwórców/producentów zajmujących się nanotechnologiami priorytetowymi w Polsce i województwie podlaskim zidentyfikowanymi w projekcie Foresight technologiczny „NT FOR Podlaskie 2020” Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii (na podstawie zainteresowania tą samą technologią bądź technologią z tego samego obszaru).....	133
Rysunek 5.1. Metodyka mapowania technologii	139
Rysunek 5.2. Algorytm mapowania technologii stanowiący uszczegółowienie ogólnej metodyki mapowania	141
Rysunek 5.3. Algorytm mapowania technologii – faza koncepcji	142
Rysunek 5.4. Algorytm mapowania technologii – faza gromadzenia wiedzy	145
Rysunek 5.5. Algorytm mapowania technologii – faza wizualizacji i prezentacji wiedzy	150
Rysunek 5.6. Algorytm mapowania technologii – faza konkluzji	154
Rysunek 5.7. Przykładowa wizualizacja danych w programie PAJEK.....	158
Rysunek 5.8. Przykładowa wizualizacja danych w programie VOSviewer: (a) density visualization, (b) network visualization.	159

Abstract

Alicja E. Gudanowska, *Methodology of TECHNOLOGY MAPPING in foresight studies*

The publication deals with the issue of identification and selection of technologies in the process of technology management in foresight studies. The main purpose of the monograph was to present the developed methodology of technology mapping in foresight studies supporting selected stages of the technology management process. The publication includes five chapters. The first chapter focuses on technology as an object of analysis. The essence of technology was discussed, the etymology of its notion, the notion of technological system and its components, the technology life cycle, as well as problems in the demand and flow of technology management process were brought closer. The second chapter describes the essence of future research. Foresight studies, their assumptions, goals and definitions were characterized, and the technological context of foresight studies was analyzed. Typologies and classifications of methods used during the implementation of this type of research were also mentioned, and attention was paid to the relationship between technological foresight and technology management. The third chapter presents methods for analyzing technology and its development and draws attention to the general idea of the technology mapping method as one of the methods for diagnosing the current state of technology. The fourth chapter includes a description of selected foreign and Polish experiences in technology mapping. Due to the availability of data on foresight projects in Poland, most of the Polish projects were analyzed in terms of the technology mapping methodology and the elements consistent with its idea described in the previous chapter. Attention was paid to the research procedure adopted, tools used, results generated and their form of presentation. Recommendations for technology mapping for foresight studies that resulted from the review were also included. The chapter ends with a description of the pilot implementation of the technology mapping methodology in a selected foresight project. The fifth chapter presents the author's proposal of technology mapping methodology, preceded by a description of accepted assumptions. The technology mapping algorithm was presented as an extension of the developed methodology, being a visualization of the technology mapping process as well as the knowledge flow between particular phases of the methodology implementation. The chapter also deals with the aspect of graphical presentation of data creating a network structure in technology mapping methodology.

