

MAPA RELACJI TECHNOLOGII JAKO NARZĘDZIE WSPOMAGAJĄCE PROCES ICH SELEKCJI

Alicja E. GUDANOWSKA

Streszczenie: Dynamika rozwoju technologii jest coraz większa, rośnie również ich poziom skomplikowania. Powoduje to, że ich właściwa identyfikacja oraz selekcja są jednym z warunków bytu rynkowego dla przedsiębiorstw a także rozwoju ekonomicznego dla regionów czy państw. Rzetelna selekcja technologii wymaga obecnie zgromadzenia i przetworzenia coraz obszerniejszego zbioru wiedzy. Często zachodzi również konieczność oceny aspektów jakościowych, których zmierzenie ilościowe jest utrudnione bądź czasem wręcz niemożliwe. Zasadne zatem wydają się prace nad poszukiwaniem i tworzeniem metod i narzędzi badawczych, których wykorzystanie podnosi zasadność podejmowanych decyzji w zakresie wyboru technologii. W artykule omówiono wieloaspektowość decyzji dotyczących wyboru danego rozwiązania technologicznego wskazując na te elementy, których analiza jest istotna podczas przeprowadzania procesu selekcji technologii. Ponadto zwrócono szczególną uwagę na aspekt relacji technologii – ich identyfikację oraz prezentację. Wskazano na sieć jako odpowiednio czytelną formę odzwierciedlającą wspomniane relacje. Zasadniczą część artykułu stanowi przedstawienie wybranych przykładów z zakresu prezentacji graficznej relacji pomiędzy technologiami.

Słowa kluczowe: selekcja technologii, mapa relacji technologii, sieć technologii

1. Wieloaspektowość procesu selekcji technologii

Selekcja technologii jest jednym z najbardziej wymagających zadań w obszarze zarządzania technologią w przedsiębiorstwie. Trudne jest już samo zidentyfikowanie alternatyw technologicznych, poprzedzające proces selekcji, z uwagi na wciąż rosnący dynamizm rozwoju technologii i coraz większą ich złożoność. Jednak właściwie zidentyfikowane i wyselekcjonowane technologie mogą znacząco wpłynąć na konkurencyjność przedsiębiorstwa w złożonym środowisku biznesowym [1].

Z perspektywy decyzji podejmowanych przez zarządzających niezwykle istotna jest wiedza o tym, jakie jest miejsce technologii w procesie biznesowym oraz produkcyjnym oraz jakie jest jej oddziaływanie na przedsiębiorstwo jako całość [2]. Podstawą selekcji i oceny technologii jest określenie ścieżki jej rozwoju wyznaczonej przez krzywą S-kształtną. Krzywa S stanowi uproszczony schemat, oddający prawidłowości w rozwoju technologii. Jej kształt przedstawia początkowo powolny rozwój technologii, który nabiera dynamizmu, aby wyhamować w momencie osiągnięcia granicy fizycznych możliwości doskonalenia technologii. Istnienie tej granicy (tzw. *technological frontier* [3]) to jedno z dwóch podstawowych założeń modelu krzywej S. Drugie założenie stanowi przekonanie, że nakłady na badania i rozwój powodują doskonalenie technologii [4]. W cyklu życia technologii reprezentowanym przez krzywą S wyróżnić można fazy. Ich nazewnictwo w różnych źródłach literaturowych może się nieznacznie od siebie różnić, ale zasadniczo obejmują one czas wprowadzenia/narodzin, rozwoju/wzrostu, dojrzałości i schyłku. Oś pozioma odzwierciedla upływ czasu związany z wzrastaniem nakładów na rozwój

technologii, z kolei oś pionowa może oznaczać wartości parametru technicznego osiągnięte przez technologie (w takim przypadku należy przyjąć, że raz wprowadzone właściwości technologii nie ulegają pogorszeniu, krzywa nie obniża się, a co najwyżej ulega stagnacji) [4]. Faza dojrzałości w cyklu życia technologii powinna cechować się poszukiwaniem nowych źródeł przychodów i intensyfikacją prac B+R, aby umiejętnie wykorzystanie pojawiających się innowacji pozwoliło na maksymalizację przychodów z tytułu stosowania technologii dojrzałej. To również odpowiedni czas na wprowadzenie alternatywnego rozwiązania technologicznego, które przy niższych początkowo parametrach pozwoli, poprzez ich doskonalenie, na przesunięcie limitu określonego przez fizyczne możliwości rozwoju technologii. Już zjawisko to, choć sprowadza się do prostego zestawienia dwóch krzywych cyklu życia, podkreśla istotę odpowiednio wczesnego zainteresowania przedsiębiorstw funkcjonujących na rynku ewentualnymi następcami technologicznymi [4].

W dostępnej literaturze przedmiotu wskazuje się, że o wyborze konkretnych technologii, stanowiących portfel technologii dla danego wyrobu współcześnie decyduje szereg czynników. Oszacowanie samego poziomu jej rozwoju jest obecnie ujęciem zbyt wąskim. Konieczne jest rozważanie różnorodnych atrybutów, które powinny obejmować – podając za J. Łunarskim – strategię przedsiębiorstwa, przewidywane trendy technologiczne oraz bieżącą pozycję konkurencyjną firmy [5]. Ważne jest również przeprowadzenie szczegółowych studiów obejmujących nie tylko analizę indywidualnej krzywej życia technologii, ale także zbiorczego ujęcia uwzględniającego integrację technologii, analizę trendów technologicznych dotyczących wykorzystywanego materiału, kosztów, czy wydajności technologii, jak również analizę poziomu dojrzałości technologii [2]. Jak wskazuje K. Santarek podczas oceny i wyboru technologii istotne jest spojrzenie na nie w różnych kontekstach, jak nakłady niezbędne do poniesienia podczas wykorzystania danej technologii, związane z jej wprowadzeniem ryzyko, korzyści realizacji projektu technologicznego, czy pozycja konkurencyjna technologii w odniesieniu do stanu bieżącego oraz przyszłego [6]. Według N. Shehabuddeena i in. wybór technologii wymaga uwzględnienia technologicznego, organizacyjnego i biznesowego otoczenia przedsiębiorstwa [7]. Z kolei Yap i Sauder poza wymienionymi charakterystykami wskazują jeszcze na konieczność przeprowadzenia analizy niepewności komercyjnego i technologicznego sukcesu, poznania historii technologii, zasobów niezbędnych do rozwoju technologii. Wśród innych czynników niezbędnych do uwzględnienia wymienia się również stopień zależności pomiędzy technologiami [1].

Rozwijanym w literaturze w kontekście wiedzy o technologii nurtem są ponadto analizy patentów oraz analizy publikacji. Uzupełniają one ogólnie charakteryzującą technologie wiedzę o informację o bieżących i nadchodzących trendach oraz umożliwiają definicję i wskazanie relacji pomiędzy poszczególnymi rozwiązaniami technologicznymi, jak i ośrodkami rozwijającymi technologie [8, 9, 10].

2. Aspekt relacji technologii

Wybrane technologie powinny łączyć dotychczas wykorzystywany portfel technologii przedsiębiorstwa z całym systemem organizacji [1]. Przedsiębiorstwo musi dbać o utrzymanie bądź doskonalenie określonych proporcji danych technologii w portfelu, tak aby jak najlepiej wykorzystywać technologie kluczowe i dojrzałe, przy równoczesnym wprowadzaniu rozwiązań nowych i rozwojowych oraz stopniowym eliminowaniu przestarzałych [5]. Ponadto wprowadzenie nowych technologii lub też wprowadzenie zmian w składowych technologii wpływa na pozostałe technologie z portfela, a także na

cykl życia produktu, który jest dzięki nim wytwarzany. Jest to szczególnie widoczne właśnie podczas konieczności dokonywania selekcji technologii, gdyż analiza relacji pomiędzy pozornie odrębnymi dziedzinami techniki może wykazać, że jedna technologia i jej rozwój może być powstrzymywany przez ograniczenia wynikające z innego rozwiązania technologicznego, z którym współwystępuje [3].

Z uwagi na fakt, że technologie nie rozwijają się w sposób prosty i liniowy, J. K. Musango wyodrębnił cztery istotne charakterystyki rozwoju technologii (tab. 1).

Tab. 1. Charakterystyki rozwoju technologii wg J. K. Musango [11]

CHARAKTERYSTYKA	UZASADNIENIE
niepewność (<i>uncertainty</i>)	Istnieje wiele rozwiązań danego problemu, trudne jest jednoznaczne wskazanie, które z nich jest najlepsze w kontekście wszystkich czynników ekonomicznych, technicznych, społecznych i in.
dynamiczność (<i>dynamic</i>)	Rzeczywistość technologii to zjawisko dynamiczne, technologia zmienia się z upływem czasu, co uzasadnia kształt krzywej S i jego analiza.
systemowość (<i>systemic</i>)	Rzeczywistość technologii nie jest wyizolowanym, odrębnym zdarzeniem, a wszelkie jednocześnie odbywające się zmiany technologiczne, społeczne czy instytucjonalne są uwikłane we wzajemne interakcje.
kumulacyjność (<i>cumulative</i>)	Rzeczywistość technologii charakteryzuje się ciągłością oraz dokonuje się na bazie zdobytej wiedzy a także poprzedzających doświadczeń.

W wyjaśnieniu charakterystyk rozwoju technologii wymienionych w tab. 1 zauważyć można ponownie przewijającą się w literaturze istotę faktu współwystępowania technologii. Jak wskazują T. van der Valk i G. Gijsbergs analiza struktur technologicznych ma duże znaczenie w zarządzaniu rozwojem technologii, jak i w obszarze polityki, z uwagi na podejmowane decyzje dotyczące alokacji środków finansowych [12]. Podając za M. W. Pretotiussem i G. de Wet różne technologie mogą współwystępować w czterech różnych relacjach. Pierwsza, gdy technologie są zależne od siebie; relacja druga, gdy technologie są komplementarne względem siebie; trzecia – mająca miejsce, gdy rozwiązania technologiczne są zupełnie niezależne od siebie i niezwiązane żadną z relacji oraz sytuacja czwarta gdy technologie są konkurencyjne względem siebie, wówczas jedno rozwiązanie może zastąpić drugie [2].

Autor G. Adomavicius i in. wprowadzają pojęcie ekosystemu technologii (*technology ecosystem*), jako zestawu powiązanych ze sobą technologii, które oddziałują na wzajemną ewolucję i rozwój. W specyficznym przypadku składowe ekosystemu mogą być skupione wokół centralnej w danym kontekście technologii. Ścieżki wpływu pomiędzy poszczególnymi technologiami reprezentują wzajemne relacje, w jakich mogą znaleźć się technologie. Wskazani badacze sygnalizują ponadto, że powiązane technologie składają się na populację/system, którego charakterystyki zmieniają się z upływem czasu. Wskazują także, że organizację analizowanego, złożonego systemu technologii cechuje hierarchiczność i możliwe jest wyróżnienie technologii na trzech różnych poziomach (określonych przez autorów jako: *component-level technologies*, *product-level technologies* oraz *system of use*) oraz, że analiza trajektorii technologicznych i ścieżek rozwoju innowacji dostarcza pewnych wstępnych koncepcji w zakresie relacji łączących technologie

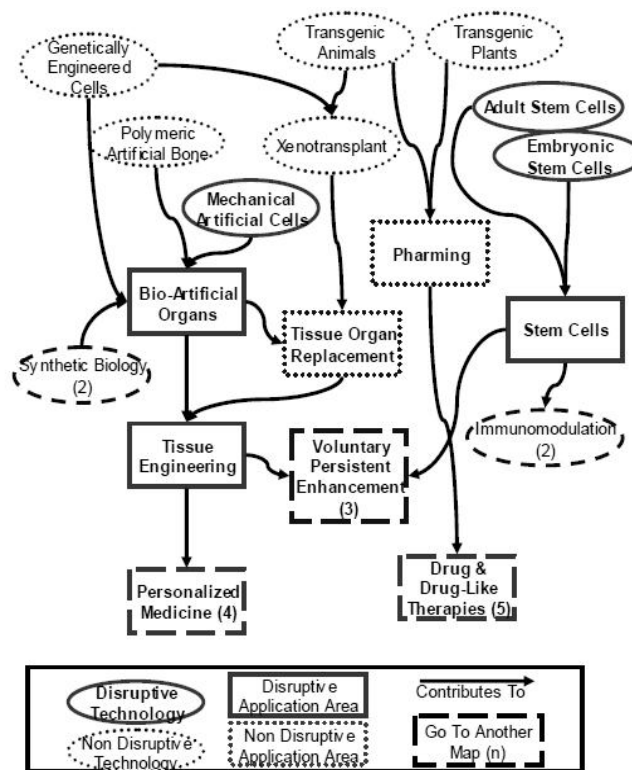
w czasie. Opisany przez nich model ekosystemu technologii zawiera również identyfikację zewnętrznych sił środowiskowych oraz wskazanie ich wpływu na rozwój technologii [13, 14].

Biorąc pod uwagę fakt współwystępowania technologii oraz zasygnalizowaną wieloaspektowość procesu wyboru technologii niezbędne wydaje się poszukiwanie narzędzi umożliwiających reprezentację istniejącego ekosystemu technologii i wsparcie procesu ich selekcji. Autorka publikacji, w świetle przestudiowanej literatury, uznaje technologie za jeden ze złożonych systemów, w jakich funkcjonuje współczesne społeczeństwo, których odpowiednią reprezentacją, biorąc pod uwagę wielość elementów systemu oraz występującą pomiędzy nimi relacyjność, jest sieć zilustrowana w postaci wierzchołków i ich połączeń. Należy zauważyć, że badanie analizy sieci umożliwia określenie pozycji jednostek w całej strukturze, wyodrębnienie grup w ramach sieci, czy poznanie zasad funkcjonowania i globalnych własności sieci. To właśnie sieć umożliwia prezentację graficzną obszernego zbioru danych, charakteryzującego nawet bardzo złożone systemy [15, 16]. W przypadku sieci technologii zasadniczą strukturą byłby graf, którego wierzchołki odpowiadają za oznaczenie technologii, zaś ich połączenia wskazują na zidentyfikowane relacje pomiędzy poszczególnymi technologiami.

3. Prezentacja graficzna relacji pomiędzy technologiami

Dokonując przeglądu literatury w zakresie metod identyfikacji i selekcji technologii zauważyć można wiele podejść do poruszanego zagadnienia. Autorka zwróciła szczególną uwagę na wybrane spośród zidentyfikowanych. Wybór ten podyktowany był kryterium podejmowania się przez danych badaczy analizy relacji pomiędzy technologiami, zaś w dalszej kolejności formą prezentacji danych w odniesieniu do zidentyfikowanych relacji – była to w czterech z opisanych przypadków sieć bądź zbliżona wizualizacja oraz w dwóch pozostałych dendrogram oraz drzewo głównych powiązań pomiędzy technologiami. Sporządzone w artykule opisy inicjatyw badawczych to doświadczenia zagraniczne, jak i krajowe.

Pierwszą z wybranych inicjatyw badawczych był projekt foresightowy *Science and Technology Foresight Pilot Projekt* (STFPP) realizowany przez Biuro Foresightu Technologicznego w Kanadzie. W ramach realizacji projektu skupiono się na technologiach zaburzających istniejący stan rzeczy. Wyróżniono powiązane centralne obszary technologiczne. W celu ich analizy zespół realizatorów przygotował materiały w formie określonej jako mapy technologii (*technology maps*) dotyczące siedmiu klastrów w zakresie analizowanych obszarów. Za elementy map przyjęto technologie oraz obszary ich aplikacji (z oznaczeniem przyporządkowania jako zaburzające bądź niezaburzające). Powiązania między elementami wskazywały na wzajemne oddziaływanie technologii w zakresie stymulacji rozwoju. Na wizualizacjach zasygnalizowano także odniesienia do innych spośród sporządzonych map (poprzez wpisanie numeru mapy) [17,18]. Forma przygotowanych map była dość prosta, jednak ich czytanie wymagało większego skupienia. Realizatorzy nie przygotowali jednej zagregowanej wizualizacji, co w ocenie autorki artykułu byłoby możliwym do przygotowania i dodatkowym wartościowym ujęciem. Jednak sporządzone mapy wzbogaciły materiał stanowiący podstawę wnioskowania w projekcie, w zakresie wyboru istotnych technologii. Przykładowy obszar dotyczący inżynierii tkankowej został przedstawiony na rys. 1.

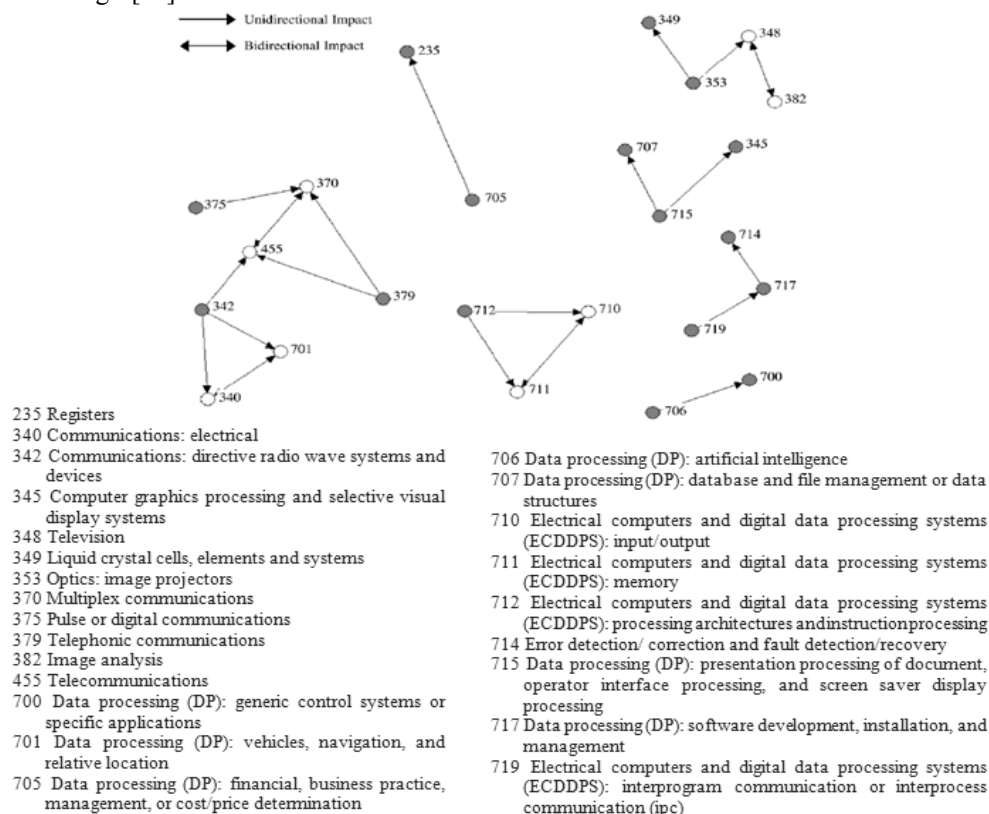


Rys. 1. Przykładowa mapa technologii opracowana w ramach projektu STFPP – obszar inżynierii tkankowej [17]

Kolejną inicjatywą badawczą, na którą zwrócono uwagę były analizy przeprowadzone przez Changwoo Choi i in. Autorzy podkreślając istnienie relacji pomiędzy technologiami, poprzez realizację metody krzyżowej analizy wpływów określili wzajemne relacje pomiędzy analizowanymi rozwiązaniami. Przygotowano graf, gdzie za węzły przyjęto technologie z obszaru ICT (rys. 2). Do określenia połączeń pomiędzy węzłami wykorzystano analizę patentów. Połączenia miały charakter skierowany, a więc wpływ jednej technologii na drugą nie oznaczał równocześnie relacji odwrotnej. Siłę wpływu określono na podstawie wyliczonych wskaźników odzwierciedlających relację patentów związanych z daną parą technologii do patentów związanych z jedną z nich. Autorzy podkreślali, że wyznaczone relacje zmieniają się z upływem czasu, warunkami rynkowymi, czy chociażby ze względu na pojawianie się nowych rozwiązań i przygotowany graf nie jest stabilny w czasie. Badacze wskazywali jednak również, że wyniki przeprowadzonych przez nich badań powinny pomóc praktykom podczas prognozowania przyszłych trendów technologicznych i przygotowywania strategii B+R [9].

Innym wartym wspomnienia przykładem analizy, w obrębie której skupiono się na relacji pomiędzy technologiami były wyniki badań opublikowane przez Young-Gil Lee oraz Young-Il Song. Autorzy wyznaczali relacje bazując na określeniu „sąsiedztwa” technologii (*proximity*) w obszarze nanotechnologii w Korei. W ramach analizy przeprowadzono badanie wśród ekspertów dziedzinowych i wyznaczono wskaźniki bazujące na relacji liczby ekspertów specjalizujących się w zakresie pojedynczej

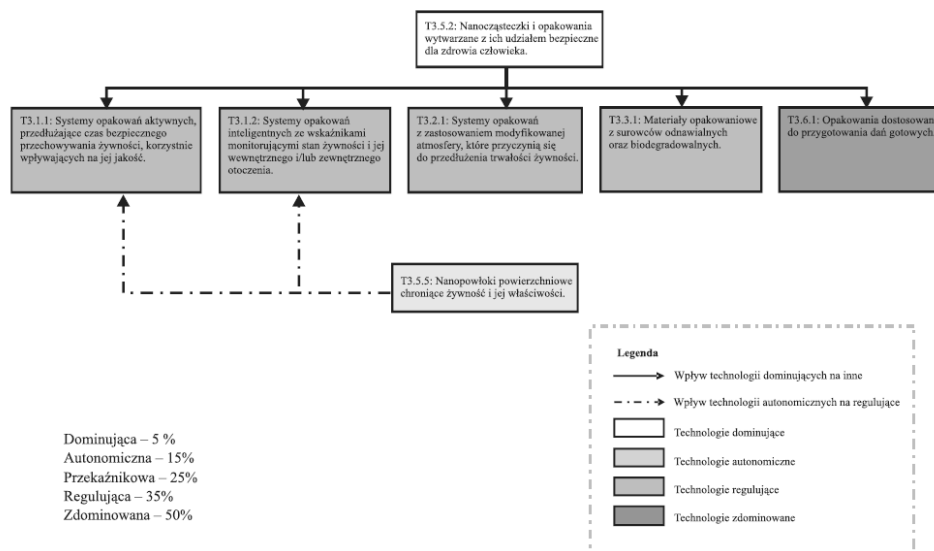
technologii do liczby ekspertów z zakresu jednej bądź obu z analizowanej pary technologii. Wyniki analizy powstałych klastrów przedstawiono w formie dendrogramu. Autorzy zauważyli również, że przedstawione przez nich podejście stanowi jedną stronę ujęcia tematyki relacji technologii. Badanie przeprowadzone wśród ekspertów dziedzinowych, w ich opinii powinno być uzupełnione analizami bibliometrycznymi w zakresie rozważanych technologii [19].



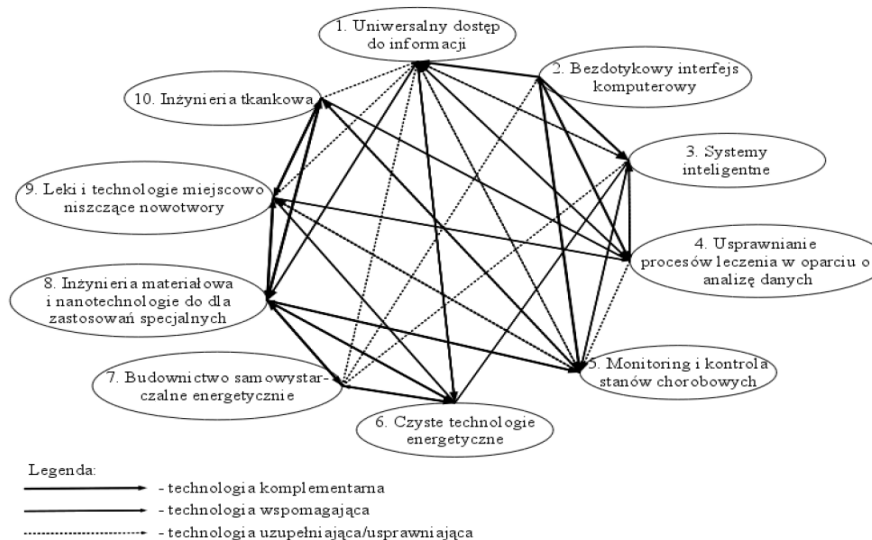
Rys. 2. Przykładowa sieć wzajemnych wpływów technologii [9]

Kolejną inicjatywą badawczą, na którą zwrócono uwagę był jeden z projektów foresightowych realizowanych w Polsce *Żywność i żywienie w XXI wieku – wizja rozwoju polskiego sektora spożywczego*. Podczas realizacji projektu, na jednym z przeprowadzonych etapów identyfikowano poziom technologiczny poszczególnych rozwiązań określonych jako krytyczne oraz występujące pomiędzy nimi powiązania. Określono także pozycję konkurencyjną technologii w odniesieniu do stanu bieżącego, pożądanego oraz prognozowanego. Wykorzystano tu metodę analizy wpływów krzyżowych i wyznaczono wskaźniki przechowujące informacje o sile wpływu i zależności danej technologii, co pozwoliło na identyfikację technologii dominujących, przekąźnikowych, zdominowanych i autonomicznych. Ocena powiązań pomiędzy technologiami przedstawiona została w formie macierzy wzajemnych powiązań. Przygotowano także tabelę wpływów i zależności oraz klasyfikację technologii do

wymienionych grup [20]. Przykładowe z przygotowanych w ramach projektu drzew powiązań agregujących uzyskane informacje przedstawiono na rys. 3.



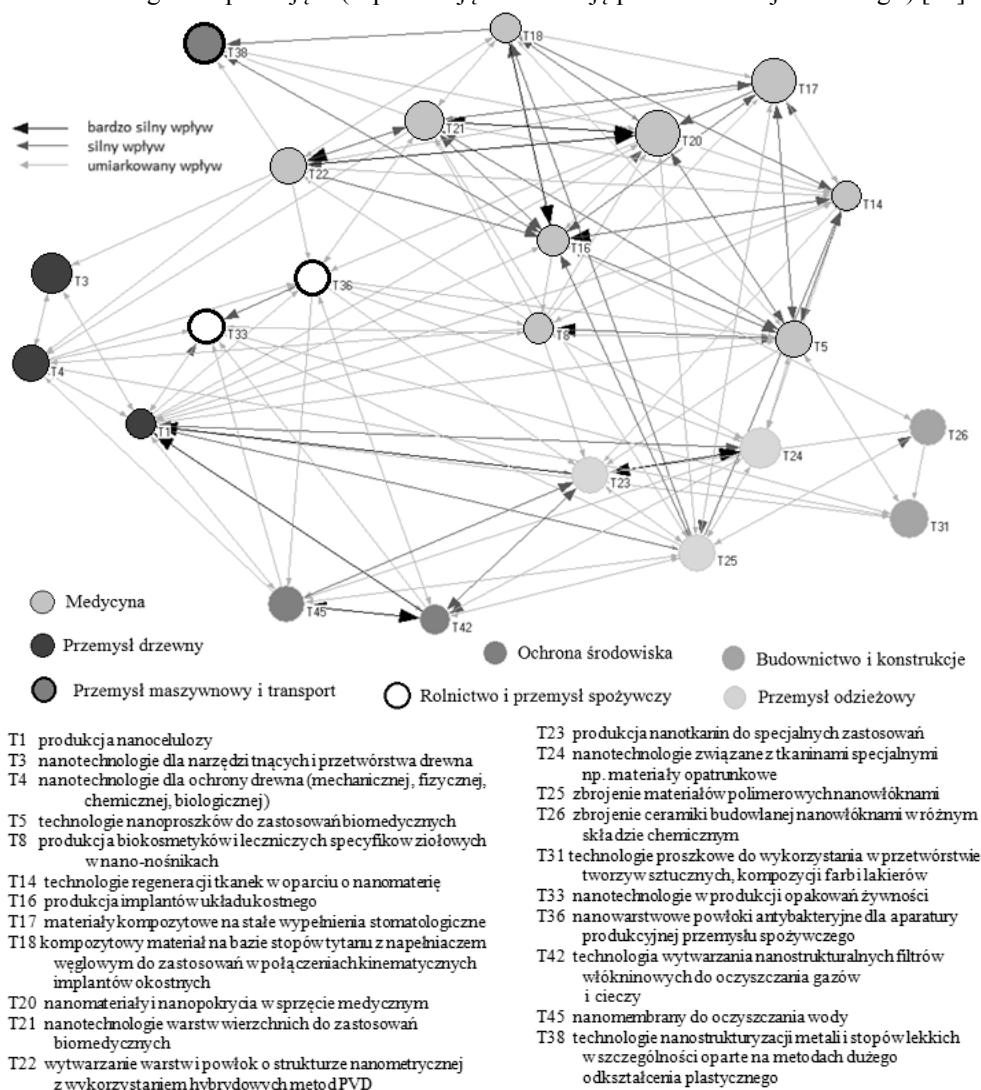
Rys. 3. Przykładowe drzewo głównych powiązań pomiędzy technologiami z obszaru innowacyjne opakowania [20]



Rys. 4. Przykładowa mapa powiązań technologii – projekt *Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020* [21]

Inną inicjatywą, na którą zwrócono uwagę była inicjatywa *Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020*. To również badanie foresightowe realizowane w Polsce. W ramach realizowanych w projekcie zadań badawczych przygotowano między innymi

mapę powiązań pomiędzy technologiami. Działania związane z jej przygotowaniem podjęte zostały w ramach końcowych prac warsztatowych, w które zaangażowani byli eksperci. Zidentyfikowano zależności pomiędzy 10 technologiami przyszłości. Powstała w wyniku oceny eksperckiej wizualizację przedstawiono na rys. 4. Widocznym jest, że wybraną formą prezentacji była sieć, dodatkowo technologie sklasyfikowano jako przynależne do jednej z wyszczególnionych grup: technologie komplementarne (ściśle ze sobą powiązane, uzupełniające się, tworzące efekt synergii), technologie wspomagające (wspierające, umożliwiające realizację założonych celów poprzez dostarczenie metod, technik, narzędzi) oraz technologie uzupełniające (usprawniające realizację procesów innej technologii) [21].



Rys. 5. Przykładowa mapa relacji technologii – projekt *Foresight technologiczny „NT FOR Podlaskie 2020” Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii* [23]

Ostatnią z wybranych do prezentacji w niniejszym artykule inicjatyw badawczych był projekt foresightowy *Foresight technologiczny „NT FOR PODLASKIE 2020” Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii* i przeprowadzone w jego obrębie mapowanie technologii. Z uwagi na fakt, że autorka była członkiem zespołu badawczego realizującego projekt możliwe było przygotowanie nieco bardziej szczegółowego opisu niż w przypadku pozostałych przytoczonych przykładów. Zasadniczym przekonaniem, które przyświecało realizatorom projektu było założenie, że jedną z determinant podniesienia produktywności regionu, przy równoczesnym zachowaniu jego cennych walorów środowiskowych będzie nanoinnowacja. W ramach realizacji projektu wskazano inny niż dotychczasowy trend rozwojowy wsparty prezentacją analiz jego zaistnienia w realiach regionalnych, aby umożliwić przełamanie obecnej sytuacji podlaskiej gospodarki oraz jej stopniową zmianę [22]. W ramach realizacji metody mapowania technologii powstał szereg wizualizacji, między innymi te o charakterze wykresów sieciowych, na których zaprezentowano również rozważane technologie w ich wzajemnych relacjach. Wizualizacja prezentująca zidentyfikowane relacje pomiędzy technologiami, które w toku badań zostały sklasyfikowane jako kluczowe, określona została jako mapa relacji technologii. O uznaniu danego rozwiązania technologicznego za kluczowe decydowała ocena ekspercka w zakresie przyjętych kryteriów atrakcyjności i wykonalności nanotechnologii w kontekście województwa podlaskiego. Zbiór technologii kluczowych przedstawionych następnie na mapie relacji obejmował 22 nanotechnologie. Jako formę prezentacji danych wybrano sieć, której węzły odpowiadały poszczególnym technologiom, a powiązania zdefiniowane zostały jako relacje intensyfikujące rozwój technologii. Połączenia zostały określone na podstawie badania opinii ekspertów dziedzinowych zaangażowanych w prace projektowe. Przygotowano arkusz, w którym każdy z ekspertów mógł na sześciostopniowej skali wskazać wpływ stymulujący bądź destymulujący rozwój technologii jak i braku wpływu pomiędzy daną parą technologii. Skala odzwierciedlała więc charakter relacji jak i jej siłę. Wyrysowano różne warianty sieci przedstawiających relacje pomiędzy technologiami w zależności od charakteru relacji, jednak z uwagi na fakt, że większość wyznaczonych wpływów miała charakter stymulujący oraz różnice w wizualizacjach były znikome finalną mapą relacji technologii stała się mapa relacji stymulujących. Oparcie się na wiedzy eksperckiej wydawało się szczególnie zasadne, gdyż rozważane technologie cechował wysoki poziom specjalizacji i szeroki wachlarz możliwych zastosowań. Narzędziem gromadzenia danych, jakie wykorzystano była macierz relacji technologii (MRT). Uzupelnione przez ekspertów arkusze zestawiono tworząc zbiorczą macierz według wzorca:

$$MRT = \begin{bmatrix} 0 & D_{(T_1, T_2)} & \dots & \dots & D_{(T_1, T_j)} & \dots & D_{(T_1, T_n)} \\ D_{(T_2, T_1)} & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & D_{(T_2, T_n)} \\ \dots & \dots & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots \\ D_{(T_i, T_1)} & \dots & \dots & 0 & D_{(T_i, T_j)} & \dots & D_{(T_i, T_n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & \dots \\ D_{(T_n, T_1)} & D_{(T_n, T_2)} & \dots & \dots & D_{(T_n, T_j)} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

gdzie n to liczba technologii, T_i, T_j oznaczają poszczególne rozważane technologie ($i, j = 1, 2, \dots, n$ oraz $i \neq j$), $D_{(T_i, T_j)}$ to dominanta spośród ocen eksperckich dotyczących wpływu technologii T_i na T_j . Jako miarę syntetyzującą uzyskane oceny eksperckie wybrano

dominantę, tak aby ostatecznie uzyskane wyniki odzwierciedlały w jak najwyższym stopniu opinię ogółu ekspertów, bez straty skrajnych ocen. Gdy dwie lub więcej ocen cechowało się tą samą liczbą wskazań wyznaczano współczynniki asymetrii i dokonywano wyboru zgodnie z tendencją w nadawanych ocenach. Dane następnie przeskalowano do skali adekwatnej dla oprogramowania PAJEK, które wykorzystano do wizualizacji sieci. Do określenia wielkości poszczególnych węzłów sieci wykorzystano wyniki przeprowadzonej w projekcie oceny poziomu dojrzałości technologicznej (*technology readiness level*) [23]. Powstałą mapę relacji technologii zaprezentowano na rys. 5. Wykorzystanie mapy relacji technologii podczas realizacji projektu umożliwiło wskazanie technologii najsilniej oddziałujących na inne w układzie technologii kluczowych, wskazanie klastrów technologii wzajemnie stymulujących swój rozwój, czy zauważenie relacji niewidocznych w formalnym podziale technologii (na przykład podziale wedle obszarów zastosowań), co wzbogaciło bazę wiedzy o analizowanych technologiach i wpłynęło na dalsze wnioskowanie w pracach projektowych.

4. Podsumowanie

Technologia jako przedmiot analizy cechuje się licznnością charakteryzujących ją atrybutów i aspektów, na które należy zwrócić uwagę szczególnie podczas wyboru technologii z większej ich grupy. Równocześnie proces selekcji jest jednym z etapów w całym cyklu zarządzania technologią, który intensywnie oddziałuje na powodzenie wdrożenia i eksploatacji całego portfela technologii. Z kolei konieczność postrzegania technologii w kontekście innych rozwiązań technologicznych wymuszone jest przez możliwość wystąpienia relacji pomiędzy nimi.

W artykule zwrócono szczególną uwagę na mapę relacji technologii, która umożliwia szerokie spojrzenie na ekosystem technologii, jak i dostarcza ciekawej formy prezentacji ewentualnie występujących relacji pomiędzy technologiami. Przedstawione przykłady stanowiące próbę całościowego, sieciowego ujęcia technologii dostarczają wiedzy o tym jak definiowane mogą być węzły i połączenia w sieci technologii. Ponadto potwierdzają one, że dzięki wykorzystaniu wizualizacji relacje trudno dostrzegalne w opisie tekstowym, czy zestawieniu tabelarycznym często stają się widoczne. Należy również zauważyć, że przygotowanie sieci prezentującej relacje pomiędzy technologiami powinno opierać się tak na wiedzy eksperckiej, jak i na danych zaczerpniętych z dostępnej dokumentacji technologii (jak chociażby patenty). Wartościowym wydaje się również – wprowadzone w niektórych opisanych przypadkach – sklasyfikowanie technologii na z góry zdefiniowane grupy, oddające charakter oddziaływania danej technologii w analizowanym kontekście. Nie należy także zapomnieć o tym, że technologie mogą w różny sposób, jak i z różną siłą wpływać na wzajemny rozwój.

Podając za J. L. Gordonem ludzie wciąż potrzebują nowych sposobów wspomagających wizualizację wiedzy [24]. Dane podsumowane w postaci wykresów przedstawiają złożone struktury najczytelniej. Szczególnie wykresy sieciowe mogą wspomagać zamodelowanie relacji, czy zagregowanie zebranej wiedzy w sposób przejrzysty i odczytywany intuicyjnie, co nabiera szczególnego znaczenia w przypadku konieczności dokonania rzetelnej selekcji rozwojowych technologii.

Literatura

1. Torrkeli M., Tuominen M.: The contribution of technology selection to core

- competences. *International Journal of Production Economics*, nr 77, 2002, s. 271-284.
2. Pretorius M. W., de Wet G.: A model for the assessment of new technology for the manufacturing enterprise. *Technovation*, nr 20, 2000, s. 3-10.
 3. Lowe P.: *The Management of Technology: Perception and Opportunities*. Chapman & Hall, Londyn, 1995.
 4. Klincewicz K.: *Zarządzanie technologiami. Przypadek niebieskiego lasera*. Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, 2010.
 5. Łunarski J.: *Zarządzenie technologiami. Ocena i doskonalenie*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2009.
 6. Santarek K. (red.): *Transfer technologii z uczelni do biznesu. Tworzenie mechanizmów transferu technologii*. PARP, Warszawa, 2008.
 7. Shehabuddeen N., Probert D., Phaal R.: From theory to practice: challenges in operationalising a technology selection framework, *Technovation*, nr 26, 2006, s. 324-335.
 8. 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/icial05/04-thu/J2-Mittal.pdf.
 9. 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*, nr 74, 2007, s. 1296-1314.
 10. 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*, nr 67, 2001, s. 1-17.
 11. Musango J. K.: *Technology Assessment of Renewable Energy Sustainability in South Africa*. Rozprawa doktorska, Stellenbosch University, Matieland, 2012.
 12. van der Valk T., Gijsbergs G.: The use of social network analysis in innovation studies: Mapping actors and technologies. *Innovation: Management, Policy & Practice*, t. 12, nr 1, 2010, s. 5-17.
 13. 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*, t. 32, nr 4, 2008, s. 779-810.
 14. 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*, nr 8, 2007, s. 185-202.
 15. Barabasi A. L.: *Network science*, Creative Commons CC BY-NC-SA 2.0, PDF v. 26, 2014 [online], dostęp zdalny: <http://barabasi.com/networksciencebook/>
 16. de Nooy W., Mrvar A., Batagelj V.: *Exploratory Social Network Analysis With Pajek. Structural Analysis in the Social Sciences*. Cambridge University Press, Cambridge, 2005.
 17. Denarius D.: *Synthesis Report on Foresight Models and Methodology*. Report #04-02. Office of Technology Foresight, Canada, 2004.
 18. 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*, t. 34, nr 5, 2004, s. 579-589.
 19. 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, nr 27, 2007, s. 57-64.
20. Michalczyk L. (red.): Żywność i żywienie w XXI wieku. Scenariusze rozwoju polskiego sektora rolno-spożywczego. Społeczna Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania w Łodzi, Łódź, 2011.
 21. 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.
 22. Nazarko J. (red.): Podlaska strategia rozwoju nanotechnologii do roku 2020. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok, 2013.
 23. Kononiuk A. (red.), Gudanowska A. (red.): Kierunki rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Mapy. Marszruty. Trendy. Politechnika Białostocka, Białystok, 2013.
 24. Gordon J. L.: Creating knowledge maps by exploring dependent relationships. Knowledge-Based Systems, nr 13, 2000, s. 71-79.

Dr Alicja E. GUDANOWSKA
Katedra Informatyki Gospodarczej i Logistyki
Wydział Zarządzania
Politechnika Białostocka
15-351 Białystok, ul. Wiejska 45A
tel./fax: (0-85) 746 98 96
e-mail: a.gudanowska@pb.edu.pl