

ANALIZA STRUKTURALNA CZYNNIKÓW ROZWOJU NANOTECHNOLOGII W WOJEWÓDZTWIE PODLASKIM



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WYDZIAŁ ZARZĄDZANIA
POLITECHNIKI BIAŁOSTOCKIEJ



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



ANALIZA STRUKTURALNA
CZYNNIKÓW ROZWOJU
NANOTECHNOLOGII
W WOJEWÓDZTWIE PODLASKIM

ANALIZA STRUKTURALNA
CZYNNIKÓW ROZWOJU NANOTECHNOLOGII
W WOJEWÓDZTWIE PODLASKIM

REDAKCJA NAUKOWA

prof. dr hab. inż.
JOANICJUSZ NAZARKO

prof. dr hab.
HENRYK WNOROWSKI

dr
ANNA KONONIUK

BIAŁYSTOK 2011

recenzenci

dr hab. Robert Ciborowski, prof. nzw. UwB
prof. dr hab. inż. Wiesław Kowalczewski

© copyright by

Oficyna Wydawnicza
Politechniki Białostockiej

Białystok 2011

ISSN 0867-096X

Rozprawy Naukowe Nr 215
Biblioteka Nauk o Zarządzaniu

redaktor wydawnictwa

Janina Demianowicz

korektor

zespół

okładkę projektowała

Krystyna Krakówka

projekt i skład komputerowy



Agencja Wydawniczo-Edytorska
Ekopress, Andrzej A. Poskrobko,
tel. 601 311 838

druk i oprawa

Oficyna Wydawnicza
Politechniki Białostockiej

zespół autorów

Joanicjusz Nazarko –
Koordinator Merytoryczny Projektu

Henryk Wnorowski –
Koordinator Panelu POB3

Joanna Ejdys

Anna Kononiuk

Anna Olszewska

Alicja Gudanowska

współpraca

Elżbieta Krawczyk-Dembicka

Tomasz Trochimczuk

*Projekt współfinansowany ze środków
Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
oraz środków budżetu państwa
w ramach Programu Operacyjnego
Innowacyjna Gospodarka*

KOMITET STERUJĄCY

prof. dr hab. inż. Joanicjusz Nazarko	<i>Koordinator Merytoryczny Projektu</i> Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr hab. Robert W. Ciborowski , prof. nzw. UwB	Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Ekonomii i Zarządzania – <i>Dziekan</i>
Jarosław Zygmunt Dworzański	Marszałek Województwa Podlaskiego
prof. dr hab. inż. Lech Dzienis	Politechnika Białostocka – <i>Prorektor do spraw Rozwoju i Współpracy</i>
dr hab. Beata Godlewska-Żyłkiewicz , prof. nzw. UwB	Uniwersytet w Białymstoku – <i>Prorektor do spraw Nauki i Współpracy z Zagranicą</i>
Halina Grzelakowska	Rada Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT w Białymstoku – <i>Dyrektor Biura</i>
prof. dr hab. Zofia Kędzior	Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, Wydział Ekonomii
dr Jolanta Koszelew	Białostocki Park Naukowo-Technologiczny – <i>Dyrektor</i>
prof. dr hab. inż. Krzysztof Kurzydłowski	Narodowe Centrum Bdań i Rozwoju – <i>Dyrektor</i>
Włodzimierz Leszek Kusak	Rada Miejska w Białymstoku – <i>Przewodniczący</i>
Andrzej Magruk	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania – <i>Przewodniczący Grupy Wsparcia</i>
red. Krzysztof Michalski	Jedynka Polskie Radio
prof. dr hab. inż. Andrzej Napieralski	Politechnika Łódzka, Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki
prof. dr hab. Jacek Nikliński	Uniwersytet Medyczny w Białymstoku – <i>Rektor</i>
Andrzej Parafiniuk	Podlaska Fundacja Rozwoju Regionalnego – <i>Prezes</i>
prof. dr hab. Bogdan Piasecki	Uniwersytet Łódzki, Wydział Zarządzania
Lech Jerzy Pilecki	Podlaski Klubu Biznesu – <i>Prezes Zarządu</i>
Władysław Prochowicz	Polskie Radio Białystok S.A. – <i>Prezes Zarządu, Redaktor Naczelny</i>
prof. dr inż. Adam Skorek	Université du Québec a Trois-Rivieres Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr hab. Tadeusz Truskolaski , prof. nzw. UwB	Prezydent Miasta Białystok
prof. dr hab. Henryk Wnorowski	Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Ekonomii i Zarządzania

ZESPÓŁ EKSPERTÓW PANELU POB3 Kluczowe czynniki rozwoju nanotechnologii podlaskiej

prof. dr hab. **Henryk Wnorowski**
Koordynator Panelu POB3

Maciej Alksnin
MAGMA S.A.P., Grajewo

dr hab. **Robert Ciborowski**, prof. nzw. UwB
Uniwersytet w Białymstoku,
Wydział Ekonomii i Zarządzania

Leszek Czemieli
BioGlass Białystok

Stanisław Duch
SM „Mlekovita”

dr **Ewa Glińska**
Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania

Zbigniew Gotąbiewski
Promotech Sp. z o.o.

Halina Grzelakowska
Rada Federacji Stowarzyszeń
Naukowo-Technicznych NOT w Białymstoku –
Dyrektor Biura

Krzysztof Marek Karpieszuk
Urząd Miejski w Białymstoku – *Sekretarz Miasta*

prof. dr hab. **Zofia Kędzior**
Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

dr **Anna Kononiuk**
Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania

dr **Leszek Magrel**
Regionalna Dyrekcja Ochrony Środowiska
w Białymstoku – *Dyrektor*

dr hab. inż. **Wiesław Matwiejczuk**, prof. nzw. PB
Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania

Łukasz Nazarko
Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania

dr **Anna Olszewska**
Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania

Andrzej Parafiniuk
Podlaska Fundacja Rozwoju Regionalnego – *Prezes*

dr **Dorota Perło**
Uniwersytet w Białymstoku,
Wydział Ekonomii i Zarządzania

Lech Piłarski
Polskie Radio Białystok

Lech Jerzy Pilecki
Podlaski Klub Biznesu – *Prezes Zarządu*

Jarosław Szablowski
SM „Mlekovita”

Piotr Szutkiewicz
Urząd Marszałkowski Województwa Podlaskiego

dr inż. **Wojciech Winogrodzki**
T-MATIC Grupa Computer Plus Sp. z o.o.

Wprowadzenie	9
Rozdział 1 ANALIZA STRUKTURALNA W METODYCE BADAWCZEJ PROJEKTU	11
Rozdział 2 OPIS METODYKI BADAWCZEJ	15
2.1. Założenia analizy strukturalnej	15
2.2. Opis sposobu konstrukcji macierzy wpływów bezpośrednich	17
2.3. Charakterystyka metodyki MICMAC	18
Rozdział 3 CZYNNIKI ROZWOJU NANOTECHNOLOGII W WOJEWÓDZTWIE PODLASKIM	33
Rozdział 4 WYNIKI ANALIZY STRUKTURALNEJ PRZEPROWADZONEJ ZA POMOCĄ PROGRAMU MICMAC	37
4.1. Zdefiniowanie macierzy wpływów bezpośrednich	37
4.2. Utworzenie macierzy wpływów bezpośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych	39
4.3. Analiza sumarycznych sił oddziaływań bezpośrednich oraz grafy najsilniejszych oddziaływań bezpośrednich	40
4.4. Klasyfikacja czynników analizy strukturalnej bazującej na oddziaływaniach bezpośrednich	45
4.5. Wyznaczenie macierzy wpływów pośrednich	49
4.6. Wyznaczenie macierzy wpływów pośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych	50
4.7. Analiza sumarycznych sił oddziaływań pośrednich oraz grafy najsilniejszych oddziaływań pośrednich	52
4.8. Klasyfikacja czynników analizy strukturalnej bazującej na oddziaływaniach pośrednich	56
Wnioski z analizy	61
Wykaz literatury	63
Wykaz tabel	65
Wykaz rysunków	67

W niniejszej monografii przedstawiono przebieg i rezultaty analizy strukturalnej w zakresie identyfikacji i klasyfikacji czynników kluczowych wpływających na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim, wykonanej w ramach projektu badawczego *Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>*. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii. Projekt finansowany jest 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. Beneficjentem projektu jest Politechnika Białostocka, a Instytucją Wdrażającą – Ośrodek Przetwarzania Informacji (OPI).

Prace wykonane w 2010 roku przez panel analizy STEEPVL oraz SWOT (PSWOT), doprowadziły do identyfikacji grupy czynników warunkujących rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim. Zgodnie z przyjętą metodyką projektu, analiza STEEPVL, której celem była identyfikacja czynników rozwoju nanotechnologii, nie uwzględniała kontekstu regionalnego (województwa podlaskiego). Kontekst ten został wprowadzony dzięki analizie SWOT, która odnosiła się do specyfiki województwa podlaskiego, jego właściwości oraz wpływów otoczenia. Czynniki STEEPVL przypisane do siedmiu sfer: społecznej (*Social*), technologicznej (*Technological*), ekonomicznej (*Economic*), ekologicznej (*Ecological*), politycznej (*Political*), wartości (*Values*) oraz prawnej (*Legal*) [16] stanowią podstawę do wyłonienia kluczo-

wych czynników rozwoju, które w dalszej części prac są niezbędne do zbudowania osi scenariuszy rozwoju.

Uwzględniając fakt, że na podstawie zaprezentowanej w monografii *Uwarunkowania rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Wyniki analiz STEEPVL i SWOT* [14] klasyfikacji czynników STEEPVL pod względem ważności i niepewności nie można jednoznacznie wyodrębnić dwóch najważniejszych czynników, które stanowiłyby podstawę konstrukcji scenariuszy rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim, niezbędne stało się wsparcie procesu identyfikacji czynników kluczowych analizą strukturalną.

W opracowaniu zaprezentowano:

- miejsce analizy strukturalnej w metodyce badawczej projektu oraz powiązania z dotychczas wykonanymi pracami badawczymi w projekcie;
- opis metodyki badawczej;
- zbiór analizowanych czynników rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim;
- wyniki analizy strukturalnej uzyskanej za pomocą programu MICMAC;
- wnioski z analizy.

Całość opracowania uzupełniono wykazem literatury.

Obliczenia związane z analizą strukturalną wykonano za pomocą specjalistycznego programu komputerowego MICMAC [6, 8] (*Matrice d'Impacts Croisés – Multiplication Appliquée à un Classement*), który opracowany został przez ekspertów z French Computer Innovation Institute 3IE (*Institut d'Innovation Informatique*

pour l'Entreprise) pod nadzorem twórców koncepcji z LIPSOR Prospective (foresight) Strategic and Organisational Research Laboratory. Program dostępny jest do bezpłatnego pobrania na stronie internetowej „La Prospective” redagowanej przez M. Godeta [12].

Autorzy zdecydowali się poświęcić znaczny fragment monografii charakterystyce metodyki, według której wykonywano analizy z wykorzystaniem aplikacji MICMAC. Jest to unikalne opracowanie, nieprezentowane dotychczas w takim zakresie w dostępnej literaturze

przedmiotu. Mimo że przedmiot monografii stanowią przede wszystkim badania związane z konkretnym projektem foresightowym *Foresight technologiczny <<NTFOR Podlaskie 2020>>*. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii, to jednak – w opinii autorów – zawarte w monografii treści metodologiczne mają szersze odniesienia i mogą być użyteczne dla zainteresowanych studiami foresightowymi zarówno w aspekcie teoretycznym, jak i aplikacyjnym.

1. Analiza strukturalna w metodyce badawczej projektu

Wykonanie zasadniczych zadań badawczych projektu <<NT FOR Podlaskie 2020>> zostało oparte na panelach eksperckich, których zadaniem jest wytworzenie, analiza i synteza wiedzy istotnej dla danego zagadnienia. Utworzone w projekcie panele eksperckie można podzielić na panele metodyczne oraz panele obszarów badawczych. W przyjętym modelu współdziałania paneli założono, że wyniki prac paneli obszarów badawczych są integrowane i syntetyzowane poprzez Kluczowy Zespół Badawczy (KZB), stanowiący również platformę przekazywania informacji i wiedzy wytworzonej w poszczególnych panelach eksperckich, będących podstawą prac innych paneli [17].

W projekcie wyróżniono trzy główne obszary badawcze:

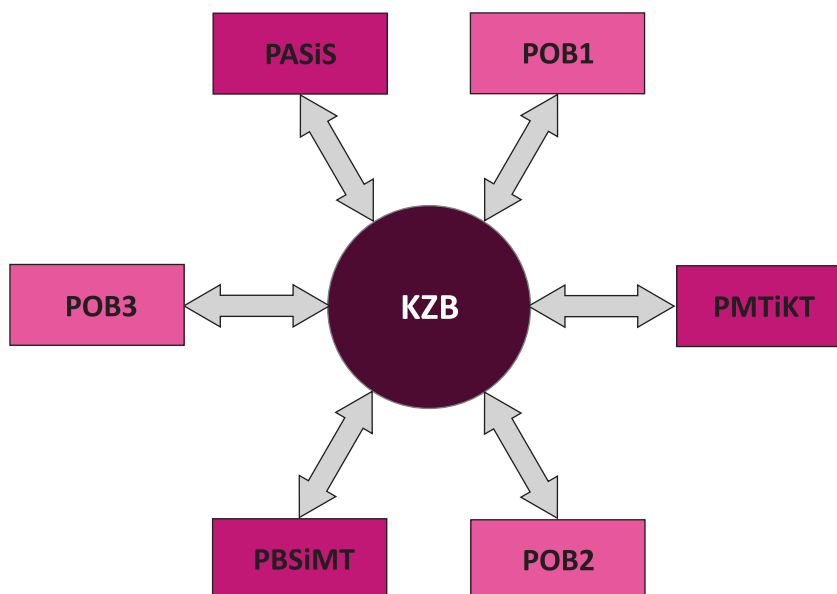
- Nanotechnologie w gospodarce Podlasia (POB1).
- Badania naukowe w zakresie nanotechnologii na rzecz rozwoju Podlasia (POB2).
- Kluczowe czynniki rozwoju nanotechnologii podlaskiej (POB3).

Panele metodyczne, odpowiadające głównym metodom badawczym, na których oparta jest metodologia badawcza projektu stanowią:

- Panel analizy STEEPVL oraz SWOT (PASiS).
- Panel mapowania technologii i kluczowych technologii (PMTiKT).
- Panel budowy scenariuszy i marszrut technologicznych (PBSiMT).

Schemat współdziałania poszczególnych paneli przedstawiono na rysunku 1.1.

Rys. 1.1. Schemat współdziałania paneli eksperckich w projekcie <<NT FOR Podlaskie 2020>>

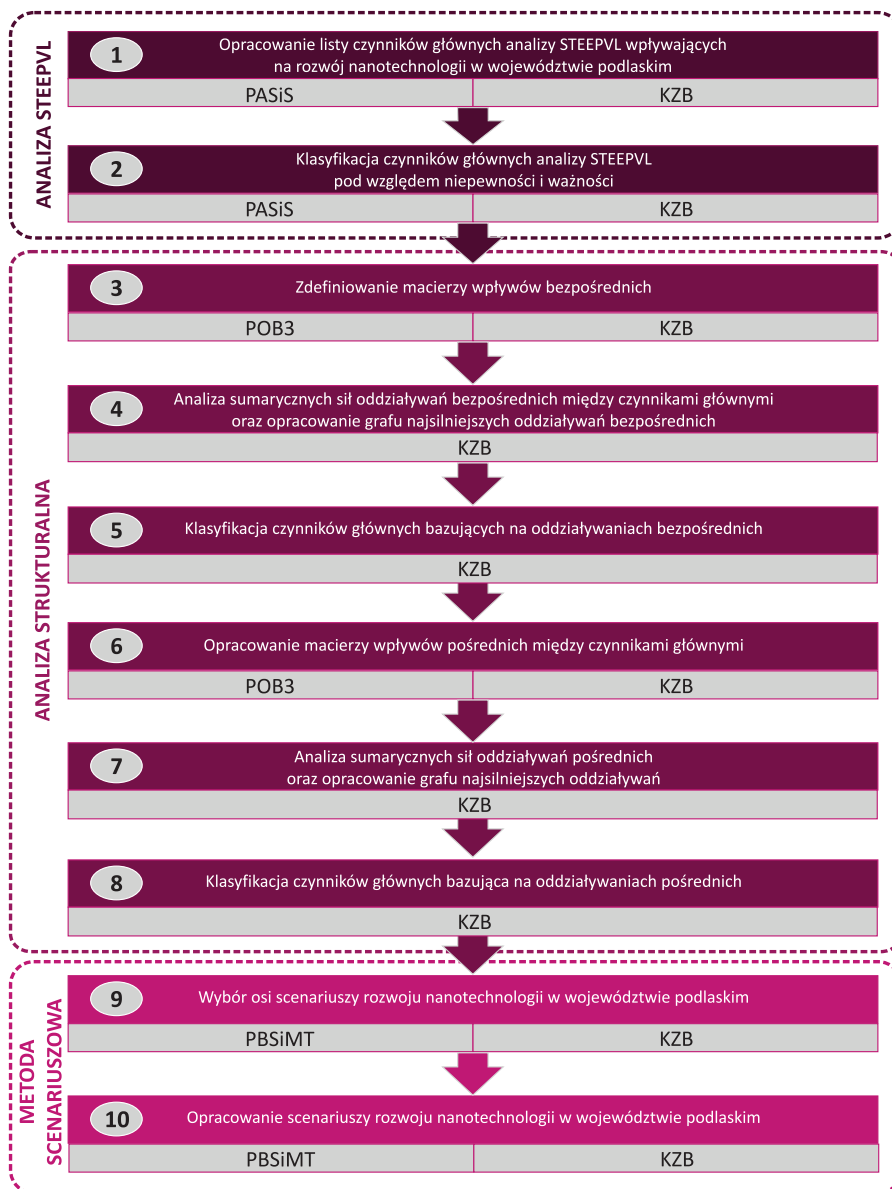


Źródło: opracowanie własne.

Wykonana przez Kluczowy Zespół Badawczy analiza strukturalna stanowi etap prac nad identyfikacją czynników kluczowych wpływających na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim. Czynniki te, zgodnie z metodyką analizy scenariuszowej, będą wytyczały osie scenariuszy rozwoju nanotechnologii na terenie województwa podlaskiego. Uwzględniając fakt, że na podstawie opraco-

wanej klasyfikacji czynników STEEPVL pod względem ich ważności i niepewności nie można było jednoznacznie wyodrębnić dwóch najważniejszych czynników, podjęto decyzję o wsparciu procesu identyfikacji czynników kluczowych analizą strukturalną. Zadanie to było realizowane przez panel *Kluczowe czynniki rozwoju nanotechnologii podlaskiej (POB3)* przy wsparciu Kluczowego Zespołu Badawczego.

Rys. 1.2. Umieszczenie analizy strukturalnej w metodyce badawczej projektu



Źródło: opracowanie własne.

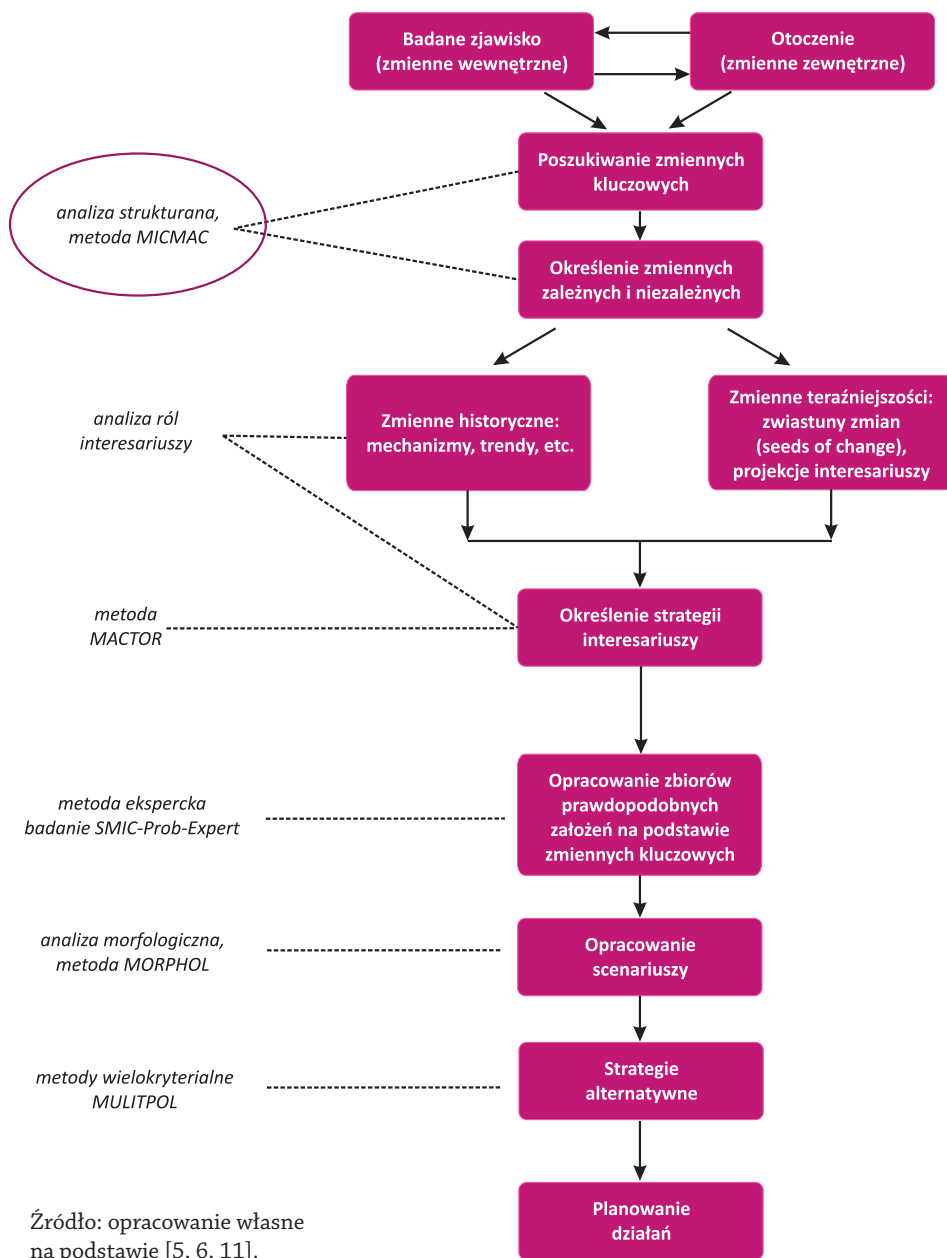
Umieszczenie analizy strukturalnej w metodyce badawczej projektu przedstawiono na rysunku 1.2.

Prace panelu POB3 i Kluczowego Zespołu Badawczego stanowią istotne uzupełnienie prac zespołu eksperckiego PASiS z zakresu identyfikacji i klasyfikacji czynników analizy

STEEPVL, a efekty prac tego panelu będą stanowiły dane wejściowe do prac panelu budowy scenariuszy i marszrut technologicznych (PBSi MT) oraz Kluczowego Zespołu Badawczego.

Analiza strukturalna stanowi istotny etap w metodyce tworzenia scenariuszy zgodnie z koncepcją La Prospective [6, 12], (rys. 1.3).

Rys. 1.3. Etapy tworzenia scenariuszy zgodnie z koncepcją *La Prospective*



2.1. Założenia analizy strukturalnej

Analiza strukturalna jest narzędziem, które umożliwia porządkowanie i analizowanie zbiorów obejmujących dużą liczbę zmiennych (czynników), które wzajemnie na siebie oddziałują. Badając zależności pomiędzy pozornie niezwiązanymi ze sobą czynnikami, metoda ta pozwala określić ich wzajemne wpływy i zachodzące pomiędzy nimi relacje oraz na podstawie tych relacji wyodrębnić zmienne kluczowe [2, 18]. Dla każdej pary czynników A i B należy odpowiedzieć na pytania: (i) Czy czynnik A wywiera bezpośredni wpływ na czynnik B? (ii) Jeśli tak, to czy wpływ ten jest mały, średni, duży czy potencjalny? Brak wpływu pomiędzy zmiennymi oznacza się cyfrą „0” [18]. Przykładowa macierz, uzupełniana przez ekspertów, może przyjąć formę przedstawioną na rysunku 2.1.

Macierz analizy strukturalnej może być przetworzona za pomocą takich narzędzi jak MICMAC, którego podstawę stanowi algebraiczna zasada logiki Boolle’a [4]. Stosując program MICMAC można badać i porównywać hierarchię poszczególnych zmiennych z uwzględnieniem ich bezpośrednich i pośrednich wpływów, co stanowi bogate źródło informacji o systemie będącym przedmiotem analiz [18].

Siłą analizy strukturalnej jest w szczególności jej zdolność do identyfikowania związków łączących zmienne, których wzajemne wpływy nie są oczywiste i mogą pozostać nierozpoznane nawet przez ekspertów w danej dziedzinie. Podstawowe ograniczenie metody wynika z konieczności ograniczenia liczby rozpatrywanych zmiennych w taki sposób, aby umożliwić ekspertom ustalenie, w rozsądnym czasie, ich wzajemnych powiązań (im więcej zmiennych, tym dłuższy czas potrzebny na dyskusję).

Rys. 2.1. Przykładowa macierz do analizy strukturalnej

WYSZCZEGÓLNIENIE	CZYNNIK 1	CZYNNIK 2	...	CZYNNIK N
CZYNNIK 1				
CZYNNIK 2				
...				
CZYNNIK N				

Źródło: opracowanie własne na podstawie J. M. Wójcicki (red.), P. Ładażyński (red.), *System monitorowania i scenariusze rozwoju technologii medycznych w Polsce*, Konsorcjum ROTMED, Warszawa 2008, s. 205.

Analizę strukturalną przeprowadza się w trzech fazach [2]:

- sporządzenie listy zmiennych wpływających na dany obszar badawczy (jest to najbardziej pracochłonny i najistotniejszy etap badawczy);
- opis wzajemnych powiązań pomiędzy zmiennymi – pozwala na rekonstrukcję systemu oraz opis sieci relacji pomiędzy zmiennymi;
- identyfikacja zmiennych kluczowych.

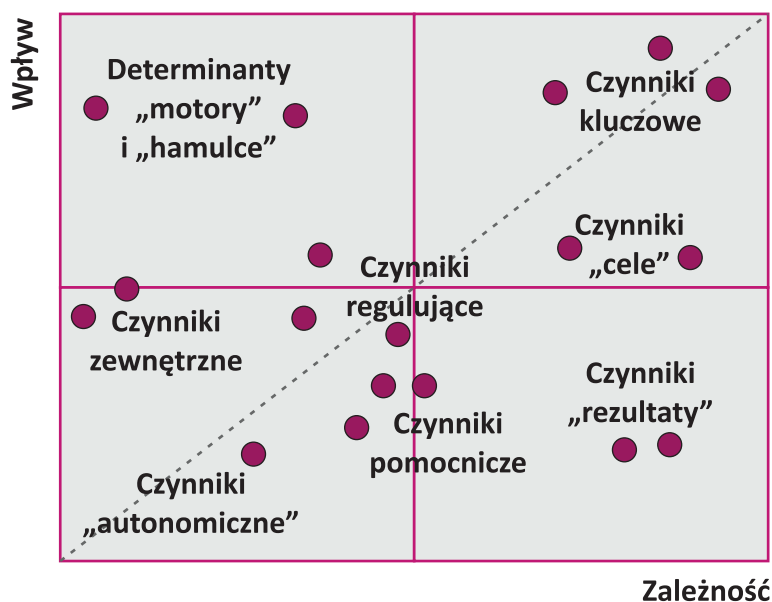
Analiza strukturalna sporządzona za pomocą programu MICMAC pozwala na wyod-

rębienie spośród wszystkich czynników wpływających na dany obszar badawczy:

- czynników kluczowych;
- czynników celów;
- czynników rezultatów;
- czynników pomocniczych;
- czynników decydujących (motory i hamulce);
- czynników regulujących;
- czynników zewnętrznych;
- czynników autonomicznych.

Koncepcję klasyfikacji czynników przedstawiono na rysunku 2.2.

Rys. 2.2. Układ czynników wpływających na dany obszar badawczy – przykładowy wynik analizy strukturalnej



Źródło: opracowanie własne na podstawie [2, 18].

Czynniki kluczowe łączą w sobie dużą siłę oddziaływania z dużym stopniem zależności. Czynniki „cele”, to takie, które w większym stopniu same zmieniają się na skutek innych czynników, niż wpływają na pozostałe czynniki; reprezentują możliwe cele badanego systemu [13]. Czynniki zależne/rezultaty charakteryzują się małym oddziaływaniem, a dużą zależnością od innych czynników. Są szczególnie

podatne na zmiany czynników decydujących oraz kluczowych. Czynniki decydujące (determinanty) to te, które wywierają bardzo silny wpływ na system, czyli czynniki napędzające i hamujące, ale są trudne do skontrolowania. Czynniki regulujące/pomocnicze charakteryzują się małym wpływem na system, ale mogą okazać się pomocne do osiągnięcia celów strategicznych [13]. Czynniki autonomiczne

wykazują najmniejszy wpływ na zmiany zachodzące w systemie jako całości, a czynniki zewnętrzne charakteryzują się mniej istotnym wpływem na system niż wpływ determinantów, ale większym niż wpływ zmiennych autonomicznych. Jednocześnie wpływ systemu na te zmienne jest niewielki [18].

Przeprowadzone przez członków Kluczowego Zespołu Badawczego analizy statystyczne z wykorzystaniem miar średnich oraz wykonana następnie analiza czynnikowa pozwoliły na wyodrębnienie w każdej grupie czynników analizy STEEPVL trzech czynników głównych wpływających najsilniej na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim.

2.2. Opis sposobu konstrukcji macierzy wpływów bezpośrednich

Macierz wpływów bezpośrednich umożliwia identyfikowanie relacji pomiędzy czynnikami wpływającymi na dany obszar badawczy. Siłę wpływu czynników ocenia się w skali trójstopniowej, z możliwością identyfikacji wpływów potencjalnych, gdzie:

- „0” – brak wpływu;
- „1” – słaby wpływ;
- „2” – średni wpływ (istotny, ale niedecydujący);
- „3” – wpływ duży (decydujący);
- „P” – wpływ potencjalny.

W projekcie *Foresight technologiczny <<NT FOR PODLASKIE 2020>>*. *Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii* konstrukcja macierzy wpływów bezpośrednich została przeprowadzona w trzech etapach (rys. 2.3).

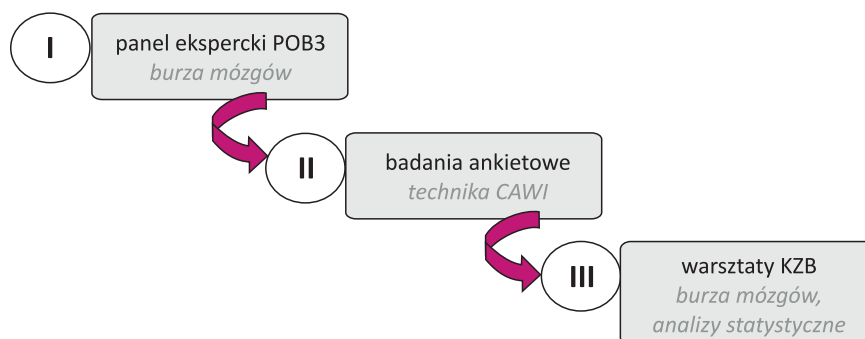
W pierwszym etapie eksperci POB3 przeprowadzili – moderowaną przez Koordynatora Panelu – burzę mózgow na temat wzajemnego oddziaływania na siebie 21 głównych czynni-

ków wpływających istotnie na rozwój nanotechnologii, zidentyfikowanych w ramach analizy STEEPVL. Narzędziem, które posłużyło do facylitacji pracy ekspertów, był przygotowany przez Kluczowy Zespół Badawczy, wstępny formularz macierzy wpływów bezpośrednich.

W drugim etapie eksperci POB3 zostali poproszeni o uzupełnienie elektronicznej wersji formularza macierzy wpływów bezpośrednich z wykorzystaniem techniki CAWI. Każdy z ekspertów POB3 uzupełniał macierz indywidualnie.

W trzecim etapie – na podstawie zbiorczych wyników formularzy macierzy wpływów bezpośrednich – Kluczowy Zespół Badawczy przeprowadził analizy statystyczne, które umożliwiły konstrukcję wynikowej macierzy wpływów bezpośrednich. Analizy zostały przeprowadzone z wykorzystaniem programu MICMAC.

Rys. 2.3. Etapy konstrukcji macierzy wpływów bezpośrednich



Źródło: opracowanie własne.

2.3. Charakterystyka metodyki MICMAC

System MICMAC jest to specjalistyczny program komputerowy, opracowany przez M. Godeta, służący jako narzędzie analizy strukturalnej. Wersja, jaką wykorzystano w pracach projektu została opracowana przez ekspertów z French Computer Innovation Institute 3IE pod nadzorem twórców koncepcji z LIPSOR Prospective (foresight) Strategic and Organisational Research Laboratory [18]. Program, którego koncepcja opiera się na algebraicznej zasadzie logiki Boole'a, jest często stosowany podczas budowy scenariuszy na początkowym etapie studiów nad przyszłością. Jego zastosowanie powinno prowadzić do określenia związków pomiędzy pewnym podanym zestawem zmiennych, w celu wyodrębnienia elementów kluczowych. Program uwzględnia kwestię wpływów bezpośrednich, ale także pośrednich, które mogłyby pozostać niezauważone podczas pracy analityka. Eksperti uczestniczący w projekcie dyskutują oraz określają wzajemne zależności pomiędzy elementami systemu, co stanowi element wejściowy dla programu.

Rezultaty działania programu pomagają pogrupować zmienne i wskazać te o największym wpływie na cały system [4, 15]. Zastosowanie programu MICMAC pozwala na analizę złożonych systemów o wielu czynnikach sprawczych (*driving forces*), umożliwiając przejście od kompleksowego odwzorowania systemu do jego postaci uproszczonej, opisanej poprzez czynniki kluczowe.

Algorytm działania programu MICMAC oparty jest na trzech zasadniczych etapach [1, 9]:

- określenie wszystkich czynników wpływających na dane zjawisko;
- opis wzajemnych oddziaływań między czynnikami;
- identyfikacja czynników kluczowych.

Istotą metodyki MICMAC jest etap identyfikacji czynników kluczowych. Program MICMAC wyznacza siłę oddziaływań bezpośrednich i pośrednich pomiędzy czynnikami opierając się na zdefiniowanej uprzednio macierzy wpływów bezpośrednich [9]. Macierz wpływów bezpośrednich przekształcana jest w graf, którego wierzchołki odpowiadają poszczególnym

czynnikom. Następnie, w celu wyznaczenia siły wpływu każdego czynnika na inne czynniki, określa się liczbę ścieżek i pętli o określonej długości wychodzących z wierzchołka grafu odpowiadającego temu czynnikowi. Siłę zależności danego czynnika od innych czynników określa się poprzez wyznaczenie liczby ścieżek i pętli o określonej długości wchodzących do wierzchołka grafu odpowiadającego temu czynnikowi. Oddziaływania pośrednie między zmiennymi wykrywane są poprzez kolejne potęgowanie macierzy wpływów bezpośrednich, co pozwala określić występowanie pętli o długości określonej potęgą macierzy.

W celu lepszego zobrazowania sposobu obliczeń i zrozumienia działania algorytmu MICMAC przy dużej liczbie analizowanych czynników, opracowano przykład obliczeniowy i zilustrowano graficznie kolejne kroki procedury obliczeniowej. Założono, że system opisany jest za pomocą czterech czynników: C1, C2, C3 i C4, których macierz wpływów bezpośrednich przedstawiono na rysunku 2.4. Dla uproszczenia przyjęto, że wszystkie oddziaływania mają siłę „1”.

Odpowiadający macierzy strukturalnej **A** graf połączeń, w którym wierzchołki odpowiadają poszczególnym czynnikom, a łuki wskazują relacje pomiędzy poszczególnymi czynnikami, przedstawiono na rysunku 2.5. W macierzy strukturalnej nie uwzględnia się bezpośredniego wpływu danego czynnika na samego siebie, czyli elementy diagonalne macierzy pozostają równe „0”.

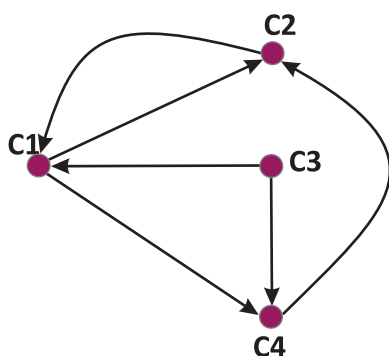
Suma elementów w wierszu macierzy strukturalnej, odpowiadającej danemu czynnikowi, określa liczbę czynników, na które wpływ ma ten czynnik. Czyli, w wypadku macierzy **A**, czynnik C1 wpływa na dwa inne czynniki (C2 i C4), czynnik C2 wpływa na jeden inny czynnik (C1), czynnik C3 wpływa na dwa inne czynniki (C1, C4), a czynnik C4 na jeden inny czynnik (C2). Na tej podstawie można określić siłę wpływu poszczególnych czynników na inne i sporządzić ich ranking według siły wpływu. Podobnie, suma elementów w kolumnie macierzy strukturalnej odpowiadającej danemu czynnikowi określa liczbę czynników,

Rys. 2.4. Macierz strukturalna (wpływów bezpośrednich) badanego systemu

A					Wpływ
	C1	C2	C3	C4	
C1	0	1	0	1	2
C2	1	0	0	0	1
C3	1	0	0	1	2
C4	0	1	0	0	1
Zależność	2	2	0	2	

Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2.5. Graf macierzy strukturalnej A



Źródło: opracowanie własne.

od których zależy ten czynnik. Czyli, w wypadku macierzy **A**, czynnik C1 zależy od dwóch innych czynników (C2 i C3), czynnik C2 zależy od dwóch innych czynników (C1, C4), czynnik C3 nie zależy od żadnego innego czynnika, a czynnik C4 zależy od dwóch innych czynników (C1, C3). Na tej podstawie można określić siłę zależności poszczególnych czynników od innych i sporządzić ich ranking według siły zależności bezpośrednich.

Oddziaływaniom pośrednim poszczególnych czynników na inne odpowiadają w grafie macierzy strukturalnej ścieżki prowadzące z węzła odpowiadającego danemu czynnikowi do innych węzłów (bądź siebie samego) o długości większej niż 1.

Rys. 2.6. Druga potęga macierzy strukturalnej

A ²					Wpływ
	C1	C2	C3	C4	
C1	1	1	0	0	2
C2	0	1	0	1	2
C3	0	2	0	1	3
C4	1	0	0	0	1
Zależność	2	4	0	2	

Źródło: opracowanie własne.

Poprzez podniesienie macierzy strukturalnej A do drugiej potęgi można określić liczbę ścieżek o długości 2 (składających się z dwóch łuków) wychodzących z danego wierzchołka lub do niego wchodzących (rys. 2.6), [9].

Na podstawie macierzy A^2 można odczytać, że z wierzchołka $C1$ wychodzi jedna ścieżka o długości 2 łącząca ten wierzchołek sam ze sobą (cykl) oraz jedna ścieżka o długości 2 łącząca wierzchołek $C1$ z wierzchołkiem $C2$. Obie ścieżki zilustrowano na rysunku 2.7.

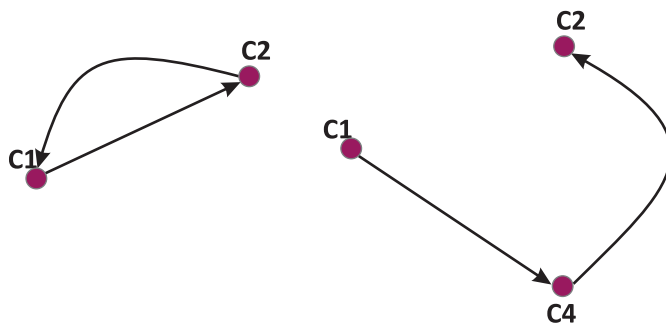
Z wierzchołka $C2$ wychodzi jedna ścieżka o długości 2, łącząca ten wierzchołek sam ze sobą (cykl) oraz jedna ścieżka o długości 2, łącząca wierzchołek $C2$ z wierzchołkiem $C4$. Obie ścieżki zilustrowano na rysunku 2.8.

Z wierzchołka $C3$ wychodzą trzy ścieżki o długości 2. Dwie ścieżki łączą ten wierzchołek z wierzchołkiem $C2$ oraz jedna ścieżka łącząca wierzchołek $C3$ z wierzchołkiem $C4$. Wszystkie te ścieżki zilustrowano na rysunku 2.9.

Z wierzchołka $C4$ wychodzi jedna ścieżka o długości 2, łącząca ten wierzchołek z wierzchołkiem $C1$. Przebieg ścieżki zilustrowano na rysunku 2.10.

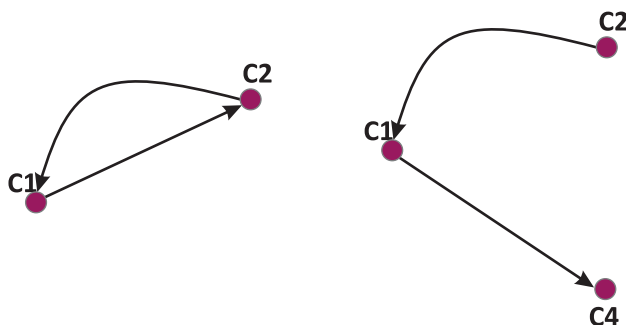
Kolejne potęgowanie macierzy A (do potęgi trzeciej) pozwala wyznaczyć liczbę ścieżek o długości 3, wychodzących z danego wierzchołka grafu lub do niego wchodzących (rys. 2.11).

Rys. 2.7. Ścieżki wpływu czynnika $C1$ o długości 2



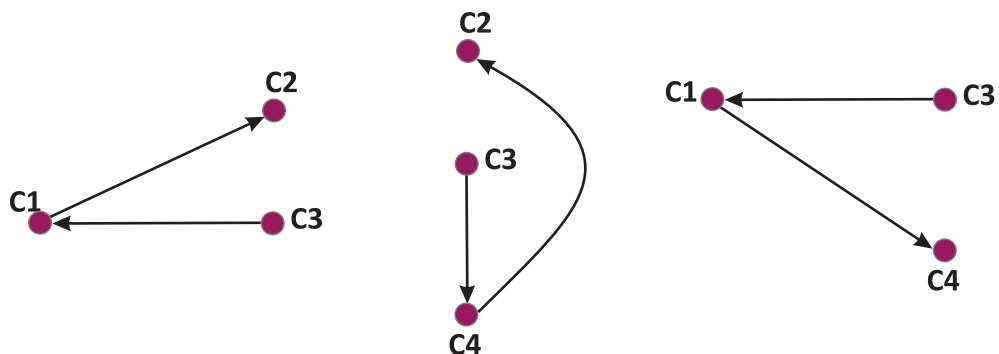
Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2.8. Ścieżki wpływu czynnika $C2$ o długości 2



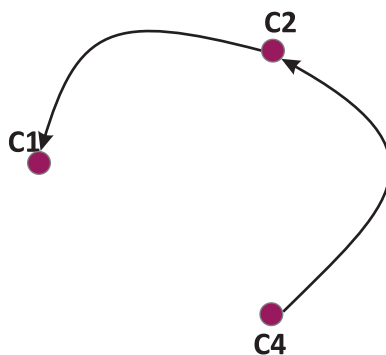
Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2.9. Ścieżki wpływu czynnika C3 o długości 2



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2.10. Ścieżka wpływu czynnika C4 o długości 2



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2.11. Trzecia potęga macierzy strukturalnej

A^3					Wpływ
	C1	C2	C3	C4	
C1	1	1	0	1	3
C2	1	1	0	0	2
C3	2	1	0	0	3
C4	0	1	0	1	2
Zależność	4	4	0	2	

Źródło: opracowanie własne.

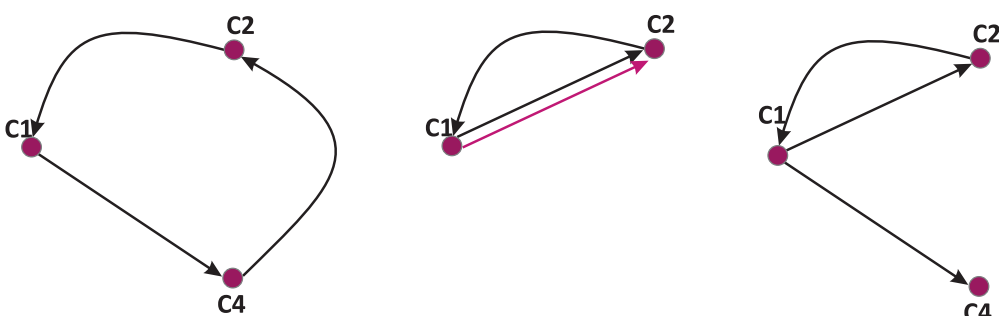
Z macierzy \mathbf{A}^3 można odczytać, że z wierzchołka C1 wychodzą trzy ścieżki o długości 3. Pierwsza z nich łączy ten wierzchołek sam ze sobą (cykl), druga łączy wierzchołek C1 z wierzchołkiem C2, a trzecia wierzchołek C1 z wierzchołkiem C4. Wymienione ścieżki zilustrowano na rysunku 2.12. Kolorem czerwonym zaznaczono łuki powtarzające się w ścieżce.

Z wierzchołka C2 wychodzą dwie ścieżki o długości 3, łączące ten wierzchołek z wierzchołkiem C1 oraz sam ze sobą (cykl). Obie ścieżki zilustrowano na rysunku 2.13.

Z wierzchołka C3 wychodzą trzy ścieżki o długości 3. Dwie z nich łączą ten wierzchołek z wierzchołkiem C1, a trzecia z wierzchołkiem C2. Przebieg ścieżek zilustrowano na rysunku 2.14.

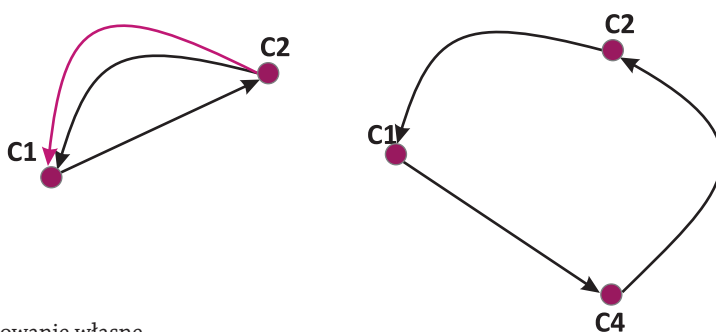
Z wierzchołka C4 wychodzą dwie ścieżki o długości 3. Jedna z nich łączy ten wierzchołek z wierzchołkiem C1, a druga sam ze sobą (cykl). Przebieg ścieżek zilustrowano na rysunku 2.15.

Rys. 2.12. Ścieżki wpływu czynnika C1 o długości 3



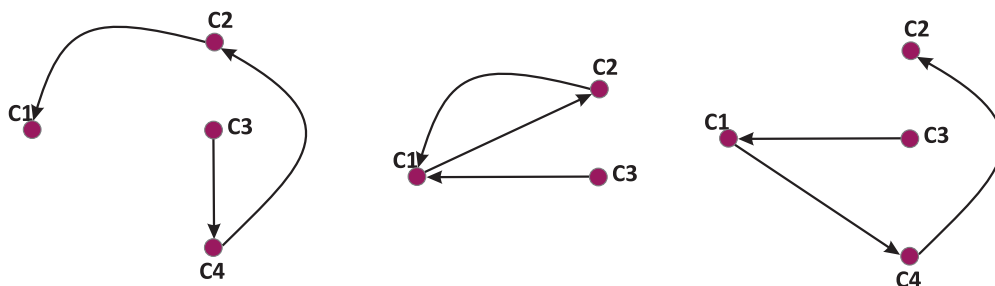
Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2.13. Ścieżki wpływu czynnika C2 o długości 3



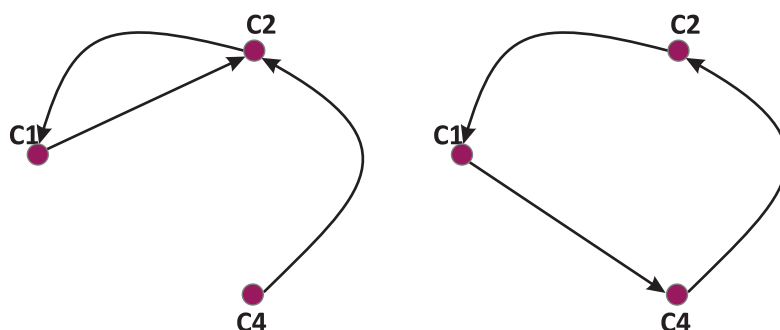
Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2.14. Ścieżki wpływu czynnika C3 o długości 3



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2.15. Ścieżki wpływu czynnika C4 o długości 3



Źródło: opracowanie własne.

Kolejne potęgowanie macierzy **A** (do potęgi czwartej) pozwala wyznaczyć liczbę ścieżek o długości 4 wychodzących z danego wierzchołka grafu lub do niego wchodzących (rys. 2.16).

Rys. 2.16. Czwarta potęga macierzy strukturalnej

A⁴					Wpływ
	C1	C2	C3	C4	
C1	1	2	0	1	4
C2	1	1	0	1	3
C3	1	2	0	2	5
C4	1	1	0	0	2
Zależność	4	6	0	4	

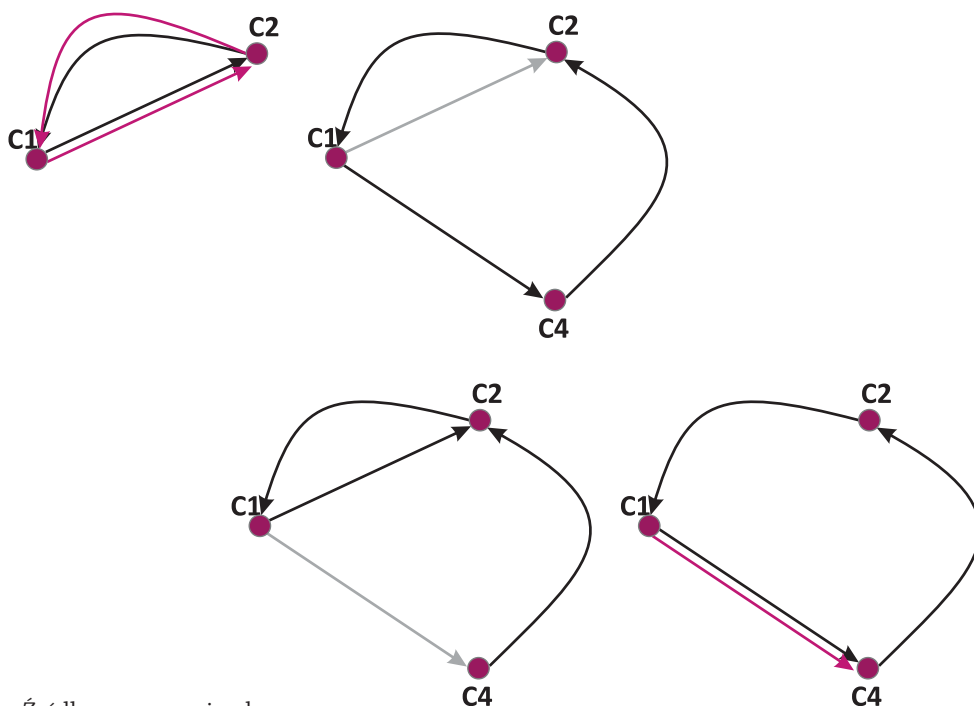
Źródło: opracowanie własne.

Z macierzy A^4 można odczytać, że z wierzchołka C1 wychodzą cztery ścieżki o długości 4. Pierwsza z nich łączy ten wierzchołek sam ze sobą (cykl), dwie kolejne łączą wierzchołek C1 z wierzchołkiem C2, a czwarta wierzchołek C1 z wierzchołkiem C4. Wymienione ścieżki zilustrowano na rysunku 2.17.

Kolorem czerwonym zaznaczono łuki powtarzające się w ścieżce, a kolorem szarym początek ścieżki.

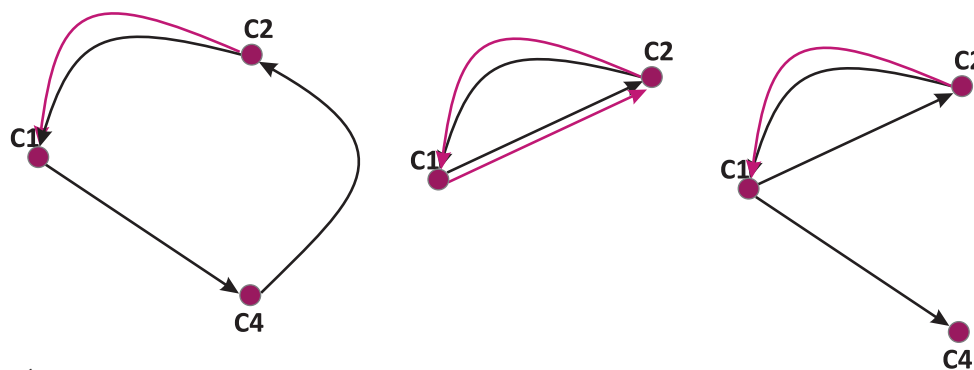
Z wierzchołka C2 wychodzą trzy ścieżki o długości 4, łączące ten wierzchołek z wierzchołkami C1, C2 oraz C4. Przebieg ścieżek zilustrowano na rysunku 2.18.

Rys. 2.17. Ścieżki wpływu czynnika C1 o długości 4



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2.18. Ścieżki wpływu czynnika C2 o długości 4

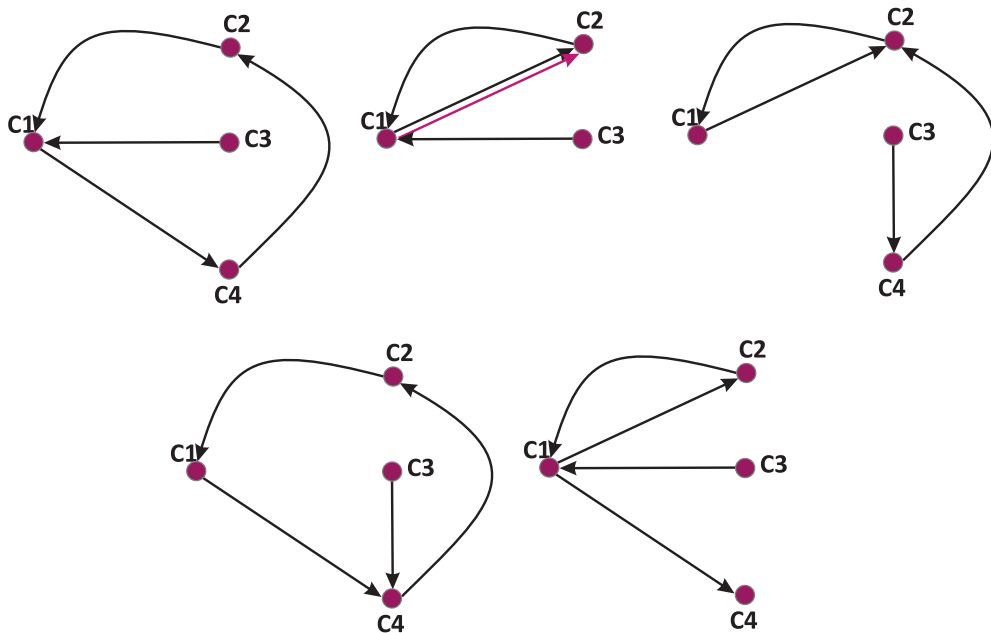


Źródło: opracowanie własne.

Z wierzchołka C3 wychodzi pięć ścieżek o długości 4. Pierwsza z nich prowadzi do wierzchołka C1, dwie kolejne prowadzą do wierzchołka C2 i dwie następne do wierzchołka C4. Wymienione ścieżki zilustrowano na rysunku 2.19.

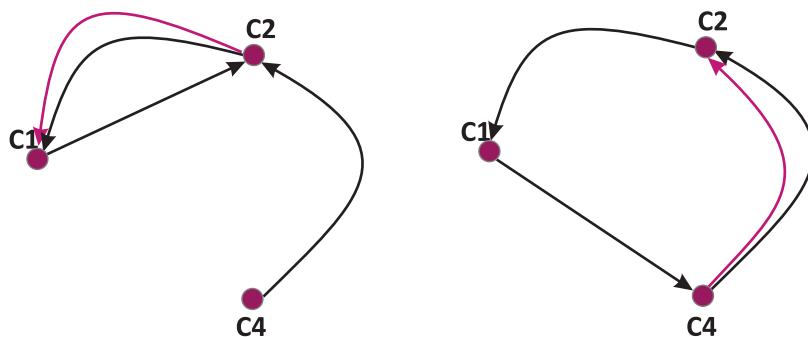
Z wierzchołka C4 wychodzą dwie ścieżki o długości 4. Pierwsza z nich łączy ten wierzchołek z wierzchołkiem C1, a druga z C2. Przebieg ścieżek zilustrowano na rysunku 2.20.

Rys. 2.19. Ścieżki wpływu czynnika C3 o długości 4



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2.20. Ścieżki wpływu czynnika C4 o długości 4



Źródło: opracowanie własne.

W celu wyznaczenia ścieżek o długości 5 wychodzących z danego wierzchołka grafu lub do niego wchodzących należy wykonać potęgowanie macierzy A do potęgi piątej (rys. 2.21).

Z macierzy A^5 można odczytać, że z wierzchołka C1 wychodzi pięć ścieżek o długości 5. Dwie pierwsze z nich łączą ten wierzchołek

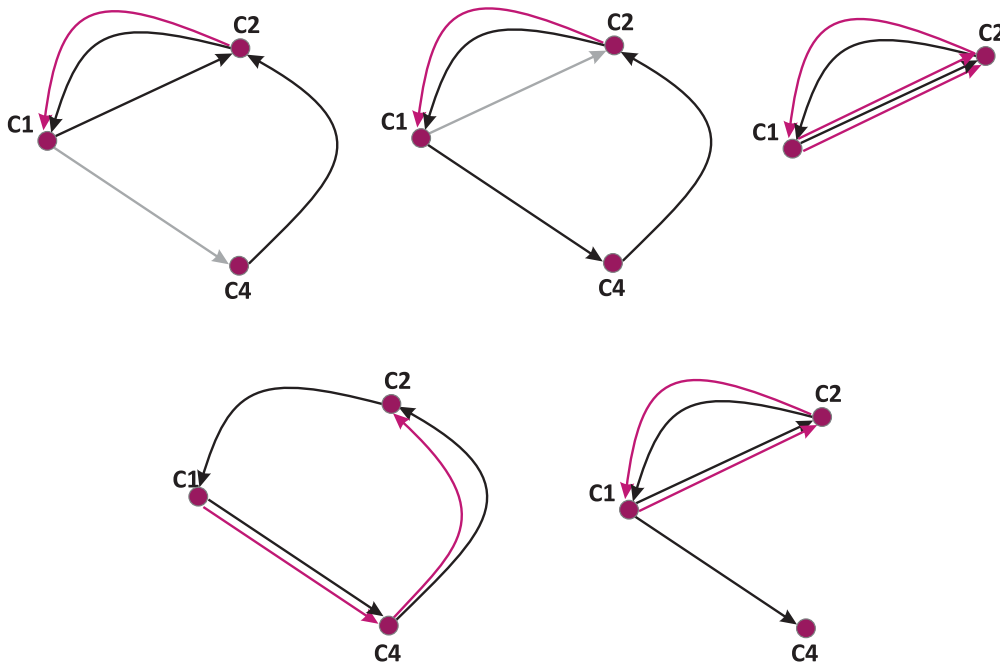
sam ze sobą (cykle), dwie kolejne łączą wierzchołek C1 z wierzchołkiem C2, a piąta wierzchołek C1 z wierzchołkiem C4. Wymienione ścieżki zilustrowano na rysunku 2.22. Kolorem czerwonym zaznaczono łuki powtarzające się w ścieżce, a kolorem szarym początek ścieżki.

Rys. 2.21. Piąta potęga macierzy strukturalnej

A^5					Wpływ
	C1	C2	C3	C4	
C1	2	2	0	1	5
C2	1	2	0	1	4
C3	2	3	0	1	6
C4	1	1	0	1	3
Zależność	6	8	0	4	

Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2.22. Ścieżki wpływu czynnika C1 o długości 5

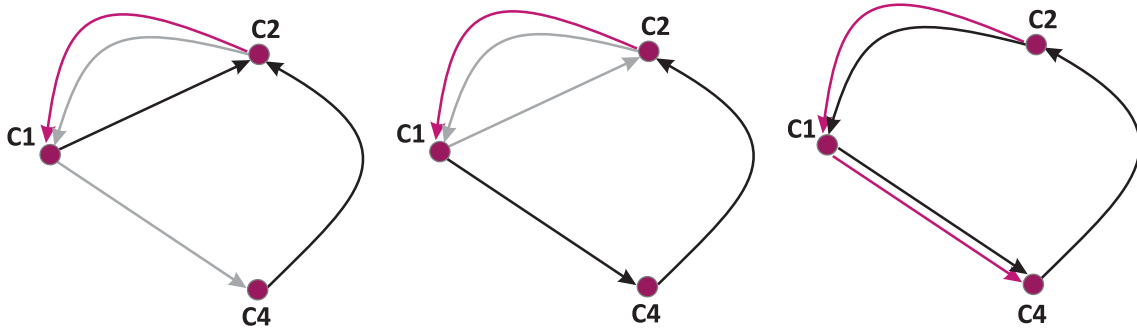


Źródło: opracowanie własne.

Z wierzchołka C2 wychodzą cztery ścieżki o długości 5. Pierwsza z nich łączy ten wierzchołek z wierzchołkiem C1. Dwie kolejne z nich łączą ten wierzchołek sam ze sobą (cykle), a czwarta wierzchołek C2 z wierzchołkiem C4. Przebieg ścieżek zilustrowano na rysunku 2.23.

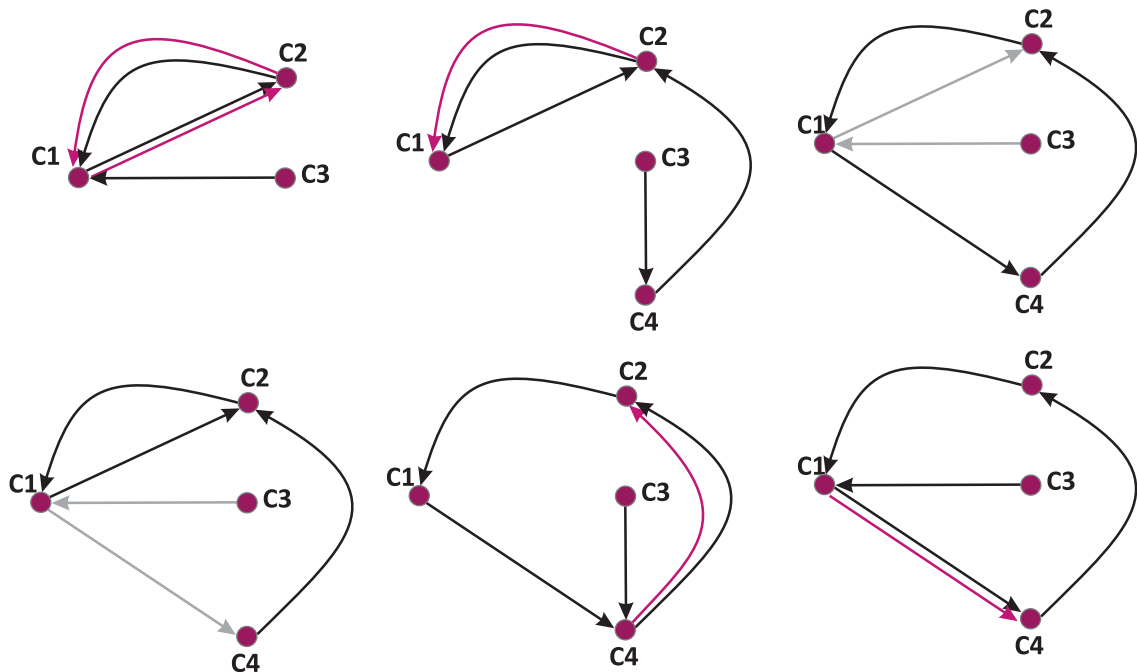
Z wierzchołka C3 wychodzi sześć ścieżek o długości 5. Dwie pierwsze z nich łączą ten wierzchołek sam ze sobą (cykle), trzy kolejne łączą wierzchołek C3 z wierzchołkiem C2, a szósta wierzchołek C3 z wierzchołkiem C4. Wymienione ścieżki zilustrowano na rysunku 2.24.

Rys. 2.23. Ścieżki wpływu czynnika C2 o długości 5



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2.24. Ścieżki wpływu czynnika C3 o długości 5

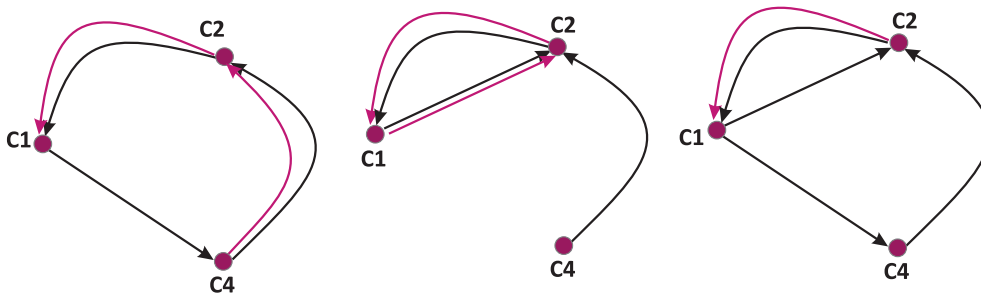


Źródło: opracowanie własne.

Z wierzchołka C4 wychodzą trzy ścieżki o długości 5, łączące ten wierzchołek z wierzchołkami C1, C2 oraz sam ze sobą (cykl). Przebieg ścieżek zilustrowano na rysunku 2.25.

Obliczenie szóstej potęgi macierzy A wskazuje, że proces osiągnął stabilność względem rankingu siły wpływu i siły zależności poszczególnych czynników (rys. 2.26). Można więc przyjąć otrzymany w ten sposób ranking jako końcową ocenę siły wpływów i siły oddziaływań pośrednich.

Rys. 2.25. Ścieżki wpływu czynnika C4 o długości 5



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2.26. Szósta potęga macierzy strukturalnej

A^6					Wpływ
	C1	C2	C3	C4	
C1	2	3	0	2	7
C2	2	2	0	1	5
C3	3	3	0	2	8
C4	1	2	0	1	4
Zależność	8	10	0	6	

Źródło: opracowanie własne.

W wyniku przeprowadzonych obliczeń, jako czynnik o największej sile wpływu wskazano czynnik C3 (suma wyrazów w wierszu trzecim macierzy A^5 wynosi 6), a jako czynnik o największej zależności – czynnik C2 (suma wyrazów w drugiej kolumnie macierzy A^5 wynosi 6).

Porównanie macierzy wpływów bezpośrednich A z macierzą wpływów pośrednich A^5 wskazuje, że uwzględnienie oddziaływań pośrednich zmieniło uszeregowanie czynników ze względu na siłę ich oddziaływania i siłę wpływu w badanym systemie (tab. 2.1).

Tabela 2.1. Porównanie klasyfikacji czynników przy uwzględnieniu oddziaływań bezpośrednich i pośrednich

Oddziaływania bezpośrednie				Oddziaływania pośrednie			
Siła wpływu	Czynnik	Siła zależności	Czynnik	Siła wpływu	Czynnik	Siła zależności	Czynnik
2	C1	2	C1	6	C3	8	C2
	C3		C2	5	C1	6	C1
1	C2	0	C4	4	C2	4	C4
	C4		C3	3	C4	0	C3

Źródło: opracowanie własne.

Przedstawiony algorytm umożliwia również uwzględnienie różnej siły wpływu poszczególnych czynników na inne czynniki [9]. Wprowadzenie w macierzy strukturalnej wartości „1”, „2” i „3” oznaczających odpowiednio – słaby, średni i duży wpływ odpowiada przy-

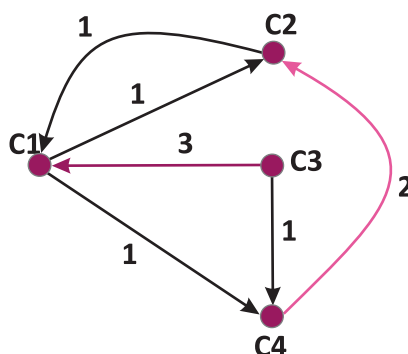
pisaniu każdemu łukowi odwzorowującemu połączenie wagi odpowiadającej sile wpływu. Na rysunku 2.27 przedstawiono macierz strukturalną systemu, w której uwzględniono różne siły oddziaływania czynników na siebie, a na rysunku 2.28 odpowiadający jej graf.

Rys 2.27. Macierz strukturalna systemu z uwzględnieniem siły oddziaływań bezpośrednich

B					Wpływ
	C1	C2	C3	C4	
C1	0	1	0	1	2
C2	1	0	0	0	1
C3	3	0	0	1	4
C4	0	2	0	0	2
Zależność	4	3	0	2	

Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2.28. Graf odpowiadający macierzy strukturalnej B



Źródło: opracowanie własne.

→ wpływ słaby „1” → wpływ średni „2” → wpływ silny „3”

Obliczenia siły oddziaływań pośrednich przeprowadza się według analogicznej procedury jak opisana powyżej, przy czym zakłada się, że siła jednego oddziaływania bezpośredniego określona jako „2” odpowiada dwóm oddziaływaniom o sile „1”.

Ranking wpływów i zależności pośrednich systemu B osiąga stabilność po uwzględnieniu ścieżek o długości 4, co odpowiada czwartej potędze macierzy **B** (rys. 2.29).

Porównując macierze **A**⁴ i **B**⁴ można zauważyć, że siła oddziaływań pośrednich w systemie B jest znacznie większa. Wynika to z faktu uwzględnienia w macierzy wpływów bezpośrednich **B**: średnich (C4 – C2) i silnych (C3 – C1) wpływów bezpośrednich.

Podobną analizę przeprowadza się w odniesieniu do oddziaływań potencjalnych, to znaczy takich, które nie mają znaczenia obecnie, ale mogą mieć duże znaczenie w przyszłości. Wpływy potencjalne określa się w macierzy strukturalnej systemu symbolicznie literą „P” (rys. 2.30).

Wpływ potencjalny uwzględnia się w obliczeniach nadając połączeniu potencjalnemu wagę 3, uwzględniając jego przyszłe duże znaczenie (rys. 2.31).

Odpowiadający macierzy strukturalnej **C** z rysunku 2.31 graf połączeń przedstawiono na rysunku 2.32.

Rozpatrywany przykładowy system **C** uzyskuje stabilność po czwartej iteracji (rys. 2.33).

Rys. 2.29. Czwarta potęga macierzy strukturalnej B

B⁴					Wpływ
	C1	C2	C3	C4	
C1	1	4	0	2	7
C2	2	1	0	1	4
C3	6	5	0	5	16
C4	2	4	0	0	6
Zależność	11	14	0	8	

Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2.30. Macierz strukturalna systemu z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych

C					Wpływ
	C1	C2	C3	C4	
C1	0	1	0	1	2
C2	1	0	P	0	1
C3	3	0	0	1	4
C4	0	2	0	0	2
Zależność	4	3	0	2	

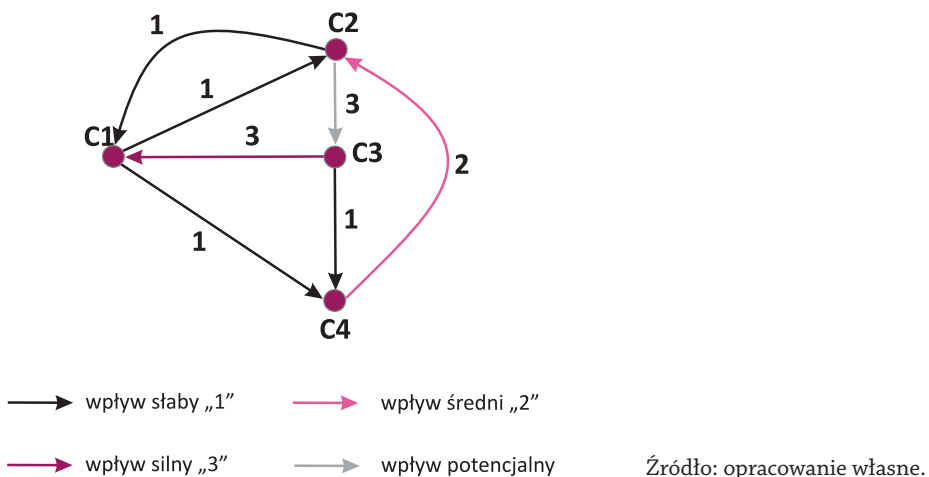
Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2.31. Macierz strukturalna systemu z uwzględnieniem siły oddziaływań potencjalnych

C	C				Wpływ
	C1	C2	C3	C4	
C1	0	1	0	1	2
C2	1	0	3	0	4
C3	3	0	0	1	4
C4	0	2	0	0	2
Zależność	4	3	3	2	

Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2.32. Graf odpowiadający macierzy strukturalnej C



Rys. 2.33. Czwarta potęga macierzy strukturalnej C

C ⁴	C				Wpływ
	C1	C2	C3	C4	
C1	19	19	3	17	58
C2	26	19	51	4	100
C3	51	5	18	20	94
C4	2	34	6	18	60
Zależność	98	77	78	59	

Źródło: opracowanie własne.

Porównanie macierzy B^4 i C^4 wskazuje na zmianę lidera rankingu czynników. W wypadku macierzy B, czynnikiem o największej sile wpływu jest czynnik C3, a czynnikiem o największej zależności jest czynnik C2. Uwzględnienie

wpływu potencjalnego (C2 – C3) spowodowało, że jako czynnik o największej sile wpływu wskazany został czynnik C2, a jako czynnik o największej zależności – C1 (tabela 2.2).

Tabela 2.2. Porównanie klasyfikacji czynników przy uwzględnieniu oddziaływań bezpośrednich i pośrednich

Oddziaływania bezpośrednie				Oddziaływania pośrednie			
Siła wpływu	Czynnik	Siła zależności	Czynnik	Siła wpływu	Czynnik	Siła zależności	Czynnik
2	C1	2	C1	6	C3	8	C2
	C3		C2	5	C1	6	C1
1	C2	0	C4	4	C2	4	C4
	C4		C3	3	C4	0	C3
Oddziaływania bezpośrednie z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych				Oddziaływania pośrednie z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych			
Siła wpływu	Czynnik	Siła zależności	Czynnik	Siła wpływu	Czynnik	Siła zależności	Czynnik
4	C2	4	C1	100	C2	98	C1
	C3	3	C2	94	C3	78	C3
2	C1		C3	60	C4	77	C2
	C4	2	C4	58	C1	59	C4

Źródło: opracowanie własne.

Przeprowadzona w ten sposób analiza nie tylko daje możliwość potwierdzenia ważności oddziaływań bezpośrednich poszczególnych czynników, ale też pozwala na wykrycie czynników, które odgrywają kluczową rolę poprzez swoje oddziaływania pośrednie.

Porównanie rankingów czynników według różnych klasyfikacji – oddziaływanie (zależność) bezpośrednie, pośrednie i potencjalne – stanowi bogate źródło informacji o strukturze badanego systemu. Program MICMAC umożliwia przedstawienie danych wynikowych na płaszczyźnie określonej współrzędnymi odpowiadającymi sile wpływu i sile zależności po-

szczególnych zmiennych. Analiza rozmieszczenia poszczególnych czynników na płaszczyźnie wpływ–zależność umożliwia określenie ich roli w systemie [8].

Należy podkreślić, że rezultaty otrzymane w wyniku analizy za pomocą programu MICMAC nie mogą być przyjmowane zupełnie bezkrytycznie. Nie istnieje jedynie słuszna, naukowo uzasadniona interpretacja uzyskanych w ten sposób wyników analizy strukturalnej. Końcowej wykładni i objaśnienia powinien dokonać panel ekspertów uwzględniając merytoryczną interpretację uzyskanych związków [8].

3. Czynniki rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim

Analizie strukturalnej poddano zestaw 21 czynników rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim, który został wygenerowany przez panel analizy STEEPVL oraz SWOT (PASiS). Prace panelu analizy STEEPVL oraz SWOT zostały zakończone, a uzyskane w wyniku jego pracy rezultaty badawcze zostały opublikowane w monografii *Uwarunkowania*

rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Wyniki analiz STEEPVL i SWOT [14].

Czynniki rozwoju nanotechnologii zaprezentowane w monografii stanowią punkt wyjścia do dalszych badań i analiz przewidzianych w projekcie. Wykaz grup czynników stanowiących podstawę do analizy strukturalnej przedstawiono w tabeli 3.1.

Tabela 3.1. Lista czynników głównych wpływających na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim

Grupa czynników	Nazwa czynnika
Społeczne (S)	Potencjał kadrowy (S1)
	Atrakcyjność regionu dla specjalistów (S2)
	Świadomość społeczna dotycząca nanotechnologii (S3)
Technologiczne (T)	Dostęp do światowych nanotechnologii (T1)
	Potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii (T2)
	Potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu (T3)
Ekonomiczne (Ekon)	Regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja (Ekon1)
	Nakłady na B+R (Ekon2)
	Potencjał gospodarczy regionu (Ekon3)
Ekologiczne (Ekoł)	Oddziaływanie nanoproduktów i nanotechnologii na człowieka i na środowisko (Ekoł1)
	Stan badań naukowych w zakresie oddziaływania nanotechnologii na człowieka i środowisko (Ekoł2)
	Aktywność organizacji i ruchów ekologicznych (Ekoł3)
Polityczne (P)	Polityka innowacyjna państwa (P1)
	Polityka regionalna (P2)
	Polityka UE (P3)
Wartości (V)	Dominujące wartości (przedsiębiorczość, zdrowie, środowisko naturalne) (V1)
	Otwartość na nowości, wartość postępu (V2)
	Współdziałanie społeczne, wartość dobra wspólnego (V3)
Prawne (L)	Regulacje w zakresie współpracy władz publicznych, przedsiębiorstw i nauki (L1)
	Regulacje chroniące własność intelektualną (L2)
	Prawne regulacje w zakresie nanotechnologii (L3)

Źródło: [14].

Czynniki społeczne

W grupie czynników społecznych znalazły się *potencjał kadrowy* (S1), *atrakcyjność regionu dla specjalistów* (S2) oraz *świadomość społeczna dotycząca nanotechnologii* (S3). Za istotny czynnik determinujący rozwój technologii uznany został *potencjał kadrowy*, na który składa się ogólny potencjał kadrowy w sferze badawczo-rozwojowej w regionie, potencjał kadrowy w sferze badawczo-rozwojowej w dziedzinie nanotechnologii oraz poziom kwalifikacji kadr regionalnej gospodarki odpowiedzialnej za wdrażanie nanotechnologii. Istotnym elementem kształtującym tak szeroko zdefiniowany potencjał kadrowy jest proces kształcenia w zakresie nanotechnologii w kraju i regionie, wskazujący miejsce i rolę nanotechnologii w strukturze kształcenia w publicznych i niepublicznych szkołach wyższych oraz w szkolnictwie ponadpodstawowym. Czynnikiem *atrakcyjność regionu dla specjalistów* koncentruje się na oferowanych przez region warunkach i jakości życia oraz zdolności regionu do przyciągania wysoko wykwalifikowanej kadry. *Świadomość społeczna dotycząca nanotechnologii* dotyczy w szczególności stanu wiedzy społeczeństwa na temat tego, czym jest nanotechnologia oraz obejmuje system informowania społeczeństwa o nanotechnologiach.

Czynniki technologiczne

Grupę czynników technologicznych tworzą czynniki związane z *dostępem do światowych nanotechnologii* (T1), *potencjałem badawczo-rozwojowym dla nanotechnologii* (T2) oraz *potencjałem zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu* (T3). *Dostęp do światowych nanotechnologii* określa możliwości pozyskania najnowszych i najbardziej zaawansowanych światowych nanotechnologii przez podmioty gospodarcze z regionu. Czynnikiem nazwany *potencjałem badawczo-rozwojowym dla nanotechnologii* odnosi się do infrastruktury B+R, stanu badań wdrożeniowych w zakresie nanotechnologii w regionie, stanu transferu technologii z nauki do gospodarki oraz stanu wykorzystania nanotechnologii w gospodarce regionu. Ostatni z czynników – *potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu* – odzwierciedla możliwości zastosowania nanotechnologii w istniejących w regionie branżach determinujących strukturę gospodarki regionu.

Czynniki ekonomiczne

W grupie czynników ekonomicznych znalazły się czynniki charakteryzujące *regionalne sieci współpracy w triadzie biznes-nauka-administracja* (Ekon1), *nakłady na działalność badawczo-rozwojową* (Ekon2) oraz *potencjał gospodarczy regionu* (Ekon3). Czynnikiem *regionalne sieci współpracy* określa współdziałanie i wzajemne wspieranie działań z zakresu obecnych, jak i nowych strategii z udziałem gremiów decyzyjnych ze sfery administracji publicznej, nauki (szkolnictwa wyższego), a także biznesu. *Nakłady na działalność badawczo-rozwojową* odzwierciedlają środki pozyskiwane z funduszy unijnych, krajowych i regionalnych na wsparcie innowacji, szczególnie w zakresie nanotechnologii. Potencjał gospodarczy regionu charakteryzuje ogólny stan gospodarki regionu, siłę kapitałową poszczególnych przedsiębiorstw, a także wyraża zasobność finansową, zdolność do własnego finansowania inwestycji rozwojowych oraz potencjał do finansowania zewnętrznego poprzez dźwignię finansową.

Czynniki ekologiczne

Do grupy czynników ekologicznych zostały zaliczone z jednej strony czynniki charakteryzujące *oddziaływanie nanoproduktów i nanotechnologii na człowieka i środowisko* (Eko1), z drugiej *stan badań naukowych w zakresie oddziaływania nanotechnologii na człowieka i środowisko* (Eko2). Dodatkowym elementem uwzględnionym w trakcie analizy była *aktywność organizacji i ruchów ekologicznych* (Eko3). *Oddziaływanie nanoproduktów i nanotechnologii na człowieka* można rozpatrywać w kontekście: wykorzystania nanotechnologii w ochronie zdrowia, zagrożeń zdrowia związanych ze środowiskiem pracy w sektorze nanotechnologii, zagrożeń zdrowia konsumentów związanych z użytkowaniem nanoproduktów, umiejętności proekologicznego użytkowania nanoproduktów przez konsumentów. Czynnikiem *stan badań naukowych w zakresie oddziaływania nanotechnologii na człowieka i środowisko* odnosi się do zakresu i skali realizowanych badań naukowych dotyczących oddziaływania, zarówno pozytywnego, jak i negatywnego, nanotechnologii na człowieka i środowisko. *Aktywność organizacji i ruchów ekologicznych* obejmuje wpływ (pozytywny i negatywny) organizacji i ruchów ekologicznych na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim.

Czynniki polityczne

Czynniki zaliczone do grupy politycznych obejmują zagadnienia *polityki innowacyjności państwa* (P1), *polityki regionalnej* (P2) oraz *polityki UE* (P3). *Polityka innowacyjna państwa*, oprócz ogólnych założeń dotyczących innowacyjności, skupia się również na polityce wspierania nanotechnologii przez państwo. Polityka krajowa charakteryzuje dotychczasową politykę rządu (w szczególności w zakresie polityki naukowej, naukowo-technicznej i innowacyjnej państwa) w odniesieniu do rozwoju nanotechnologii w Polsce. Odnosi się również do celów i priorytetów zawartych w powstałych do tej pory dokumentach strategicznych dotyczących rozwoju nanotechnologii. *Polityka regionalna* odnosi się do polityki rozwoju regionu, w tym polityki rozwoju regionu w zakresie innowacji oraz oddziaływania grup interesów kształtujących tę politykę. Czynnikiem ten obejmuje główne kierunki rozwoju województwa podlaskiego nakreślone w dokumentach strategicznych, jak też zasadnicze priorytety polityki regionalnej dotyczące działań w zakresie wspierania innowacyjności gospodarki regionu. Określa ponadto potencjalny stopień i siłę oddziaływania różnych grup interesu (na przykład przedsiębiorców, naukowców, przedstawicieli organizacji społecznych, ekologicznych, religijnych) na treść decyzji władzy regionalnej i krajowej w zakresie ustalania regulacji prawnych związanych z badaniem, rozwijaniem i komercjalizacją nanotechnologii. Na poziomie Unii Europejskiej czynnik ten odnosi się do ogólnych założeń *polityki EU* w perspektywie 2020 roku oraz *polityki UE* w zakresie wspierania nanotechnologii. Czynnikiem ten odzwierciedla stopień politycznego wsparcia UE w zakresie prowadzenia badań naukowych podstawowych i stosowanych z zakresu nanotechnologii.

Czynniki odnoszące się do wartości

W grupie czynników odnoszących się do wartości znalazły się czynniki odzwierciedlające *dominujące wartości w społeczeństwie*

(V1), cechę w postaci *otwartości na nowości oraz wartość postępu* (V2) oraz *współdziałanie społeczne czy wartość dobra wspólnego* (V3). Za *dominujące wartości*, istotne z punktu widzenia wdrażania strategii rozwoju nanotechnologii, uznano zdrowie i środowisko naturalne. Czynnikiem zdrowie charakteryzuje indywidualne postawy dbałości o zachowanie dobrej kondycji psychofizycznej organizmu. Natomiast czynnik środowisko naturalne opisuje ranę przypisywaną przez ludzi środowisku naturalnemu i jego jakości. W grupie wartości odgrywających istotne znaczenie z punktu widzenia wdrażania nanotechnologii uznano *otwartość na nowości oraz wartość postępu*. Czynnikiem ten odnosi się do stopnia otwartości mieszkańców regionu na innowacje technologiczne oraz charakteryzuje poziom akceptacji dla zmian będących ich konsekwencją. *Współdziałanie społeczne* odwołuje się do koncepcji społeczeństwa obywatelskiego, którego kluczowym elementem jest oparta na zaufaniu aktywność społeczna na rzecz dobra wspólnego.

Czynniki prawne

W zakres czynników prawnych wchodzi *regulacje w zakresie współpracy władz publicznych, przedsiębiorstw i nauki* (L1), *regulacje chroniące własność intelektualną* (L2) oraz *prawne regulacje w zakresie nanotechnologii* (L3). Czynnikiem *regulacje w zakresie współpracy władz publicznych, przedsiębiorstw i nauki* obejmuje normy tworzące konstrukcje prawne z zakresu różnych gałęzi prawa. W ich treści określone zostały między innymi formy tej współpracy i te rozwiązania prawne, które mają służyć jej podejmowaniu i prowadzeniu. *Regulacje chroniące własność intelektualną* obejmują zespoły norm prawnych, których celem jest ochrona dobra prawnego, jakie stanowi własność intelektualna. *Prawne regulacje w zakresie nanotechnologii* dotyczą w szczególności zagadnień związanych z normalizacją w zakresie nanotechnologii i nanoproduktów, prawnych instrumentów kontroli nad rozwojem nanotechnologii oraz regulacji w zakresie odpowiedzialności za skutki ich stosowania.

4.1. Zdefiniowanie macierzy wpływów bezpośrednich

Wynikowa macierz wpływów bezpośrednich powstała na podstawie uzupełnianych indywidualnie przez ekspertów POB3 formularzy macierzy wpływów bezpośrednich z wykorzystaniem techniki CAWI. Wartości występujące w macierzy wynikowej zostały uzyskane na podstawie dominancy sił oddziaływań poszczególnych czynników na siebie. Określony w ten sposób stopień oddziaływania na siebie poszczególnych czynników rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim został przedstawiony na rysunku 4.1.

Charakterystykę podstawowych własności macierzy wpływów bezpośrednich przedstawiono w tabeli 4.1.

Wielkość macierzy wyniosła 21×21, co oznacza, że eksperci uczestniczący w badaniu zostali poproszeni o określenie 441 zależności pomiędzy zmiennymi. W 281 przypadkach dominującą wartością było zero, co oznacza brak relacji pomiędzy zmiennymi, w 84 przypadkach stwierdzono słabe zależności, w 57 przypadkach stwierdzono umiarkowany wpływ. Silne zależności pomiędzy zmiennymi zostały zidentyfikowane w 15 przypadkach, z kolei potencjalny wpływ został określony jedynie w 4 przypadkach. Wartości różne od zera zostały wpisane w 36% pól, wartości równe zero zostały wpisane w 64% pól, co oznacza, że eksperci zidentyfikowali o 16% więcej zależności niż w większości zastosowań tejże macierzy, gdzie średnio 80% pól zawiera wartość zero [18].

Tabela 4.1. Charakterystyka macierzy wpływów bezpośrednich

Wskaźnik	Wartość
Rozmiar macierzy	21
Liczba zer (brak wpływu)	281
Liczba jedynek (słaby wpływ)	84
Liczba dwójek (średni wpływ)	57
Liczba trójek (duży wpływ)	15
Liczba P (wpływ potencjalny)	4
Stopień wypełnienia	36%

Źródło: opracowanie własne.

Rys. 4.1. Stopień oddziaływania na siebie 21 czynników rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim

	S1	S2	S3	T1	T2	T3	Ekon1	Ekon2	Ekon3	Ekol1	Ekol2	Ekol3	P1	P2	P3	V1	V2	V3	L1	L2	L3
S1	0	1	1	2	3	2	2	1	2	0	2	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0
S2	2	0	0	0	1	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
S3	0	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0
T1	0	0	1	0	2	1	1	1	2	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
T2	2	1	0	2	0	3	1	1	3	P	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
T3	1	P	0	0	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ekon1	2	2	2	1	1	2	0	2	3	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
Ekon2	3	3	0	3	3	3	2	0	2	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
Ekon3	1	2	0	1	2	3	1	2	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0
Ekol1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ekol2	0	0	1	0	0	P	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Ekol3	0	0	1	0	0	1	2	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
P1	1	1	0	3	2	1	2	3	2	0	1	0	0	2	0	0	1	0	2	1	2
P2	2	3	0	1	2	2	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
P3	1	0	0	2	2	0	1	2	1	0	2	0	2	1	0	0	0	0	1	3	2
V1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
V2	1	2	1	0	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
V3	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L1	0	0	0	0	2	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	P	0	0	0
L2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu MICMAC.

4.2. Utworzenie macierzy wpływów bezpośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych

W kolejnym etapie badania macierz wpływów bezpośrednich przekształcono w macierz wpływów bezpośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych, zastępując oddziaływania potencjalne („P”) zaprezentowane na rysunku 4.1 oddziaływaniami silnymi („3”).

Rys. 4.2. Macierz wpływów bezpośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych

	S1	S2	S3	T1	T2	T3	Ekon 1	Ekon 2	Ekon 3	Ekol 1	Ekol 2	Ekol 3	P1	P2	P3	V1	V2	V3	L1	L2	L3
S1	0	1	1	2	3	2	2	1	2	0	2	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0
S2	2	0	0	0	1	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
S3	0	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0
T1	0	0	1	0	2	1	1	1	2	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
T2	2	1	0	2	0	3	1	1	3	3	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
T3	1	3	0	0	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ekon1	2	2	2	1	1	2	0	2	3	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
Ekon2	3	3	0	3	3	3	2	0	2	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
Ekon3	1	2	0	1	2	3	1	2	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0
Ekol 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ekol 2	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Ekol 3	0	0	1	0	0	1	2	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
P1	1	1	0	3	2	1	2	3	2	0	1	0	0	2	0	0	1	0	2	1	2
P2	2	3	0	1	2	2	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
P3	1	0	0	2	2	0	1	2	1	0	2	0	2	1	0	0	0	0	1	3	2
V1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
V2	1	2	1	0	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
V3	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L1	0	0	0	0	2	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
L2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu MICMAC.

Na rysunku 4.2 przedstawiono uzyskaną w opisany sposób macierz wpływów bezpośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych. Macierz wpływów bezpośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych opisuje obecne i potencjalne wpływy jednych zmiennych na inne oraz zależności pomiędzy zmiennymi. Macierz ta stanowi uzupełnienie macierzy wpływów bezpośrednich poprzez

uwzględnianie przyszłych relacji pomiędzy zmiennymi.

Charakterystyka macierzy wpływów bezpośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych jest analogiczna do tej zaprezentowanej na rysunku 4.1, za wyjątkiem liczby „trójek”, czyli silnego wpływu, których liczba wzrosła do 19 przypadków.

4.3. Analiza sumarycznych sił oddziaływań bezpośrednich oraz grafy najsilniejszych oddziaływań bezpośrednich

Sumaryczną siłę oddziaływań pomiędzy 21 czynnikami wpływającymi na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim zaprezentowano w tabeli 4.2. Otrzymane wyniki wskazują, że największy wpływ bezpośredni na pozostałe czynniki wywierają z grupy czynników politycznych: *polityka innowacyjna państwa* (P1) i *polityka UE* (P3), spośród czynników ekonomicznych: *nakłady na B+R* (Ekon2) oraz *regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja* (Ekon1), jak również czynnik społeczny – *potencjał kadrowy* (S1). Znaczący jest również wpływ trzeciego czynnika ekonomicznego – *potencjał gospodarczy regionu* (Ekon3). Bezpośredniego wpływu na inne czynniki nie wywiera jedynie jeden z czynników prawnych, czyli *regulacje chroniące wartość intelektualną* (L2). Najbardziej zależnym czynnikiem od pozostałych są dwa spośród czynników ekonomicznych – *potencjał gospodarczy regionu* (Ekon3) i *regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja* (Ekon1) oraz dwa z grupy czynników technologicznych: *potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii* (T2), *potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu* (T3). Czynnikiem, które nie wykazały zależności od innych są *oddziaływanie nanoproductów i nanotechnologii na człowieka i na środowisko naturalne* (Eko11) i *polityka UE* (P3).

W ramach prowadzonych analiz, przy wykorzystaniu programu MICMAC, został utworzony graf obrazujący oddziaływania bezpośrednio wyróżnionych czynników (rys. 4.3).

Analiza grafu, przedstawionego na rysunku 4.3, wskazuje, że *potencjał gospodarczy regionu* (Ekon3), rzeczywiście pozostaje pod silnym wpływem wielu czynników: *polityki regionalnej* (P2), *regionalnych sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja* (Ekon1) i *potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii* (T2). To władze regionu wraz z organami administracyjnymi i przedsiębiorcami kształtują rozwój gospodarki Podlasia. Nie bez znaczenia jest tu stan wiedzy na temat nanotechnologii, jak też istniejące zaplecze naukowe. Czynnikiem *potencjał gospodarczy regionu* (Ekon3) jest nie tylko pod silnym wpływem innych czynników, ale również sam w ten sposób oddziałuje na *potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu* (T3). To sprawność przedsiębiorców i ich chęć wykorzystania najnowszych technologii, w tym nanotechnologii, jest podstawową determinantą tego, jak ta wiedza jest przekształcana w realne przedsięwzięcia. *Potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu* (T3) należy również do czynników zależnych od innych, sam silnie nie oddziałując na nie. Oprócz wskazanej zależności, wyróżnić można widoczne na grafie silne wpływy jeszcze

Tabela 4.2. Sumaryczne siły oddziaływań bezpośrednich występujących między czynnikami analizy strukturalnej

N°	Czynniki	Liczebność wpływu	Liczebność zależności
1	Potencjał kadrowy (S1)	20	16
2	Atrakcyjność regionu dla specjalistów (S2)	8	16
3	Świadomość społeczna dotycząca nanotechnologii (S3)	10	8
4	Dostęp do światowych nanotechnologii (T1)	12	15
5	Potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii (T2)	18	23
6	Potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu (T3)	7	22
7	Regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja (Ekon1)	19	26
8	Nakłady na B+R (Ekon2)	22	17
9	Potencjał gospodarczy regionu (Ekon3)	16	30
10	Oddziaływanie nanoproduktów i nanotechnologii na człowieka i środowisko naturalne (Eko1)	3	0
11	Stan badań naukowych w zakresie oddziaływania nanotechnologii na człowieka i środowisko naturalne (Eko2)	6	12
12	Aktywność organizacji i ruchów ekologicznych (Eko3)	8	8
13	Polityka innowacyjna państwa (P1)	24	4
14	Polityka regionalna (P2)	19	10
15	Polityka UE (P3)	20	0
16	Dominujące wartości (zdrowie, środowisko naturalne) (V1)	8	6
17	Przedsiębiorczość, otwartość na nowości, wartość postępu (V2)	11	13
18	Współdziałanie społeczne, wartość dobra wspólnego (V3)	3	3
19	Regulacje w zakresie współpracy władz publicznych, przedsiębiorstw i nauki (L1)	6	3
20	Regulacje chroniące wartość intelektualną (L2)	0	4
21	Prawne regulacje w zakresie nanotechnologii (L3)	3	7
	Razem	243	243

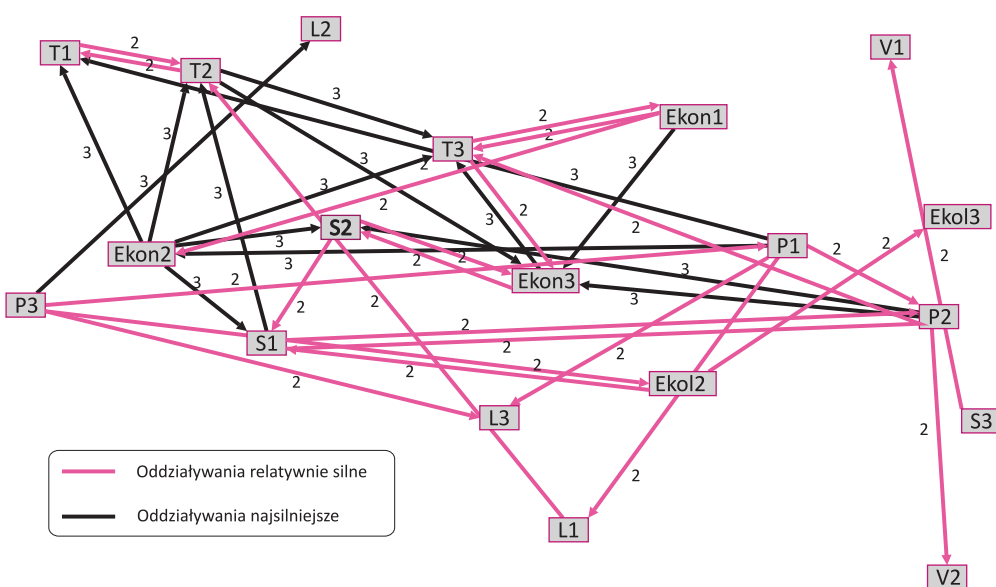
Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu MICMAC.

dwóch czynników: *nakłady na B+R* (Ekon2) i *potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii* (T2). Oddziaływanie to jest dość oczywiste, gdyż fundusze przeznaczane na rozwój nauki i prowadzone badania oraz dostępność odpowiednio wyposażonego zaplecza naukowego umożliwiają i stymulują rozwój wykorzystania nanotechnologii w gospodarce Podlasia.

Potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii (T2) również jest kształtowany przez inne czynniki. Należą do nich zarówno dostępny *potencjał kadrowy* (S1), jak też *nakłady na B+R* (Ekon2). *Nakłady na B+R* (Ekon2) są

czynnikiem silnie oddziaływującym na inne czynniki. Oprócz wskazanego poprzednio silnego wpływu tego czynnika na *potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii* (T2) i *potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu* (T3), stymuluje on rozwój *potencjału kadrowego* (S1) i zwiększa *atrakcyjność regionu dla specjalistów* (S2) oraz poszerza *dostęp do światowych nanotechnologii* (T1). Zgodnie z wykonanym grafem, jest to czynnik w silnym stopniu stymulowany jedynie przez *politykę innowacyjną państwa* (P1).

Rys. 4.3. Graf oddziaływań bezpośrednich



Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu MICMAC.

Czynniki polityczne należą do czynników, które jedynie silnie oddziałują, same nie będąc pod wpływem innych. Wspomniana już *polityka innowacyjna państwa* (P1) kształtuje poziom nakładów na B+R (Ekon2) oraz poszerza lub ogranicza dostęp do światowych nanotechnologii (T1). Drugi czynnik z grupy politycznych – *polityka regionalna* (P2) w silnym stopniu oddziałuje na potencjał gospodarczy regionu (Ekon3), jak też na atrakcyjność regionu dla specjalistów (S2). Trzeci zaś czynnik – *polityka UE* (P3) ma silny bezpośredni wpływ na czynnik regulacje chroniące własność intelektualną (L2).

Opisane powyżej zależności wskazują, że to czynniki polityczne, jak też ekonomiczne i technologiczne są najsilniej ze sobą powiązane.

Analogiczne wyliczenia zostały wykonane przy uwzględnieniu istnienia wpływu czynników potencjalnych. Wyniki sumarycznych sił oddziaływań bezpośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych zostały zaprezentowane w tabeli 4.3.

Analizując wyniki przedstawione w tabelach 4.2 i 4.3 można zauważyć, że występują

niewielkie różnice między wynikami, zwłaszcza biorąc pod uwagę czynniki o najsilniejszym i najsłabszym wpływie, co może wynikać z niewielkiej liczby oddziaływań potencjalnych (eksperti wskazali jedynie 4 takie przypadki). Wśród czynników, które charakteryzują się najsilniejszym wpływem nie zdiagnozowano większych zmian. Czynnikiem, którego siła oddziaływania wzrosła na tyle, że stała się zauważalna jest *potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii* (T2). Czynnikiem oddziaływanie nanoproductów i nanotechnologii na człowieka i środowisko naturalne (Eko1) przestał być czynnikiem zupełnie niezależnym. Może być to spowodowane zakładanym dynamicznym i ciągłym rozwojem nanotechnologii jako nowej dziedziny wiedzy, w której kwestia oddziaływania nanoproductów i nanotechnologii nie jest obszarem zbadanym. Eksperti w swoich odpowiedziach założyli, że zainteresowanie tą dziedziną wiedzy spowoduje również rozwój w tym zakresie. W przyszłości, większa wiedza o oddziaływaniach „nano” na człowieka i środowisko może podnieść wagę tego czynnika.

Tabela 4.3. Sumaryczne siły oddziaływań bezpośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych występujących między czynnikami analizy strukturalnej

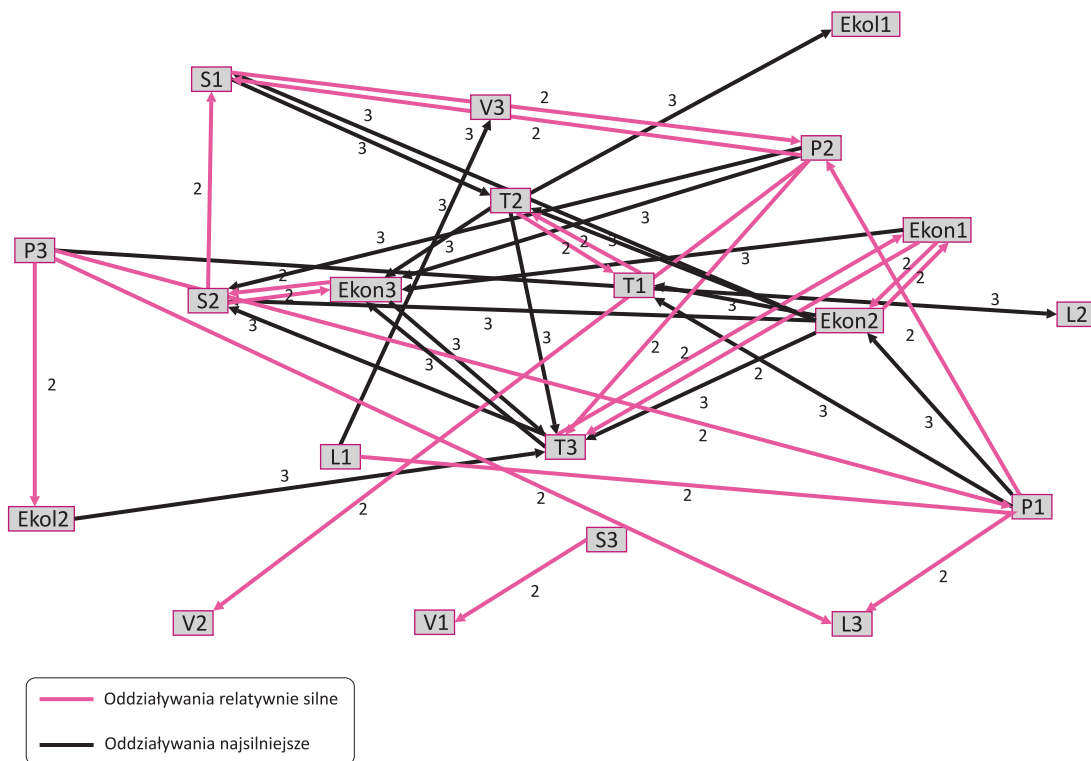
N°	Czynniki	Liczebność wpływu	Liczebność zależności
1	Potencjał kadrowy (S1)	20	16
2	Atrakcyjność regionu dla specjalistów (S2)	8	19
3	Świadomość społeczna dotycząca nanotechnologii (S3)	10	8
4	Dostęp do światowych nanotechnologii (T1)	12	15
5	Potencjał badawczo rozwojowy dla nanotechnologii (T2)	21	23
6	Potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu (T3)	10	25
7	Regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja (Ekon1)	19	26
8	Nakłady na B+R (Ekon2)	22	17
9	Potencjał gospodarczy regionu (Ekon3)	16	30
10	Oddziaływanie nanoproduktów i nanotechnologii na człowieka i na środowisko naturalne (Eko1)	3	3
11	Stan badań naukowych w zakresie oddziaływania nanotechnologii na człowieka i środowisko naturalne (Eko2)	9	12
12	Aktywność organizacji i ruchów ekologicznych (Eko3)	8	8
13	Polityka innowacyjna państwa (P1)	24	4
14	Polityka regionalna (P2)	19	10
15	Polityka UE (P3)	20	0
16	Dominujące wartości (zdrowie, środowisko naturalne) (V1)	8	6
17	Przedsiębiorczość, otwartość na nowości, wartość postępu (V2)	11	13
18	Współdziałanie społeczne, wartość dobra wspólnego (V3)	3	6
19	Regulacje w zakresie współpracy władz publicznych, przedsiębiorstw i nauki (L1)	9	3
20	Regulacje chroniące wartość intelektualną (L2)	0	4
21	Prawne regulacje w zakresie nanotechnologii (L3)	3	7
	Razem	243	243

Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu MICMAC.

Pomimo, że wartości liczbowe uzyskane z programu MICMAC, zaprezentowane w tabelach 4.2. i 4.3, nie wskazują na znaczące zmiany w układzie zależności czynników, to jednak sieć obrazująca wzajemne wpływy bezpośrednie (rys. 4.4) z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych różni się od grafu nieuwzględniającego potencjalnych oddziaływań czynników (rys. 4.3). Oprócz oddziaływań wykazanych na podstawie analizy poprzedniego grafu, można zauważyć nowe wpływy.

Uwzględnienie wpływów potencjalnych zmieniło układ oddziaływań. Na szczególną uwagę zasługuje możliwość pojawienia się w przyszłości dodatkowych wpływów, które odzwierciedlają różnice na dwóch porównywalnych grafach. Jedną z nich jest możliwość kształtowania *atrakcyjności regionu dla specjalistów (S2)* przez *potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu (T3)*. Z kolei na *potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu (T3)* silnie oddziałuje *stan badań nauko-*

Rys. 4.4. Graf wpływów bezpośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych



Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu MICMAC.

wych w zakresie oddziaływania nanotechnologii na człowieka i środowisko (Ekol2). Większa wiedza o wpływie nanotechnologii na człowieka i środowisko determinuje to, w jakim stopniu dana technologia znajdzie zastosowanie w pracach przedsiębiorstw, zaś im większa będzie w przyszłości możliwość wykorzystania doświadczeń naukowych w praktyce biznesowej, tym Podlasie będzie miejscem częściej wybieranym przez specjalistów jako ośrodek rozwoju nanotechnologii. Wśród silnych przyszłych oddziaływań można wyodrębnić również wpływ czynnika *potencjał badawczo-rozwojowy*

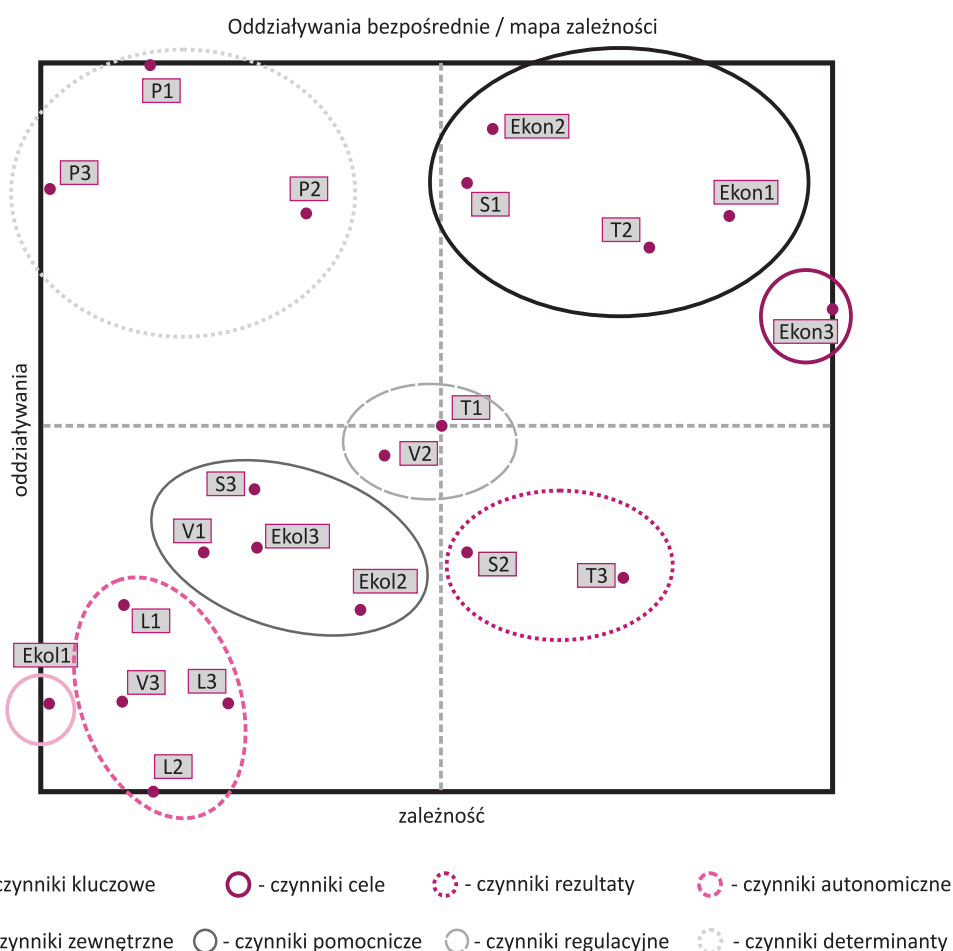
dla nanotechnologii (T2) na oddziaływanie nano-produktów i nanotechnologii na człowieka i środowisko (Ekol1). Rozwój wiedzy z zakresu nanotechnologii wpływa na świadomość ludzi o jej korzystnym oddziaływaniu, jak też niesie informacje o mogących się pojawić zagrożeniach. Jednak wskazane zależności nie są jedynymi, jakie mogą mieć duże znaczenie w przyszłości. Również *regulacje w zakresie współpracy władz publicznych, przedsiębiorstw i nauki* (L1) mogą w przyszłości silnie oddziaływać na *współdziałanie społeczne, wartość dobra wspólnego* (V3).

4.4. Klasyfikacja czynników analizy strukturalnej bazującej na oddziaływaniach bezpośrednich

Rozkład czynników analizy strukturalnej na płaszczyźnie wpływ–zależność, wyodrębniając osiem grup czynników, zgodnie z metodą analizy przedstawiono na rysunku 4.5. W obszarze czynników kluczowych znalazły się cztery czynniki, czyli *regionalne sieci wspól-*

pracy podmiotów: biznes, nauka, administracja (Ekon1), nakłady na B+R (Ekon2), potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii (T2) oraz potencjał kadrowy (S1). Do grupy czynników celów można zaliczyć jeden czynnik – potencjał gospodarczy regionu (Ekon3).

Rys. 4.5. Podział czynników analizy strukturalnej bazujący na oddziaływaniach bezpośrednich



Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu MICMAC.

Rezultaty badanego systemu tworzą dwa czynniki – *potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu (T3)* oraz *atrakcyjność regionu dla specjalistów (S2)*.

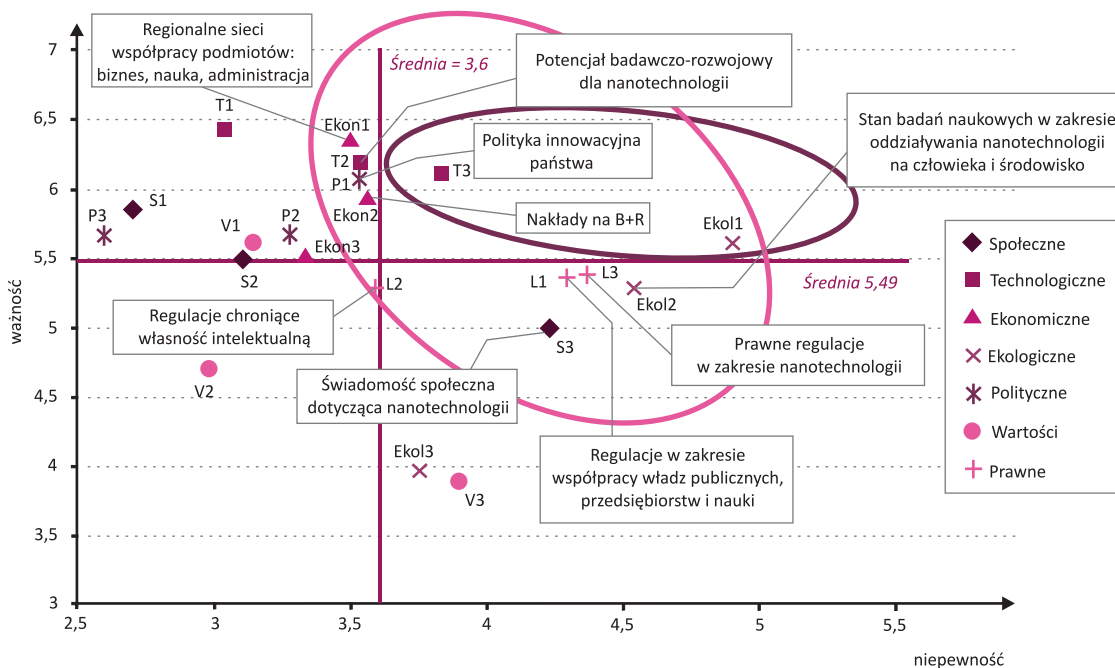
W skład grupy czynników autonomicznych weszły wszystkie czynniki prawne, czyli *regulacje w zakresie współpracy władz publicznych, przedsiębiorstw i nauki (L1)*, *regulacje chroniące własność intelektualną (L2)*, *prawne regulacje w zakresie nanotechnologii (L3)* oraz czynnik odnoszący się do wartości – *współdziałanie społeczne, wartość dobra wspólnego (V3)*.

Do grupy czynników zewnętrznych można zaliczyć jedynie czynnik *oddziaływanie nanoproductów i nanotechnologii na człowieka i na środowisko (Ekol1)*. Wpływ tego czynnika na system jest większy niż wpływ czynników autonomicznych, a jednocześnie wpływ systemu na ten czynnik jest niewielki. W skład grupy czynników pomocniczych weszły cztery czynniki, czyli *świadomość społeczna dotycząca nanotechnologii (S3)* *dominujące wartości (przedsiębior-*

czość, zdrowie, środowisko naturalne) (V1) oraz dwa czynniki ekologiczne: *stan badań naukowych w zakresie oddziaływania nanotechnologii na człowieka i środowisko (Ekol2)* oraz *aktywność organizacji i ruchów ekologicznych (Ekol3)*. Do grupy czynników regulacyjnych można zaliczyć dwa czynniki – *dostęp do światowych nanotechnologii (T1)* oraz *otwartość na nowości, wartość postępu (V2)*. Natomiast determinanty badanego systemu tworzą wszystkie czynniki polityczne – *polityka innowacyjna państwa (P1)*, *polityka regionalna (P2)* oraz *polityka UE (P3)*. Dalsza analiza obejmie grupę tych czynników, ponieważ jednym z głównych celów panelu POB3 jest określenie czynników kluczowych rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim.

Zgodnie z przyjętą metodyką prac POB3, ostateczny wybór dwóch czynników kluczowych miał zostać dokonany poprzez konfrontację klasyfikacji czynników analizy STEEPVL – pod względem ważności i niepewności (rys. 4.6) z wynikami analizy strukturalnej.

Rys. 4.6. Klasyfikacja czynników analizy STEEPVL pod względem ważności i niepewności



Źródło: [14, s. 65].

Ranking czynników analizy STEEPVL pod względem ważności i niepewności pozwolił zarysować grupę dziesięciu czynników, które mogą stać się kandydatami na osie scenariuszy. Na podstawie danych zaprezentowanych na rysunku 4.6, dwa czynniki charakteryzują się jednocześnie wyższą oceną niepewności niż średnia ocena dla wszystkich czynników, wynosząca 3,6 oraz wyższą oceną ważności niż średnia ocena ważności dla wszystkich czynników, wynosząca 5,49. Są to następujące czynniki: *potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu (T3) oraz oddziaływanie nanoproductów i nanotechnologii na człowieka i na środowisko (Eko1)*. Analiza strukturalna umiejscawia je odpowiednio w grupie czynników rezultatów (T3), co oznacza, że zachowanie ich zależy od innych elementów badanego systemu oraz czynników zewnętrznych (Eko1), których wpływ na badany system jest niewielki. Zatem uznanie tych czynników na czynniki kluczowe rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim wydaje się być wątpliwe. Z kolei, na podstawie bardziej wnikliwej analizy rysunku 4.6, można wyodrębnić dziewięć czynników, których średnie oceny ważności i niepewności znacznie przewyższają średnią ocenę w jednym wymiarze, a w drugim wymiarze zostały ocenione tylko nieznacznie poniżej średniej [14]. Rozszerzoną grupę czynników charakteryzujących się relatywnie wysokim stopniem niepewności i ważności stanowią:

- *prawne regulacje w zakresie nanotechnologii (L3);*
- *regulacje w zakresie współpracy władz publicznych, przedsiębiorstw i nauki (L1);*
- *stan badań naukowych w zakresie oddziaływania nanotechnologii na człowieka i na środowisko (Eko2);*
- *świadomość społeczna dotycząca nanotechnologii (S3);*
- *regulacje chroniące własność intelektualną (P2);*
- *nakłady na B+R (Ekon2);*
- *polityka innowacyjna państwa (P1);*
- *potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii (T2);*
- *regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja (Ekon1).*

Analizując powyższe czynniki należy zauważyć, że trzy spośród nich, czyli *nakłady na B+R (Ekon2), regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja (Ekon1) oraz potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii (T2)*, analiza strukturalna umiejscawia w grupie czynników kluczowych. Jednocześnie charakteryzują się one stopniem niepewności tylko nieznacznie odbiegającym od średniej. Możliwe warianty tych czynników to niskie versus wysokie nakłady na B+R (Ekon2) skuteczne versus nieskuteczne regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja, wysoki versus niski potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii. Ponadto, szczególnego komentarza wymaga również czynnik *potencjał kadrowy (S1)*. Na podstawie wyników analizy strukturalnej zaprezentowanej na rysunku 4.5, czynnik *nakłady na B+R (Ekon2)* wykazuje nieco wyższą zależnością od innych czynników niż czynniki *regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja (Ekon1) oraz potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii (T2)*. Z kolei, ważność tego czynnika została oceniona nieznacznie powyżej średniej, a jego przewidywalność jest znacznie mniejsza od wartości średniej (rys. 4.6). Stąd uwzględniając kryterium nieprzewidywalności czynnika, jego wybór na czynnik kluczowy wydaje się niejednoznaczny. Z kolei, zaprezentowane trzy czynniki – *nakłady na B+R (Ekon2), regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja (Ekon1) oraz potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii (T2)* mogą tworzyć osie scenariuszy, jednak ostateczny wybór czynników kluczowych zostanie dokonany na podstawie dyskusji moderowanej nad udziałem czynników analizy strukturalnej przeprowadzonej wśród ekspertów Kluczowego Zespołu Badawczego.

Kolejnym etapem badania było powtórzenie wyżej opisanej analizy z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych.

Rozmieszczenie czynników analizy strukturalnej na płaszczyźnie wpływ–zależność, wyodrębniając siedem grup czynników, przedstawiono na rysunku 4.7. Układ ten bazuje na oddziaływaniach bezpośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych.

Rys. 4.7. Podział czynników analizy strukturalnej bazujący na oddziaływaniach bezpośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych



Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu MICMAC.

Porównując wyniki przedstawione na rysunkach 4.5 i 4.7 można zauważyć, że uwzględnienie oddziaływań potencjalnych doprowadziło do wzrostu zależności poszczególnych czynników od innych czynników. W związku z tym, na płaszczyźnie wpływ-zależność przemieścił się – klasyfikowany poprzednio jako zewnętrzny – czynnik *oddziaływanie nanoproduktów i nanotechnologii na człowieka i środowisko* (Eko1), który został przesunięty do grupy

czynników autonomicznych. Ponadto, uwzględnienie oddziaływań potencjalnych doprowadziło do wzrostu wpływu czynnika *regulacje w zakresie współpracy władz publicznych, przedsiębiorstw i nauki* (L1), który z grupy czynników autonomicznych został przesunięty do grupy czynników pomocniczych. Pozostałe grupy czynników nie uległy zmianie i są analogiczne do umieszczonych na rysunku 4.5.

4.5. Wyznaczenie macierzy wpływów pośrednich

W kolejnym etapie badania uwzględniono oddziaływania pośrednie. Algorytmy wykorzystane w programie MICMAC – analizując rozprzestrzenianie się oddziaływań w systemie poprzez połączenia i pętle sprzężenia zwrotnego spajające poszczególne czynniki – pozwalają zhierarchizować je z uwzględnieniem liczby połączeń i pętli o długości 1, 2,... n docho-

dzących i wychodzących od każdego czynnika. W efekcie zostają ujawnione oddziaływania ukryte, trudne do bezpośredniego zdefiniowania przez ekspertów badających system [18]. Danych wejściowych dla programu MICMAC, dostarczyła macierz wpływów bezpośrednich (rys. 4.1), co umożliwiło wyznaczenie macierzy wpływów pośrednich (rys. 4.8).

Rys. 4.8. Macierz wpływów pośrednich

	S1	S2	S3	T1	T2	T3	Ekon1	Ekon2	Ekon3	Ekol1	Ekol2	Ekol3	P1	P2	P3	V1	V2	V3	L1	L2	L3
S1	60217	58984	24590	45038	71324	81161	67303	48631	93817	0	28926	12309	6742	36663	0	18735	42909	9214	954	477	9022
S2	31590	30859	12843	23503	37440	42323	35265	25409	49347	0	15070	6557	3570	18962	0	9621	22588	4818	488	244	4685
S3	26867	26210	10968	19969	31820	36021	30078	21685	41963	0	12850	5525	3001	16231	0	8312	19173	4124	422	211	3973
T1	37817	37086	15494	28233	45005	50919	42329	30522	59037	0	18131	7799	4274	22931	0	11683	27026	5799	584	292	5618
T2	52069	50857	21184	38920	61067	70024	57845	41950	81099	0	25069	10551	5765	31506	0	16001	37016	7996	852	426	7901
T3	27585	27051	11216	20582	32946	37095	30921	22254	43059	0	13121	5819	3143	16679	0	8505	19794	4176	412	206	4061
Ekon1	57911	56672	23661	43283	68089	77897	64354	46606	90212	0	27875	11670	6450	35037	0	17753	41151	8939	934	467	8740
Ekon2	72977	71497	29897	54713	86169	98493	81139	59072	113687	0	35269	14814	8112	44550	0	22555	51982	11239	1198	599	11030
Ekon3	52435	51242	21484	39234	61927	70632	58394	42398	81728	0	25387	10505	5832	31973	0	16223	37249	8068	880	440	7934
Ekol1	3454	3399	1500	2544	4046	4678	3867	2827	5415	0	1679	700	358	2124	0	1111	2459	589	48	24	501
Ekol2	11099	10884	4595	8219	13010	14875	12323	8909	17316	0	5280	2275	1225	6652	0	3384	7906	1767	160	80	1629
Ekol3	18582	18210	7543	13871	21967	25026	20833	14984	28930	0	8845	3869	2073	11271	0	5822	13271	2835	278	139	2756
P1	72649	70944	29562	54273	85652	97665	80914	58534	113224	0	34944	14795	8120	43971	0	22345	51690	11094	1192	596	11000
P2	64179	62756	26186	47974	75924	86341	71556	51804	100063	0	30880	13063	7182	38955	0	19779	45722	9823	1046	523	9643
P3	54987	53805	22436	41094	65139	74033	61406	44353	85803	0	26444	11325	6187	33299	0	16942	39237	8392	880	440	8293
V1	18531	18183	7639	13878	21806	25011	20573	15002	28844	0	8951	3707	2042	11332	0	5744	13170	2898	300	150	2778
V2	30846	30256	12569	23111	36365	41589	34334	24897	47994	0	14801	6287	3437	18763	0	9543	21976	4736	488	244	4624
V3	12045	11799	4843	9002	14393	16203	13540	9730	18773	0	5703	2570	1374	7299	0	3751	8655	1791	182	91	1775
L1	24703	24187	10052	18425	29630	33216	27800	19949	38587	0	11781	5185	2825	14978	0	7670	17707	3721	380	190	3643
L2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L3	6475	6363	2702	4855	7708	8792	7267	5278	10105	0	3161	1298	712	4013	0	2064	4608	1015	104	52	972

Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu MICMAC.

Analiza macierzy wpływów pośrednich pokazuje na znaczne zwiększenie siły oddziaływań pomiędzy czynnikami w porównaniu z siłą oddziaływań bezpośrednich (duże wartości elementów macierzy). Znacząco zwiększył się również stopień wypełnienia macierzy z 36% w wypadku macierzy oddziaływań bezpośrednich do 86% w wypadku macierzy oddziaływań pośrednich. Wskazuje to, że uwzględnienie oddziaływań pośrednich znacznie zagęszcza sieć powiązań pomiędzy czynnikami. Występowanie w macierzy wiersza o wszystkich elementach zerowych odpowiadającego czynnikowi L2 (*regulacje chroniące własność intelektualną*) wskazuje, że czynnik ten – nawet

pośrednio – nie wpływa na inne czynniki analizowanej struktury. Natomiast obecność w macierzy kolumn o wszystkich elementach zerowych odpowiadających czynnikom Ekol1 (*oddziaływanie nanoproduktów i nanotechnologii na człowieka i środowisko*) i P3 (*polityka UE*) wskazuje, że oba te czynniki nie są zależne od żadnych innych analizowanych czynników.

Proces obliczeniowy macierzy wpływów pośrednich osiągnął stabilność względem rankingu siły wpływu i siły zależności poszczególnych czynników po czterech iteracjach, co oznacza, że przy wyznaczaniu siły oddziaływań pośrednich uwzględniono ścieżki i pętle łączące poszczególne czynniki o maksymalnej długości 4.

4.6. Wyznaczenie macierzy wpływów pośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych

Kolejnym etapem prac było wyznaczenie macierzy wpływów pośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych (rys. 4.9).

Analiza macierzy wskazuje, że uwzględnienie oddziaływań potencjalnych zwiększyło stopień wypełnienia macierzy do 91%, dodatkowo zagęszczając sieć powiązań pomiędzy czynnikami, co spowodowało między innymi powstanie oddziaływań innych czynników na czynnik Ekol1 (*oddziaływanie nanoproduktów i nanotechnologii na człowieka i środowisko*), który przestał być całkowicie niezależny. Pozosta-

nie w macierzy wiersza o wszystkich elementach zerowych odpowiadającego czynnikowi L2 (*regulacje chroniące własność intelektualną*) wskazuje, że czynnik ten nie wpływa na inne czynniki analizowanej struktury także przy uwzględnieniu wpływów potencjalnych. Również obecność w macierzy kolumny o wszystkich elementach zerowych odpowiadającej czynnikowi P3 (*polityka UE*) wskazuje, że czynnik ten nie jest zależny od innych czynników w analizowanej strukturze.

Rys. 4.9. Macierz wpływów pośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych

	S1	S2	S3	T1	T2	T3	Ekon1	Ekon2	Ekon3	Ekol1	Ekol2	Ekol3	P1	P2	P3	V1	V2	V3	L1	L2	L3
S1	66793	82405	26306	48023	77885	93323	73639	52873	102874	16173	32112	15393	7105	39222	0	20112	46824	9997	966	483	9667
S2	34002	41941	13404	24418	39615	47444	37398	26885	52470	8259	16339	7859	3627	19829	0	10089	23899	5121	488	244	4922
S3	29273	36065	11523	20971	34094	40668	32271	23185	45179	7071	14029	6692	3109	17098	0	8750	20544	4379	428	214	4192
T1	41753	51690	16520	30012	48896	58386	46034	33075	64395	10008	20099	9725	4472	24491	0	12502	29339	6306	590	295	5984
T2	59320	72820	23266	42475	68441	82468	65183	46714	91413	14655	28396	13419	6242	34437	0	17636	41486	8848	870	435	8750
T3	37038	45651	14609	26687	43266	51924	40716	29427	56934	8931	17849	8612	3929	21875	0	11181	26007	5574	538	269	5354
Ekon1	63557	78239	25056	45617	73585	88436	69793	50098	97958	15615	30548	14343	6732	37026	0	18854	44418	9566	946	473	9328
Ekon2	80174	98308	13679	57512	92805	111774	87697	63623	123419	19713	38686	18213	8397	47016	0	23884	56128	12091	1216	608	11783
Ekon3	57769	71030	22822	41370	67054	80301	63500	45737	89117	14154	27910	13076	6090	33788	0	17225	40354	8665	898	449	8498
Ekol1	4327	5346	1755	3087	5024	6004	4743	3445	6648	1002	2069	955	436	2571	0	1327	3029	679	48	24	579
Ekol2	19898	24348	7910	14159	22754	27436	21638	15701	30705	4956	9558	4348	2056	11509	0	5805	13867	3027	304	152	2928
Ekol3	20961	25833	8185	15074	24409	29286	23146	16559	32245	5058	9973	4859	2238	12264	0	6332	14741	3108	284	142	2996
P1	79474	97767	31215	57072	92216	110766	87484	62734	122473	19518	38235	18113	8420	46413	0	23734	55587	11853	1198	599	11711
P2	69909	86057	27560	50184	81279	97417	76872	55335	107788	17073	33694	15979	7404	40905	0	20850	48962	10483	1058	529	10228
P3	60531	74634	23846	43497	70539	84605	66668	47866	93291	14724	29159	13983	9439	35429	0	18106	42438	9079	880	440	8848
V1	20304	24915	8023	14568	23465	28203	22184	16094	31229	4965	9755	4532	2129	11908	0	6041	14190	3075	306	153	2937
V2	33486	41104	13145	24077	38765	46677	36698	26488	51486	8208	16043	7598	3542	19597	0	9990	23458	5021	494	247	4876
V3	12891	15897	5014	9314	15128	18114	14242	10240	19829	3099	6162	3074	1395	7590	0	3898	9111	1899	182	91	1844
L1	29455	36424	11678	21197	34568	41199	32447	23423	45430	7062	14259	6850	3146	17378	0	8840	20692	4453	434	217	4222
L2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L3	8095	10044	3224	5797	9514	11321	8968	6430	12502	1920	3914	1892	856	4775	0	2466	5685	1219	110	55	1152

Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu MICMAC.

4.7. Analiza sumarycznych sił oddziaływań pośrednich oraz grafy najsilniejszych oddziaływań pośrednich

W kolejnym kroku, posługując się także programem MICMAC, wykonano analizę sił pośrednich oddziaływań wzajemnych pomię-

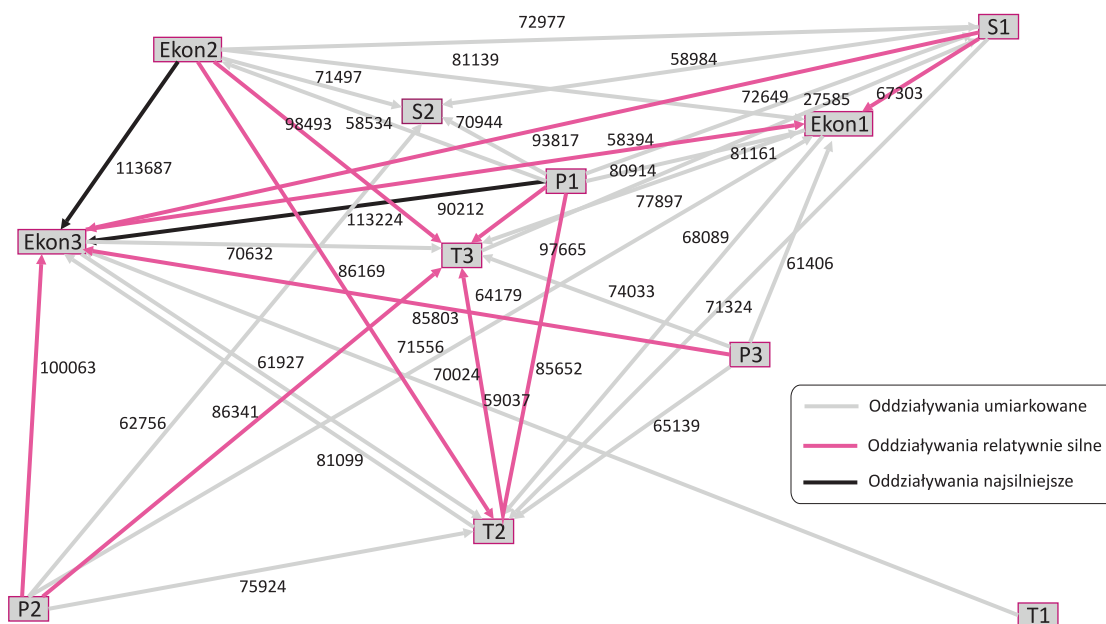
dzy wskazanymi w analizie STEEPVL czynnikami. Wyniki sumaryczne dotyczące sił oddziaływań pośrednich zostały przedstawione w tabeli 4.4.

Tabela 4.4. Sumaryczne siły oddziaływań pośrednich występujących między czynnikami analizy strukturalnej

N°	Czynniki	Liczebność wpływu	Liczebność zależności
1	Potencjał kadrowy (S1)	717 016	737 018
2	Atrakcyjność regionu dla specjalistów (S2)	375 182	721244
3	Świadomość społeczna dotycząca nanotechnologii (S3)	319 403	300 964
4	Dostęp do światowych nanotechnologii (T1)	450 579	550 721
5	Potencjał badawczo rozwojowy dla nanotechnologii (T2)	618 098	871 427
6	Potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu (T3)	328 625	991 994
7	Regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja (Ekon1)	687 701	822 041
8	Nakłady na B+R (Ekon2)	868 992	594792
9	Potencjał gospodarczy regionu (Ekon3)	623 965	1 149 003
10	Oddziaływanie nanoproduktów i nanotechnologii na człowieka i na środowisko naturalne (Eko1)	41 323	0
11	Stan badań naukowych w zakresie oddziaływania nanotechnologii na człowieka i środowisko naturalne (Eko2)	131 588	354 167
12	Aktywność organizacji i ruchów ekologicznych (Eko3)	221 105	150 623
13	Polityka innowacyjna państwa (P1)	863 164	82 424
14	Polityka regionalna (P2)	763 399	447 189
15	Polityka UE (P3)	654 495	0
16	Dominujące wartości (zdrowie, środowisko naturalne) (V1)	220 539	227 543
17	Przedsiębiorczość, otwartość na nowości, wartość postępu (V2)	366 858	525 289
18	Współdziałanie społeczne, wartość dobra wspólnego (V3)	143 519	113 034
19	Regulacje w zakresie współpracy władz publicznych, przedsiębiorstw i nauki (L1)	294 629	11 782
20	Regulacje chroniące wartość intelektualną (L2)	0	5 891
21	Prawne regulacje w zakresie nanotechnologii (L3)	77 544	110 578
	Razem	243	243

Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu MICMAC.

Rys. 4.10. Graf oddziaływań pośrednich



Z uwagi na potrzebę zachowania czytelności, na grafie oddziaływań pośrednich nie zostały przedstawione oddziaływania słabe i najslabsze.

Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu MICMAC.

Badanie wpływów pośrednich w metodzie MICMAC polegało na analizie liczby ścieżek i pętli oddziaływań łączących poszczególne czynniki [18]. Dzięki temu możliwa była ich hierarchizacja oraz odkrycie zależności. Nie byłoby to możliwe do uchwycenia podczas analizy bezpośrednich oraz potencjalnych pośrednich wpływów, wynikających z odpowiedzi ekspertów.

Analiza wpływów pośrednich, której wyniki zaprezentowano w tabeli 4.4, wskazuje, że czynnikiem o najsilniejszym oddziaływaniu na pozostałe są nakłady na B+R (Ekon2) i polityka innowacyjna państwa (P1), czynnikiem najbardziej zależnym jest potencjał gospodarczy regionu (Ekon3).

Graf oddziaływań pośrednich (rys. 4.10) wskazuje, że czynnik potencjał gospodarczy regionu (Ekon3) pośrednio najsilniej zależy od innych czynników. Mimo, że w analizie oddziaływań bezpośrednich czynnik ten charakteryzował się wielością zależności, to w przy-

padku oddziaływań pośrednich uwidoczniony został również wpływ kolejnego czynnika, z grupy ekonomicznych – nakłady na B+R (Ekon2). Oddziaływanie to nie ma bezpośredniego charakteru, ale wielkość obecnych nakładów na rozwój naukowy wpływa na kształtowanie przyszłych możliwości rozwojowych regionu. Innym czynnikiem, równie silnie oddziaływującym na potencjał ekonomiczny regionu (Ekon3), jest czynnik z grupy czynników politycznych – polityka innowacyjna państwa (P1). Silnie, choć nie tak mocno jak wyżej omówione, na potencjał gospodarczy regionu (Ekon3) pośrednio oddziałują: potencjał kadrowy (S1), polityka UE (P3). To również czynniki, które nie charakteryzowały się bezpośrednim wpływem na potencjał ekonomiczny regionu (Ekon3).

Innym czynnikiem, w przypadku którego widoczne jest relatywnie silne oddziaływanie pośrednie, jest potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu (T3). Analiza grafu, przedstawionego na rysunku 4.10, wskazuje,

że oprócz wskazanych poprzednio zależności bezpośrednich, istnieje także wzajemna pośrednia zależność pomiędzy tym czynnikiem, a czynnikami politycznymi: *polityka regionalna* (P2) i *polityka innowacyjna państwa* (P1). Ta ostatnia pośrednio oddziałuje również na inny z czynników technologicznych – *potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii* (T2).

Analogiczną analizę wykonano przy uwzględnieniu wpływów potencjalnych, obejmujących ewentualny wpływ pośrednie

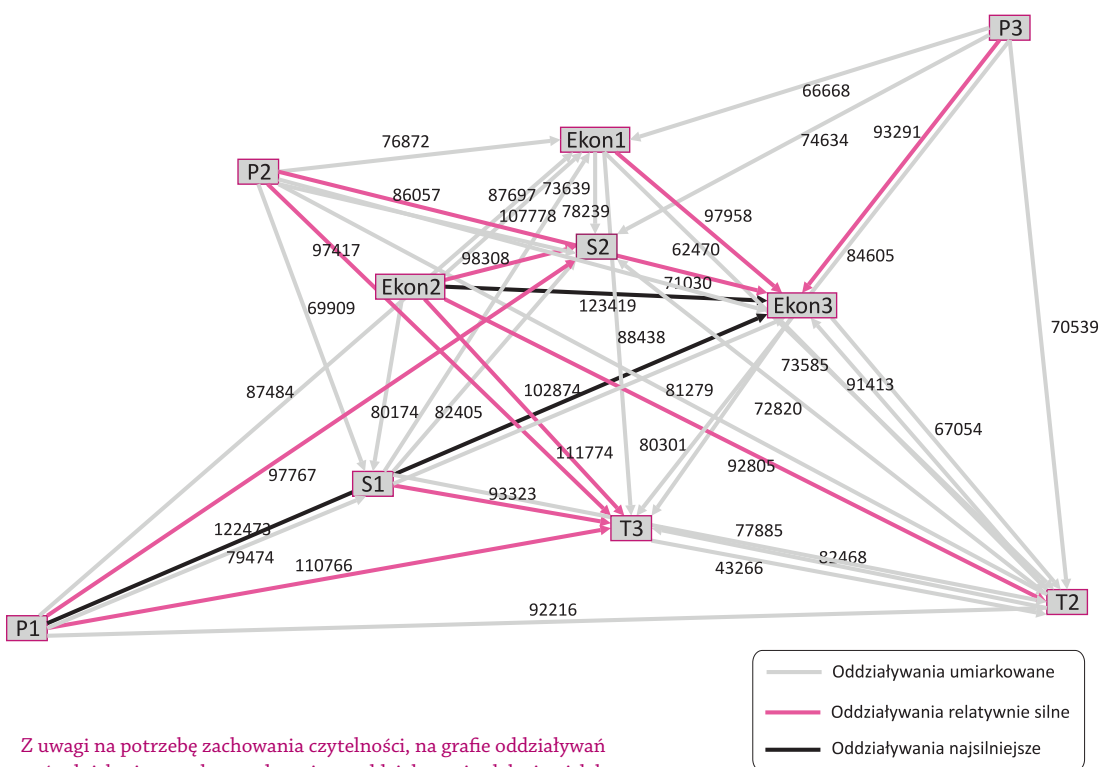
w przyszłości. Wyniki analizy wykonane przy użyciu programu MICMAC przedstawiono w tabeli 4.5, w której można zauważyć, że układ czynników o najsilniejszym i najsłabszym pośrednim wpływie na pozostałe jest zbliżony – biorąc pod uwagę skalę wartości liczbowych – do układu oddziaływań pośrednich bez uwzględnienia oddziaływań potencjalnych. Znaczącej zmianie uległa sytuacja w przypadku czynnika *oddziaływania nanoproductów i nanotechnologii na człowieka i środowi-*

Tabela 4.5. Sumaryczne siły oddziaływań pośrednich występujących między czynnikami analizy strukturalnej z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych

N°	Czynniki	Liczebność wpływu	Liczebność zależności
1	Potencjał kadrowy (S1)	822 175	829 010
2	Atrakcyjność regionu dla specjalistów (S2)	418 253	1 020 518
3	Świadomość społeczna dotycząca nanotechnologii (S3)	359 735	326 749
4	Dostęp do światowych nanotechnologii (T1)	514 572	595 109
5	Potencjał badawczo rozwojowy dla nanotechnologii (T2)	727 274	963 302
6	Potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu (T3)	456 371	1 155 752
7	Regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja (Ekon1)	780 188	911 321
8	Nakłady na B+R (Ekon2)	984 726	655 932
9	Potencjał gospodarczy regionu (Ekon3)	709 807	1 277 385
10	Oddziaływanie nanoproductów i nanotechnologii na człowieka i środowisko naturalne (Eko1)	53 098	202 164
11	Stan badań naukowych w zakresie oddziaływania nanotechnologii na człowieka i środowisko naturalne (Eko2)	243 056	398 789
12	Aktywność organizacji i ruchów ekologicznych (Eko3)	257 693	189 515
13	Polityka innowacyjna państwa (P1)	976 582	87 764
14	Polityka regionalna (P2)	859 564	485 118
15	Polityka UE (P3)	745 002	0
16	Dominujące wartości (zdrowie, środowisko naturalne) (V1)	248 985	247 622
17	Przedsiębiorczość, otwartość na nowości, wartość postępu (V2)	411 000	580 759
18	Współdziałanie społeczne, wartość dobra wspólnego (V3)	159 014	124 443
19	Regulacje w zakresie współpracy władz publicznych, przedsiębiorstw i nauki (L1)	363 374	12 238
20	Regulacje chroniące wartość intelektualną (L2)	0	6 119
21	Prawne regulacje w zakresie nanotechnologii (L3)	99 939	120 799
	Razem	243	243

Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu MICMAC.

Rys. 4.11. Graf wpływów pośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych



Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu MICMAC.

sko (Ekon1). Czynniki te z niezależnego od innych (wartość 0) stały się czynnikami cechującym się niewielkim poziomem zależności (wartość 202 164).

Graf oddziaływań pośrednich uwzględniający wpływy potencjalne (rys. 4.11), wskazuje, że czynniki *potencjału gospodarczego regionu* (Ekon3), podobnie jak to wykazała powyżej opisana analiza wpływów pośrednich, jest czynnikiem cechującym się najsilniejszą zależnością. Na czynniki te oddziałują intensywnie zarówno *nakłady na B+R* (Ekon2), jak też pojawia się tu aspekt wpływu pośredniego *polityki*

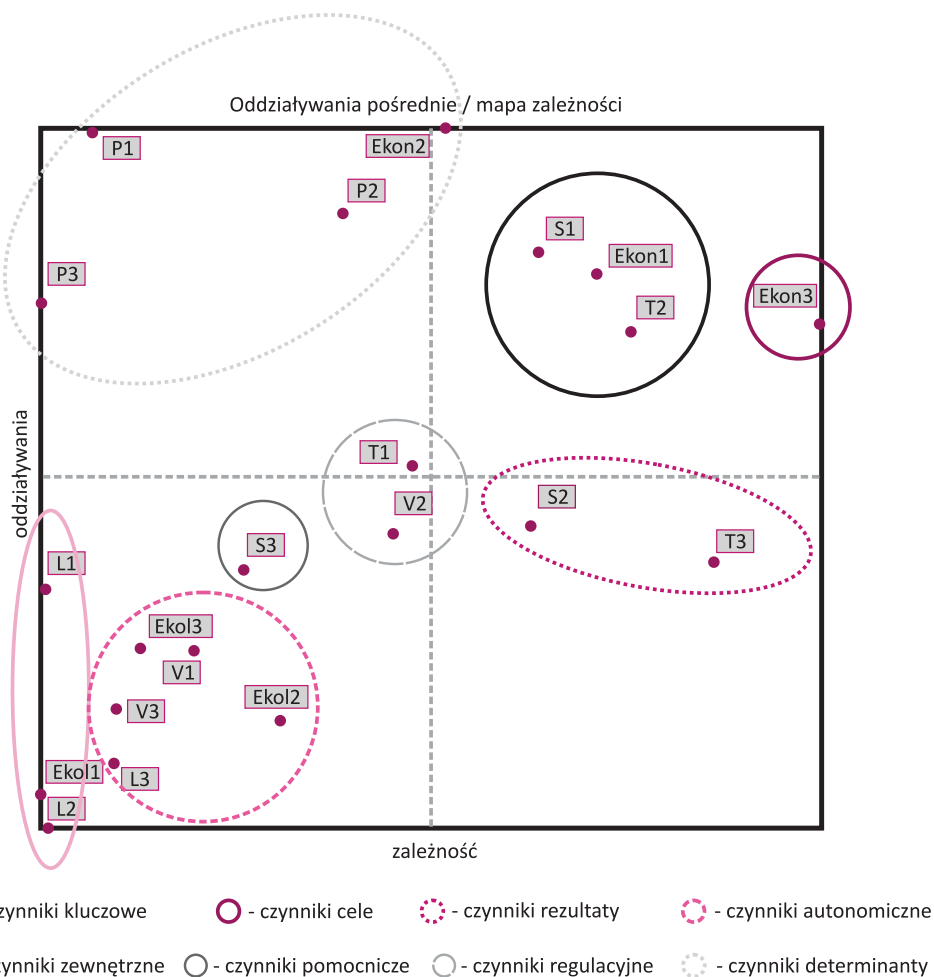
innowacyjnej państwa (P1). Oprócz wymienionych, na *potencjał gospodarczy regionu* (Ekon3) pośrednio potencjalnie oddziałuje również *atrakcyjność regionu dla specjalistów* (S2).

Na rysunku 4.11 uwidoczniła się również zależność pośrednia potencjalna *potencjału zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu* (T3) od *potencjału kadrowego* (S1). To ludzie posiadający wiedzę z dziedziny nanotechnologii formują zakres, obok czynników ekonomicznych i innych technologicznych (co wykazały wpływy bezpośrednie), w jakim jest ona wykorzystana.

4.8. Klasyfikacja czynników analizy strukturalnej bazujący na oddziaływaniach pośrednich

Rozkład czynników analizy strukturalnej na płaszczyźnie wpływ–zależność, wyodrębniając, podobnie jak w przypadku oddziaływań bezpośrednich, osiem grup czynników przedstawiono na rysunku 4.12.

Rys. 4.12. Podział czynników analizy strukturalnej bazujący na oddziaływaniach pośrednich



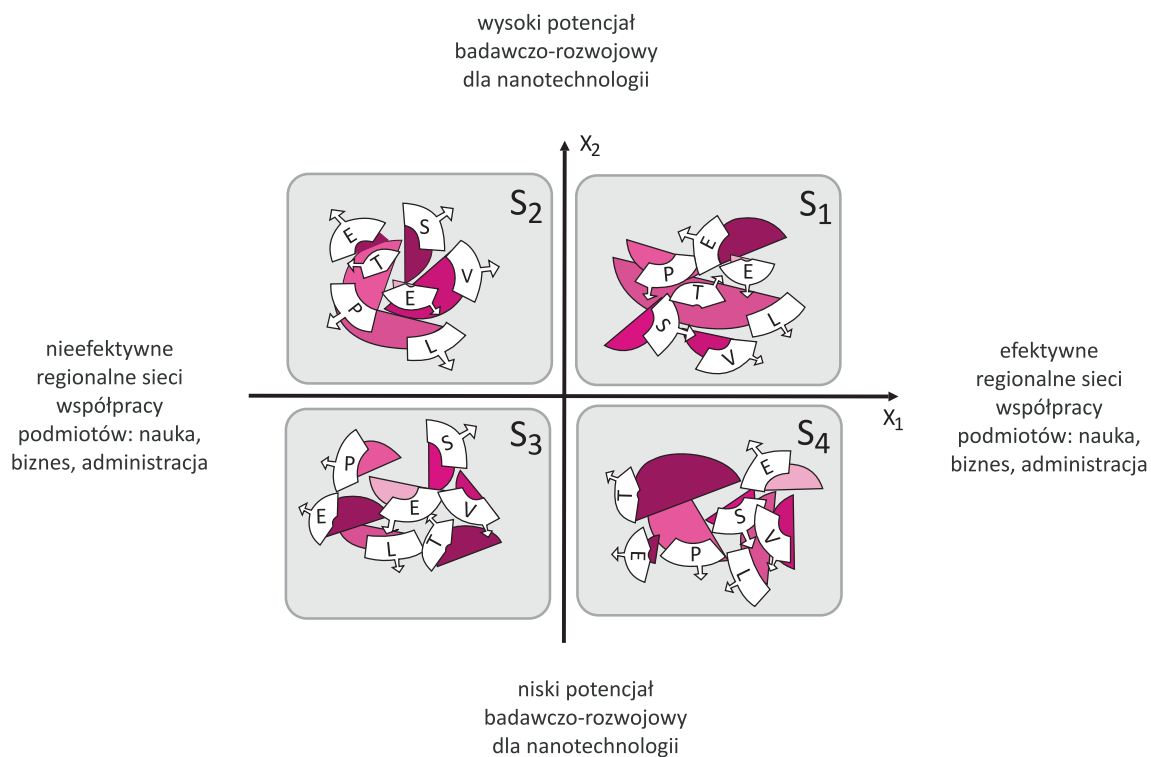
Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu MICMAC.

Uwzględniając oddziaływania pośrednie, grupę czynników kluczowych tworzą trzy czynniki, wywodzące się z grupy czynników społecznych, ekonomicznych oraz technologicznych czyli *potencjał kadrowy (S1)*, *regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja (Ekon1)* oraz *potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii (T2)*. Konfrontując wynik analizy strukturalnej z wynikami klasyfikacji czynników analizy STEEPVL pod względem ważności i niepewności zaprezentowanymi na rysunku 4.6, można zauważyć, że czynniki *regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja (Ekon1)* oraz *potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii (T2)* wchodzi w skład rozszerzonej grupy czynników charakteryzujących się relatywnie wysokim stopniem niepewności i ważności. Stąd, Kluczowy Zespół Badawczy – po zapoznaniu się z wynikami analizy strukturalnej

i przeprowadzonej z wykorzystaniem techniki burzy mózgów dyskusji moderowanej przez Koordynatora projektu – rekomenduje powyższe czynniki na osie scenariuszy rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Możliwe warianty tych czynników, tworzące skrajne osie scenariuszy to efektywne *versus* nieefektywne regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja oraz wysoki *versus* niski potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii (T2), (rys. 4.13).

Jednocześnie czynnik *potencjał kadrowy (S1)* w klasyfikacji czynników analizy STEEPVL pod względem ważności i niepewności ułożony został poza potencjalnym obszarem czynników kluczowych ze względu na ważność równą bądź nieznacznie wyższą od średniej oceny ważności dla wszystkich czynników oraz niepewność znacznie mniejszą od wartości średniej.

Rys. 4.13. Możliwe warianty osi scenariuszy rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim



Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie rozmieszczenia czynników, zaprezentowanego na rysunku 4.12, można zauważyć, że niektóre grupy czynników nie uległy zmianie w stosunku do podziału czynników analizy strukturalnej bazującego na oddziaływaniach bezpośrednich. Grupy czynników celów, rezultatów oraz czynników regulacyjnych tworzą te same czynniki co w wypadku oddziaływań bezpośrednich. Do grupy czynników celów wchodzi niezmiennie jeden czynnik – *potencjał gospodarczy regionu* (Ekon3). Zatem analiza strukturalna pozwoliła doprecyzować cel rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim, jakim może być zwiększanie potencjału gospodarczego regionu. Grupę czynników rezultatów tworzą dwa czynniki – *potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu* (T3) oraz *atrakcyjność regionu dla specjalistów* (S2). Czynniki te są szczególnie zależne od zachowania czynników determinantów oraz czynników kluczowych [2], czyli w analizowanym przypadku pozostają pod wpływem polityki regionalnej, polityki innowacyjnej państwa oraz polityki UE, a także zależą od nakładów sfery B+R. *potencjału kadrowego i badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii* oraz *regionalnych sieci współpracy podmiotów w triadzie biznes: nauka, administracja*. Grupę czynników regulacyjnych, pomocnych do osiągnięcia zakładanych celów tworzą niezmiennie następujące czynniki: *dostęp do światowych nanotechnologii* (T1), *współdziałanie społeczne, wartość dobra wspólnego* (V2). Taki układ czynników ma dobre uzasadnienie merytoryczne, ponieważ zwiększanie dostępu do światowych nanotechnologii oraz promowanie takich wartości, jak przedsiębiorczość, otwartość na nowości oraz postęp mogą mieć korzystny wpływ na zwiększenie potencjału gospodarczego regionu.

Grupy czynników determinantów, pomocniczych, autonomicznych oraz zewnętrznych uległy nieznacznym modyfikacjom w stosunku do podziału czynników analizy strukturalnej bazującego na oddziaływaniach bezpośrednich.

Grupę determinantów tworzą cztery czynniki, czyli wszystkie czynniki polityczne – *polityka innowacyjna państwa* (P1), *polityka regionalna* (P2) oraz *polityka UE* (P3), a także czynnik ekonomiczny *nakłady na B+R* (Ekon2). W stosunku do poprzednich analiz, grupa ta została wzbogacona o czynnik *nakłady na B+R* (Ekon2). Oznacza to, że czynniki polityczne oraz *nakłady na sferę B+R* mają bardzo silny

wpływ na rozwój nanotechnologii w województwie, jednak ich kontrolowanie jest bardzo trudne. W ramach analizowanej grupy czynniki *nakłady B+R* (Ekon2) oraz *polityka regionalna* (P2) charakteryzują się większą zależnością od innych czynników niż czynniki *polityka innowacyjna państwa* (P1) oraz *polityka UE* (P3). Można zatem przyjąć, że czynniki te są w pewnym stopniu sterowalne. Ponadto, analizując grupę czynników determinantów, należy zwrócić uwagę na fakt, że w grupie tej znajdują się dwa czynniki, które mają największy wpływ na badany system. Są to czynniki *polityka innowacyjna państwa* (P1) oraz *nakłady na B+R* (Ekon2).

Uwzględnienie oddziaływań pośrednich doprowadziło do spadku zależności i wpływu czynników: *dominujące wartości (przedsiębiorczość, zdrowie, środowisko naturalne)* (V1), *stan badań naukowych w zakresie oddziaływania nanotechnologii na człowieka i środowisko* (Ekon2) oraz *aktywność organizacji i ruchów ekologicznych* (Ekon3), które z grupy czynników pomocniczych przesunęły się do grupy czynników autonomicznych, pozostawiając w tej grupie jedynie czynnik *świadomość społeczna dotycząca nanotechnologii* (S3). Czynniki te, podobnie jak czynniki regulacyjne wydaje się być pomocny przy realizacji celów badanego systemu, ponieważ zwiększanie świadomości społecznej dotyczącej nanotechnologii może korzystnie przyczynić się do podejmowania inicjatyw biznesowych w tym zakresie i stymulować tym samym potencjał gospodarczy regionu.

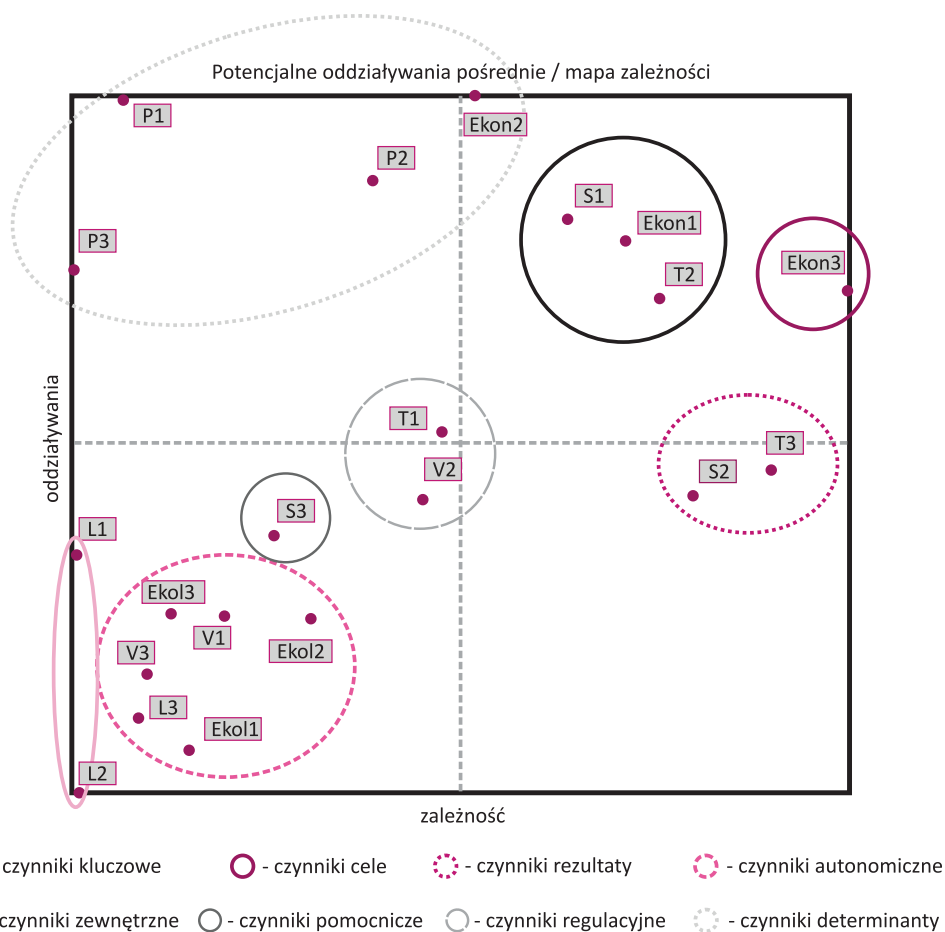
Największą grupę czynników tworzą czynniki autonomiczne. W jej skład wchodzi pięć czynników, w tym wszystkie czynniki ekologiczne, czyli *oddziaływanie nanoproduktów i nanotechnologii na człowieka i środowisko* (Ekon1), *stan badań naukowych w zakresie oddziaływania nanotechnologii na człowieka i środowisko* (Ekon2), *aktywność organizacji i ruchów ekologicznych* (Ekon3), dwa czynniki odnoszące się do wartości, czyli *dominujące wartości (przedsiębiorczość, zdrowie, środowisko naturalne)* (V1) i *współdziałanie społeczne, wartość dobra wspólnego* (V3) oraz czynnik *prawne regulacje w zakresie nanotechnologii* (L3). Zgodnie z założeniami analizy strukturalnej czynniki te nie wywierają istotnego wpływu na zachowanie badanego systemu jako całości.

Analiza strukturalna bazująca na oddziaływaniach pośrednich doprowadziła do spadku zależności dwóch czynników prawnych – *regu-*

lacje w zakresie współpracy władz publicznych, przedsiębiorstw i nauki (L1), regulacje chroniące własność intelektualną (L2), stąd z grupy czynników autonomicznych zostały one przesunięte do grupy czynników zewnętrznych, które pozostają niezależne od innych czynników. Jednocześnie można zauważyć, że w ramach tej grupy najmniejszym wpływem i zależnością charakteryzuje się czynnik *regulacje chroniące własność intelektualną* (L2), który można potraktować jako czynnik oderwany, zgodnie z terminologią zaproponowaną przez twórców koncepcji analizy strukturalnej [2].

Ostatni etap badania uwzględniał analizę oddziaływań pośrednich potencjalnych (rys. 4.14). Wyniki analizy strukturalnej uwzględniające oddziaływania pośrednie potencjalne są bardzo zbliżone do zaprezentowanych wcześniej wyników dotyczących oddziaływań pośrednich z analogicznym zestawem wszystkich grup czynników. Uwzględnienie oddziaływań pośrednich potencjalnych doprowadziło jedynie do istotnego wzrostu zależności czynnika *oddziaływanie nanoproductów i nanotechnologii na człowieka i środowisko* (Ekol1), który z grupy czynników zewnętrznych został przesunięty

Rys. 4.14. Podział czynników analizy strukturalnej bazujący na oddziaływaniach pośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych



Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu MICMAC.

do grupy czynników autonomicznych. Podział innych czynników nie uległ zmianie, można jedynie zauważyć niewielkie przesunięcia czynników w ramach poszczególnych grup, na przykład w ramach czynników rezultatów, czynniki *atrakcyjność regionu dla specjalistów (S2)* oraz *potencjał zastosowań nanotechnologii w gospo-*

darce regionu (T3) charakteryzują się większą zależnością od innych czynników oraz większym wpływem na badany system czynników. Oznacza to taką samą percepcję przedmiotu badań, czyli procesu rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim – teraz i w przyszłości.

Zaprezentowane w poprzednim rozdziale wyniki analizy strukturalnej wskazują, w jaki sposób grupa ekspertów panelu POB3 – Kluczowe czynniki rozwoju nanotechnologii podlaskiej biorących udział w badaniu postrzega badany system, czyli proces rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Analizując wpływy bezpośrednie i pośrednie występujące między czynnikami, można zauważyć, że czynnik *nakłady na B+R* (Ekon2) jest czynnikiem o największym znaczeniu w badanym systemie, gdyż najsilniej oddziałuje bezpośrednio, jak i pośrednio na pozostałe czynniki. Podobnie, choć ma on nieco mniejszy stopień wpływu, można ocenić czynnik *polityka innowacyjna państwa* (P1).

Przeprowadzona analiza strukturalna pozwoliła na wyodrębnienie czynników kluczowych, wywierających silny wpływ na inne czynniki i jednocześnie silnie zależnych od innych czynników. Analiza strukturalna, której podstawę stanowiła macierz wpływów bezpośrednich umożliwiła zidentyfikowanie czterech czynników kluczowych: *regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja* (Ekon1), *nakłady na B+R* (Ekon2), *potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii* (T2) oraz *potencjał kadrowy* (S1). Skonfrontowanie tych wyników z klasyfikacją czynników analizy STEEPVL pod względem ważności i niepewności zawęziło grupę czynników kluczowych do trzech (Ekon1, Ekon2, T2). Czynniki te charakteryzują się stopniem niepewności tylko nieznacznie odbiegającym od średniej oraz stopniem ważności przekraczającym wartość średnią dla wszystkich czynników.

Uwzględniając oddziaływania pośrednie, na grupę czynników kluczowych tworzą się trzy czynniki: *potencjał kadrowy* (S1), *regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja* (Ekon1) oraz *potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii* (T2). Skonfrontowanie tych wyników z klasyfikacją czynników analizy STEEPVL pod względem ważności i niepewności zawęziło grupę czynników kluczowych do dwóch (Ekon1, T2). Czynnikiem *nakłady na B+R* (Ekon2) został przesunięty do grupy czynników determinantów. Kluczowy Zespół Badawczy, po zapoznaniu się z wynikami analizy strukturalnej i burzy mózgów moderowanej przez Koordynatora projektu, rekomenduje powyższe czynniki na osie scenariuszy rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Możliwe warianty tych czynników to skuteczne *versus* nieskuteczne regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja (Ekon1), wysoki *versus* niski potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii (T2).

Poza identyfikacją czynników kluczowych przeprowadzona analiza strukturalna pozwoliła poznać strukturę badanego systemu, różnicując osiem grup czynników, oraz doprecyzować cel rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim, jakim może być zwiększenie potencjału gospodarczego regionu, a także poznać czynnik postrzegany jako ten o najmniejszym znaczeniu w badanym systemie, czyli *regulacje chroniące własność intelektualną* (L2).



- [1] Ahmed M. T., Saleh M., Abdelkadir A. F., Abdelrehim A., *El Maghara, Scenario A Search for Sustainability and Equity: An Egyptian Case Study*, „Journal of Futures Studies” 2009 No. 14 (2).
- [2] Arcade J., Godet M., Meunier F., Roubelat F., *Structural analysis with the MICMAC method & Actors' strategy with Mactor method*, AC/UNU Millennium Project Futures Research Methodology, Paris 1994.
- [3] Bradfield R., Wright G., Burt G., Cairns G., Heijden K. van der, *The origins and evolution of scenario techniques in long range business planning*, „Futures” 2005 No. 37.
- [4] Czaplicka-Kolarz K. (red.), *Scenariusze rozwoju technologicznego kompleksu paliwowo-energetycznego dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju*, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2007.
- [5] Godet M., *Creating Futures Scenario Planning as a Strategic Management Tool*, Economica, Paris 2006.
- [6] Godet M., Durance P., Gerber A., *La prospective. Problems and methods*, No. 20, Laboratoire d'Investigation en Prospective, Stratégie et Organisation, Gerpa 2006.
- [7] Godet M., Durance Ph., Gerber A., *Strategic Foresight – La Prospective – Use and Misuse of Scenario Building*, LIPSOR Working Paper #10, Paris 2008.
- [8] Godet M., Durance Ph., *Strategic Foresight for Corporate and Regional Development*, DUNOD – UNESCO – Fondation Prospective et Innovation, Paris 2011.
- [9] Godet M., *From anticipation to action: A handbook of strategic prospective*. UNESCO Publishing, Paris 1994.
- [10] Godet M., Roubelat F., *Creating the Future. The Use and Misuse of Scenarios*, „Long Range Planning” 1994 No. 2.
- [11] Kononiuk A., *Metoda scenariuszowa w antycypowaniu przyszłości (na przykładzie Narodowego Programu Foresight „Polska 2020”)*, rozprawa doktorska, Uniwersytet Warszawski, Warszawa 2010, niepublikowana.
- [12] *La Prospective* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu <http://en.lapropective.fr>.



- [13] Mazurkiewicz A., Poteralska B., *Zrównoważony Rozwój Polski* [w:] J. Kleer, A. Wierzbicki, *Narodowy Program Foresight „Polska 2020”. Dyskusja założeń scenariuszy*, Komitet Prognoz „Polska 2000 Plus” przy Prezydium PAN, Warszawa 2009.
- [14] Nazarko J. (red.), Kędzior Z. (red.) *Uwarunkowania rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Wyniki analiz STEEPVL i SWOT*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2010.
- [15] Oniszk-Popławska A., Monica B., Joergensen Birte H., Velte D., Wehnert T., *Metoda foresightu technologicznego zastosowana do oceny przyszłości energetycznej Europy w projekcie EurEnDel*, [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu http://www.izt.de/pdfs/eurendel/background/Eurendel_methodology_polish.pdf.
- [16] Ringland G., *UNIDO Technology Foresight for Practitioners. A specialised Course on Scenario Building*, Prague, 5-8 November 2007.
- [17] *Studium wykonalności projektu Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>> Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii*, Politechnika Białostocka, Białystok 2008.
- [18] Wójcicki J. M. (red.), Ładyżyński P. (red.), *System monitorowania i scenariusze rozwoju technologii medycznych w Polsce*, Konsorcjum ROTMED, Warszawa 2008.

Tabela 2.1. Porównanie klasyfikacji czynników przy uwzględnieniu oddziaływań bezpośrednich i pośrednich	29
Tabela 2.2. Porównanie klasyfikacji czynników przy uwzględnieniu oddziaływań bezpośrednich i pośrednich	32
Tabela 3.1. Lista czynników głównych wpływających na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim	33
Tabela 4.1. Charakterystyka macierzy wpływów bezpośrednich	37
Tabela 4.2. Sumaryczne siły oddziaływań bezpośrednich występujących między czynnikami analizy strukturalnej	41
Tabela 4.3. Sumaryczne siły oddziaływań bezpośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych występujących między czynnikami analizy strukturalnej	43
Tabela 4.4. Sumaryczne siły oddziaływań pośrednich występujących między czynnikami analizy strukturalnej	52
Tabela 4.5. Sumaryczne siły oddziaływań pośrednich występujących między czynnikami analizy strukturalnej z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych	54



Rys. 1.1. Schemat współdziałania paneli eksperckich w projekcie <<NT FOR Podlaskie 2020>>	11
Rys. 1.2. Umieszczenie analizy strukturalnej w metodyce badawczej projektu	12
Rys. 1.3. Etapy tworzenia scenariuszy zgodnie z koncepcją <i>La Prospective</i>	13
Rys. 2.1. Przykładowa macierz do analizy strukturalnej	15
Rys. 2.2. Układ czynników wpływających na dany obszar badawczy – przykładowy wynik analizy strukturalnej	16
Rys. 2.3. Etapy konstrukcji macierzy wpływów bezpośrednich	17
Rys. 2.4. Macierz strukturalna (wpływów bezpośrednich) badanego systemu	19
Rys. 2.5. Graf macierzy strukturalnej A	19
Rys. 2.6. Druga potęga macierzy strukturalnej	19
Rys. 2.7. Ścieżki wpływu czynnika C1 o długości 2	20
Rys. 2.8. Ścieżki wpływu czynnika C2 o długości 2	20
Rys. 2.9. Ścieżki wpływu czynnika C3 o długości 2	21
Rys. 2.10. Ścieżka wpływu czynnika C4 o długości 2	21
Rys. 2.11. Trzecia potęga macierzy strukturalnej	21
Rys. 2.12. Ścieżki wpływu czynnika C1 o długości 3	22
Rys. 2.13. Ścieżki wpływu czynnika C2 o długości 3	22
Rys. 2.14. Ścieżki wpływu czynnika C3 o długości 3	23
Rys. 2.15. Ścieżki wpływu czynnika C4 o długości 3	23
Rys. 2.16. Czwarta potęga macierzy strukturalnej	23
Rys. 2.17. Ścieżki wpływu czynnika C1 o długości 4	24
Rys. 2.18. Ścieżki wpływu czynnika C2 o długości 4	24
Rys. 2.19. Ścieżki wpływu czynnika C3 o długości 4	25
Rys. 2.20. Ścieżki wpływu czynnika C4 o długości 4	25
Rys. 2.21. Piąta potęga macierzy strukturalnej	26
Rys. 2.22. Ścieżki wpływu czynnika C1 o długości 5	26
Rys. 2.23. Ścieżki wpływu czynnika C2 o długości 5	27
Rys. 2.24. Ścieżki wpływu czynnika C3 o długości 5	27
Rys. 2.25. Ścieżki wpływu czynnika C4 o długości 5	28



Rys. 2.26. Szósta potęga macierzy strukturalnej	28
Rys 2.27. Macierz strukturalna systemu z uwzględnieniem siły oddziaływań bezpośrednich	29
Rys. 2.28. Graf odpowiadający macierzy strukturalnej B	29
Rys. 2.29. Czwarta potęga macierzy strukturalnej B	30
Rys. 2.30. Macierz strukturalna systemu z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych	30
Rys. 2.31. Macierz strukturalna systemu z uwzględnieniem siły oddziaływań potencjalnych	31
Rys. 2.32. Graf odpowiadający macierzy strukturalnej C	31
Rys. 2.33. Czwarta potęga macierzy strukturalnej C	31
Rys. 4.1. Stopień oddziaływania na siebie 21 czynników rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim	38
Rys. 4.2. Macierz wpływów bezpośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych	39
Rys. 4.3. Graf oddziaływań bezpośrednich	42
Rys. 4.4. Graf wpływów bezpośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych	44
Rys. 4.5. Podział czynników analizy strukturalnej bazujący na oddziaływaniach bezpośrednich	45
Rys. 4.6. Klasyfikacja czynników analizy STEEPVL pod względem ważności i niepewności	46
Rys. 4.7. Podział czynników analizy strukturalnej bazujący na oddziaływaniach bezpośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych	48
Rys. 4.8. Macierz wpływów pośrednich	49
Rys. 4.9. Macierz wpływów pośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych	51
Rys. 4.10. Graf oddziaływań pośrednich	53
Rys. 4.11. Graf wpływów pośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych	55
Rys. 4.12. Podział czynników analizy strukturalnej bazujący na oddziaływaniach pośrednich	56
Rys. 4.13. Możliwe warianty osi scenariuszy rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim	57
Rys. 4.14. Podział czynników analizy strukturalnej bazujący na oddziaływaniach pośrednich z uwzględnieniem oddziaływań potencjalnych	59