



Munich Personal RePEc Archive

Social and Technological Networks and its Effects on Innovation Dynamics

Karbowski, Adam

Warsaw School of Economics

September 2009

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/73624/>
MPRA Paper No. 73624, posted 11 Sep 2016 11:07 UTC

SIECI SPOŁECZNE I TECHNOLOGICZNE

WPLYW NA PROCES POWSTAWANIA INNOWACJI W GOSPODARCE

Adam Karbowski

Katedra Ekonomii II

Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

Streszczenie. Niniejszy artykuł stanowi próbę identyfikacji mechanizmów wpływu sieci społecznych i technologicznych na proces powstawania innowacji w gospodarce. Szczególny nacisk położony jest na współpracę uniwersytetów z przemysłem (ang. Industry – University Collaboration), a zwłaszcza na jej znaczenie dla dynamiki procesów edukacyjnych i rozwojowych w gospodarce. Artykuł rozpoczyna dyskusja teoretyczna, która osadzona jest w kontekście literatury otwartej innowacji. W tej części pracy wprowadzono i wyjaśniono pojęcia podstawowe dla sieciowej teorii innowacji. Następnie przedstawiono dwa studia przypadku ukazujące praktyczną stronę badanego problemu. Są to przykłady Wielkiej Brytanii i Polski.

Słowa kluczowe: Innowacje, Sieci, Modelowanie matematyczne w ekonomii.

1. Wprowadzenie do sieciowej teorii innowacji

1.1. Pojęcia podstawowe i paradygmat poznawczy

W najgłębszym przekonaniu autora tworzenie wiedzy jest procesem silnie zdecentralizowanym. Taki sposób myślenia podziela dziś wielu menedżerów spółek technologicznych, którzy podkreślają znaczenie „identyfikacji i wykorzystania wiedzy dostępnej zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz przedsiębiorstwa” (Sawhney, 2002, 26). Takie spojrzenie jest podstawą paradygmatu *otwartej innowacji* (Chesbrough, 2003).

Dla Henkela (2006, 953) koncepcja otwartej innowacji jest niczym innym jak „poszerzaniem granic przedsiębiorstwa”. To ujęcie znajdziemy także w pracy Prügla i Schreiera (2006), którzy twierdzą, że na przestrzeni ostatnich lat granice pomiędzy przedsiębiorstwem a jego otoczeniem stały się bardziej przepuszczalne, a tym samym pozwalają na lepszy przepływ wiedzy i informacji. Przedsiębiorstwa w coraz większym

stopniu „otwierają się” na nowych partnerów gospodarczych, w tym na uniwersytety i instytuty badawcze.

O ile otwarta innowacja pozostaje swoistą filozofią biznesową, koncepcją rozwoju firmy, o tyle w ostatnich latach znalazła ona znakomitą formę swojej praktycznej realizacji. Jest nią *innowacja sieciowa* (Harryson, 2006; Fowles i Clark, 2005). Stało się tak m.in. z powodu dynamicznego rozwoju technologii komunikacyjnych, wzrastającej mobilności pracowników w skali świata, a także powstawania nowych instytucji finansowych¹. Dokładnie czynniki te omawiają w swojej pracy Christensen, Olesen i Kjær (2005).

Innowacja sieciowa jest wdrożeniem koncepcji otwartej innowacji do praktyki gospodarczej. Sieć stanowi naturalną formę realizacji pomysłu intensywnej wymiany wiedzy i informacji w przestrzeni ekonomicznej. Zdaniem Hellströma i Malmquista (2000) struktury sieciowe (heterarchiczne) pozwalają osiągać znacznie szybsze tempo powstawania innowacji w gospodarce. Poza tym sieci, które składają się ze zróżnicowanych jakościowo podmiotów (pod względem wiedzy, umiejętności, dostępu do zasobów, doświadczenia) są bardziej odporne na trudności związane z pracami rozwojowymi niż homogeniczne zespoły czy hierarchiczne organizacje (por. Hellström i Malmquist, 2000; Harryson, 2006). Sieci pozwalają dzielić ryzyko działalności innowacyjnej pomiędzy większą liczbę podmiotów, zapewniają dostęp do nowych technologii i rynków zbytu, pozwalają na specjalizację a jednocześnie wykorzystanie komplementarnych umiejętności. Umożliwiają w końcu redukcję kosztów i skuteczniejsze zabezpieczenie praw własności (ograniczenie wycieków wiedzy²). Korzyści te w szczególowy sposób omawiają Pittaway i inni (2004).

Prześledźmy teraz sam proces powstawania innowacji w gospodarce. Początkowo, tj. na etapie formowania się pomysłu innowacyjnego niezbędne jest występowanie środowiska charakteryzującego się dużą liczbą słabych więzi sieciowych (por. Granovetter, 1973). Takie środowisko zapewnia bogaty przepływ informacji, sprzyja procesom powstawania wiedzy, jest twórcze. Innowacja w fazie realizacji opłataną jest natomiast siecią coraz bardziej *zwartą* (wzrasta liczba silnych więzi, wzrasta rola zaufania)³. W ten sposób maleją koszty koordynacji a projekt innowacyjny przeprowadzany jest w sposób efektywny. Zdolność sieci

¹ Fundusze venture capital, aniołowie biznesu.

² Knowledge spillovers (ang.).

³ W dalszej części opracowania sieć zwartą będziemy zamiennie nazywać siecią projektową.

do zapewnienia procesowi innowacji środowiska dynamicznie zmieniających się bodźców⁴ nazwana została przez Harrysona (2006) *oburecznością*⁵ (por. Rysunek 1).

Sieci luźne (emergentne) charakteryzują się dużą liczbą *słabych więzi*⁶ (Granovetter, 1973). W socjologii matematycznej wyróżniamy dwa podstawowe rodzaje relacji między podmiotami: silne i słabe więzi. Jeśli aktorzy *A* i *B* znają się, mówimy, że są powiązani w sposób silny. Jeśli natomiast *A* zna zarówno *B* i *C*, którzy nie znają się wzajemnie, mówimy, że *B* i *C* są powiązani w sposób słaby. Anatol Rapoport (1957) podkreślał, że prawdopodobieństwo współpracy pomiędzy *B* i *C* znacznie wzrasta w przypadku obecności słabych więzi między nimi.

Harryson (2006) zwraca uwagę na zdolność sieci do wewnętrznego transformowania się wraz z rozwojem innowacji. Mówimy, że sieć *uczy się* wraz z projektem, dynamicznie zapewniając mu najbardziej odpowiednią formę organizacyjną (por. Rysunek 1).

Sieć luźna musi być dynamiczna, tj. powinna jednocześnie tworzyć i przecinać powiązania pomiędzy jej uczestnikami, aby zapewnić im dostęp do bogatej i różnorodnej informacji. Dzięki temu procesowi sieć nasycza się wiedzą. W konsekwencji rosną szanse powstania nieszablonowego pomysłu, który może być zamieniony w innowację.

Co innego odnosi się do sieci zwartej, która powstaje w fazie realizacji przedsięwzięcia badawczo – rozwojowego. Wtedy najważniejszym aspektem zarządzania siecią nie jest generowanie pomysłów, ale ich **eksploatacja**, efektywne wykorzystanie. Wielkiego znaczenia nabiera wtedy dobra koordynacja.

Według Adlera (2001) naturalnym mechanizmem koordynacji wewnątrz sieci jest *zaufanie*. Rysunek 2 przedstawia podstawowe systemy koordynacji w gospodarce wyróżnione przez Adlera. Należą do nich: rynek, organizacja (struktura hierarchiczna) i sieć (struktura heterarchiczna).

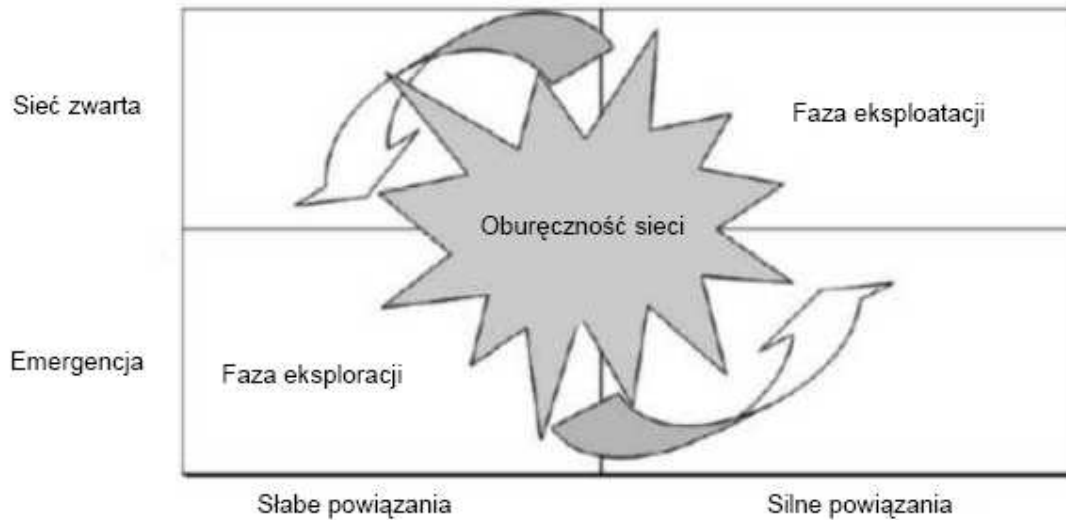
System rynkowy regulowany jest przez *mechanizm cenowy*. Wyjaśnieniem jego funkcjonowania zajmuje się klasyczna mikroekonomia. Na rynku działają przedsiębiorstwa, które zazwyczaj charakteryzują się strukturą hierarchiczną (por. Williamson, 1992; Hendrikse, 2003). Oznacza to, że w organizacji przełożeni wydają polecenia służbowe podwładnym na podstawie wcześniej zawartego kontraktu. Dominującym mechanizmem koordynacji jest tu więc *zwierzchnictwo*.

⁴ Początki procesu innowacji wymagają bodźców słabych. Na etapie realizacji i wdrożenia potrzebne zaś są przede wszystkim bodźce silne.

⁵ Network ambidexterity (ang.).

⁶ Weak ties (ang.).

Rysunek 1: Dynamika strukturalna sieci w procesach innowacyjnych.



Źródło: S. Harryson, S. Kliknaite i M. von Zedtwitz, “How technology – based university research drives innovation in Europe and China”, *Journal of Technology Management in China*, 2008, wprowadzono zmiany.

O ile organizacje są systemami o przewadze relacji pionowych⁷ (co wynika z mechanizmu zwierzchnictwa), o tyle w sieciach dominują relacje poziome, w których strony są równe co do zakresu władzy. Ta jakościowa różnica pozwala Adlerowi mówić o sieciach jako trzecim systemie alokacji dóbr w gospodarce (por. Rysunek 2). Zdaniem badacza system ten szczególnie dobrze reguluje wymianę wiedzy. Warunkiem prawidłowego jego funkcjonowania jest jednak wdrożenie sprawnego mechanizmu koordynacji.

Wyobraźmy sobie dowolną luźną sieć badawczo – rozwojową, w skład której wchodzi naukowcy uniwersyteccy, inżynierowie i menedżerowie przedsiębiorstw. Zadajmy teraz pytanie, kiedy będą oni skłonni wzajemnie dzielić się posiadaną przez siebie wiedzą? Wydaje się, że nastąpi to w sytuacji, gdy będą mogli liczyć na odwzajemnienie⁸ ze strony partnerów. Powiemy wówczas, że w takim środowisku obecne jest *zaufanie*.

Zaufanie zdefiniujemy za Gambettą (1988) jako subiektywne prawdopodobieństwo, według którego gracz *A* ocenia szanse zachowania się *B* w sposób zgodny z przyjętymi przez *A* oczekiwaniami (co do zachowania gracza *B*). Zaufanie sprawia, że informacje

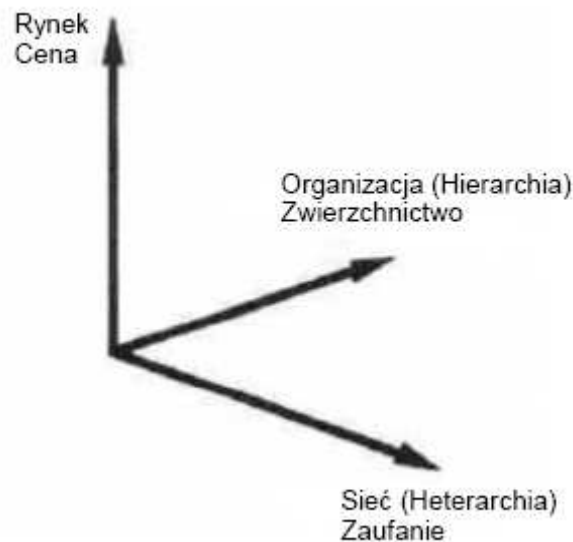
⁷ Relacje, w ramach których jedna ze stron ma większe uprawnienia niż druga strona (por. problem mocodawcy – pełnomocnika).

⁸ Reciprocity (ang.).

wymieniane są chętniej pomiędzy uczestnikami życia gospodarczego (Sako, 1992; Hardin, 2001; Murphy, 2006). Larson (1992), Lorenzoni i Lipparini (1999) wykazują, że w warunkach zaufania zwiększa się globalny poziom przepływów zasobów i wiedzy w sieciach tworzonych przez przedsiębiorców. Tsai i Ghoshal (1998) twierdzą ponadto, że wymieniana wówczas wiedza ma obiektywnie większą wartość (jest kompletna albo unikatowa). Według Fukuyamy (1995) ludzie po prostu wnoszą więcej do współpracy, gdy ufają sobie wzajemnie.

Wszystkie wymienione powyżej czynniki sprawiają, że zaufanie ma fundamentalne znaczenie w procesie innowacji inicjowanym w sieciach luźnych. Rosną wtedy szanse powstania nieszablonowego pomysłu, koncepcji przyszłego wynalazku.

Rysunek 2: Systemy koordynacji w gospodarce wg Adlera.



Źródło: P. Adler, "Market, Hierarchy, and Trust: The Knowledge Economy and the Future of Capitalism", Organization Science, 2001, wprowadzono zmiany.

Wraz ze stopniowym przekształcaniem się sieci luźnej w zwartą (projektową)⁹ obok mechanizmu zaufania pojawia się mechanizm zwierzchnictwa. Wraz z formowaniem się zespołu projektowego dzielone są bowiem uprawnienia i kompetencje. Niektórzy stają się menedżerami, inni skupiają się na badaniach. Powiemy wtedy, że sieć zwarta w celu efektywnej realizacji pomysłu innowacyjnego nabiera cech organizacji. Wyłaniająca się hierarchia charakteryzuje się jednak wysokim stopniem wewnętrznego zaufania, co może znacznie usprawnić jej funkcjonowanie, a także podnosić jakość podejmowanych przez nią

⁹ Porównaj: transformacja Harrysona i zasada oburęczności.

decyzji¹⁰. Wysoki poziom zaufania w takiej organizacji nazwiemy jej *kapitałem społecznym* (Coleman, 1988).

Pozostaje nam zastanowić się, w jaki sposób zaufanie powstaje w luźnej sieci? Aby udzielić odpowiedzi na te pytania, przedstawimy model Cabrala (2005). Rozważmy sieć w procesie innowacji w przedsiębiorstwie. W jej skład wchodzi przedstawiciele nauki i biznesu. Jeden z menedżerów (uczestnik sieci) zatrudniony jest w firmie, która aktualnie pracuje nad obiecującym pomysłem innowacyjnym. Przedsiębiorstwo bliskie jest ukończenia wstępnej koncepcji wynalazku, wciąż jednak nie może rozwiązać kilku bardzo specjalistycznych problemów konstruktorskich. Dlatego menedżer zwraca się z prośbą o konsultację do uznanego eksperta (pracownika uniwersytetu wchodzącego w skład sieci). Ten może udzielić fachowej rady menedżerowi albo odmówić pomocy. Jeśli naukowiec podzieli się swoją specjalistyczną wiedzą, przedsiębiorstwo odniesie korzyść równą 1 a ekspert poniesie koszt alternatywny¹¹ równy r . Naukowiec zachowa się w tak altruistyczny sposób, gdy będzie oczekiwał, że udzielona pomoc zostanie odwzajemniona przez menedżera w przyszłości.

Niech teraz przedsiębiorstwo dzięki wskazówkom eksperta ukończy prace nad wynalazkiem i z sukcesem wdroży nowe rozwiązanie na rynku. Wartość innowacji wyniesie wtedy $1+R$. Przedsiębiorstwo może teraz odwzajemnić się naukowcowi (na przykład poprzez podzielenie się poszukiwaną przez niego wiedzą lub też przeznaczenie części zdobytej nagrody na badania naukowca) albo też zerwać znajomość¹². Pełne odwzajemnienie nastąpi, gdy kompensata będzie miała wartość: $1+r$. Wypłata przedsiębiorstwa wyniesie wówczas $R-r$. Jeśli firma zastosuje strategię zerwania więzi, jej wypłatą będzie wartość innowacji pomniejszona o koszt alternatywny niezrealizowania przyszłych wynalazków dzięki pomocy naukowca. Załóżmy, że wypłata ta równa będzie 1.

Przyjmijmy, że zachodzi następująca nierówność: $0 < R-r < 1$. Opisana gra powtarza się, to jest, menedżer i naukowiec dokonują powyższych wyborów w każdej następującej rundzie. Równowagę, w której ekspert za każdym razem udziela pomocy menedżerowi a ten odwdzięcza się, Cabral nazywa *zaufaniem*.

¹⁰ Ze względu na niższy poziom niepewności co do zachowania członków organizacji bogatej w zaufanie.

¹¹ Dla przykładu: zamiast udzielać rady przedsiębiorstwu naukowiec mógł cieszyć się wycieczką na ryby.

¹² Zakładamy, że zerwanie znajomości jest ostateczne, to jest, nigdy nie dojdzie już do współpracy pomiędzy stronami.

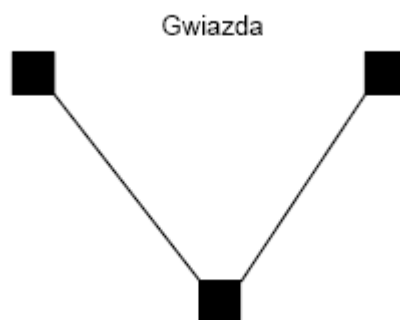
Twierdzenie 1. (Rozwiązanie modelu Cabrała) Zaufanie powstaje pomiędzy dwoma uczestnikami sieci, jeśli prawdziwy jest następujący warunek: $\frac{R-r}{1-\delta} \geq 1$. Równowaga (zaufanie) odtwarza się wtedy w każdej następującej rundzie. Powiemy, że jest stabilna w czasie. $\frac{R-r}{1-\delta}$ ¹³ jest zdyskontowaną wypłatą przedsiębiorstwa, gdy stosuje ono strategię odwzajemnienia.

1.2. Wstępna klasyfikacja sieci

Goyal i Moraga (2000) dzielą sieci na *symetryczne* i *asymetryczne*. W sieciach symetrycznych każdy z uczestników posiada taką samą liczbę powiązań z innymi uczestnikami. W praktyce tak uporządkowane sieci spotykamy niezwykle rzadko. Znacznie ciekawszą propozycją wydaje się zatem koncepcja sieci asymetrycznych, w których uczestnicy charakteryzują się różną liczbą powiązań. Najprostszym przykładem sieci asymetrycznej jest *sieć gwiazdzista* przedstawiona na rysunku 3.

Gwiazda ze względu na swą prostą strukturę bardzo często nie generuje przepływu informacji i wiedzy o wystarczającej dynamice, aby proces innowacyjny mógł zostać zainicjowany. Dlatego też naturalnym miejscem rozwoju innowacji są sieci asymetryczne o bardziej skomplikowanej strukturze. Badacze zajmujący się teorią gier i teorią grafów sieci takie nazywają „małymi światami” (Shang et al., 2006).

Rysunek 3: Sieć gwiazdzista w procesie innowacji.



Źródło: S. Goyal i J. Moraga, “R&D Networks”, European Economic Association conference paper, 2000, wprowadzono zmiany.

¹³ δ to stopa dyskonta.

Na rysunku 4 przedstawiam przykład sieci małego świata. Jest to sieć innowatorów powstała w regionie przemysłowym Cambridge¹⁴ w Wielkiej Brytanii. Sieć obejmuje menedżerów (przedsiębiorstwa technologiczne), naukowców (uniwersytety), doradców biznesowych (firmy konsultingowe), finansistów (fundusze założkowe). Przedsiębiorstwa (uczestnicy sieci) korzystają z wiedzy i zasobów dostępnych wewnątrz sieci. Ma to ogromne znaczenie na etapie formowania się pomysłu wynalazczego. W ramach sieci tworzy się następnie zespół projektowy (sieć zwarta), który przystępuje do realizacji innowacji.

Zwróćmy uwagę, że sieć przedstawiona na rysunku 4 jest asymetryczna. Kolorami zaznaczono na grafie różną liczbę powiązań¹⁵ pomiędzy poszczególnymi graczami. Linia szara przerywana oznacza tylko jedno powiązanie. Linia czerwona odpowiada dwóm powiązaniom, turkusowa trzem a niebieska czterem i więcej powiązaniom.

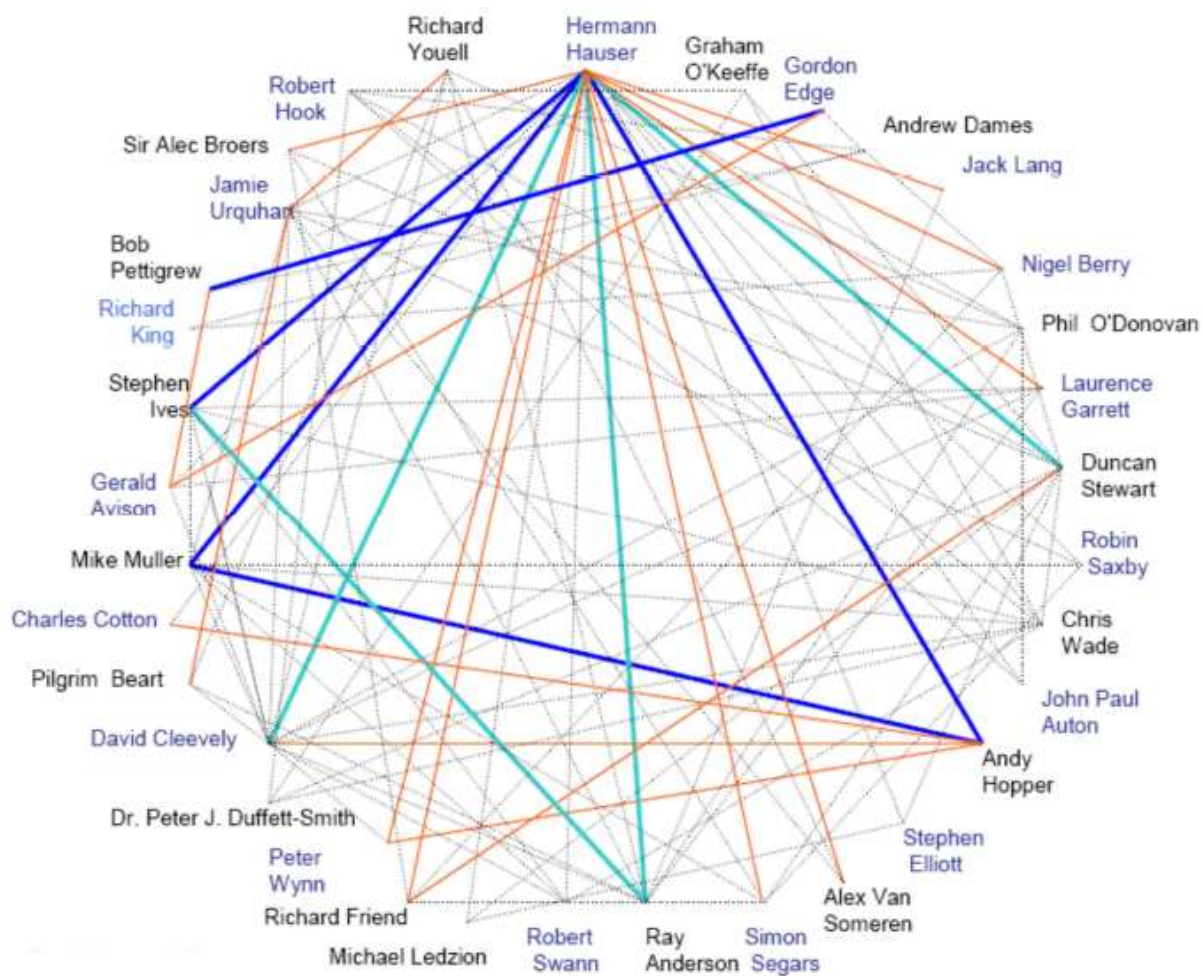
W ekonomii, socjologii czy zarządzaniu spotykamy się najczęściej z sieciami małego świata. Do tej kategorii należą bowiem *sieci społeczne* (Granovetter, 1973) leżące u podstaw wielu wpływowych koncepcji, w tym teorii kapitału społecznego (Coleman, 1988) czy nowoczesnych teorii innowacji (Harryson, 2006).

Dotychczasową dyskusję porządkuje rysunek 5. Wzdłuż osi poziomej (od strony lewej do prawej) wzrasta stopień losowości sieci. Sieć losową opisuje graf, w którym łuki łączące węzły powstają w sposób czysto losowy.

¹⁴ Cambridge Fen albo Cambridge Cluster (ang.).

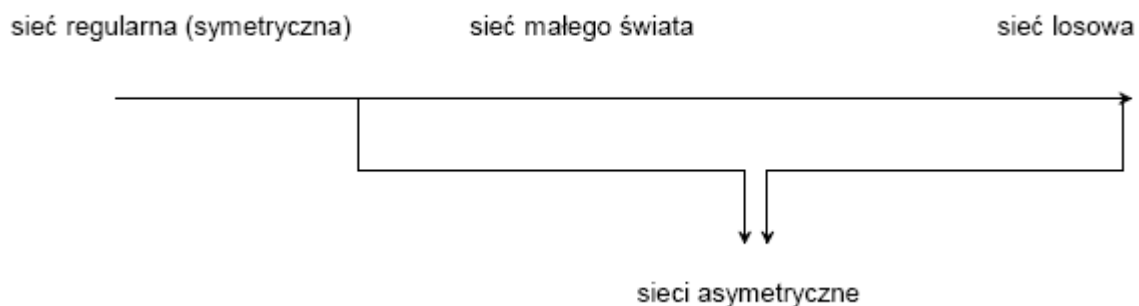
¹⁵ W analizie uwzględniono zarówno powiązania instytucjonalne i osobiste.

Rysunek 4: Sieć małego świata w procesie innowacji.



Źródło: Y. Myint, S. Vyakarnam i M. New, "The effect of social capital in new venture creation: the Cambridge high – technology cluster", Strategic Change, 2005.

Rysunek 5: Klasyfikacja sieci.



Źródło: Opracowanie własne.

1.3. Wpływ sieci społeczno - technologicznych na proces powstawania innowacji

Hipoteza 1. Sieciami społeczno – technologicznymi można zarządzać. Odpowiednio zarządzane sieci wspomagają proces tworzenia innowacji w gospodarce.

Hipoteza 2. Odpowiednie zarządzanie sieciami wymaga rozwiązania wielokryterialnego problemu decyzyjnego ze względu na:

- o optymalny rozmiar sieci,
- o możliwie najwyższą stabilność sieci.

Hipoteza 3. Sieć w procesie innowacji ewoluuje od formy sieci niestabilnej do stabilnej.

Ramowy sposób wyznaczenia optymalnego rozmiaru sieci projektowej przedstawię za Nooteboomem (1999). Niech dana będzie funkcja użyteczności i – tego gracza (i – tego uczestnika zespołu projektowego): $u_i = -c_i t_i n_j + r_i t_j + p_i t_i t_j + m_i n_i + v_i t_j n_j$, gdzie:

- o n_i jest zmienną binarną przyjmującą wartość 1 (gdy i ma wielu partnerów) albo 0, gdy i ma tylko jednego partnera,
- o m_i oznacza wielkość korzyści¹⁶ i z posiadania wielu partnerów,
- o v_i oznacza dodatkową wielkość korzyści i z powodu posiadania przez partnera i wielu partnerów,
- o t_i jest miarą wkładu gracza i ,
- o c_i jest kosztem jednostkowym i związanym z jego wkładem,
- o p_i jest miarą użyteczności i z pracy zespołowej ($p_i = t_i t_j$),
- o r_i jest miarą użyteczności i z wkładu partnera, który wynosi t_j .

Zbiór strategii gracza i przedstawia się w następujący sposób: $S_i = \{(0,0), (0,1), (1,0), (1,1)\}$, gdzie pojedyncza strategia to $s_i = (n,t)$. W grze znajdujemy w szczególności następujące równowagi w strategiach czystych:

- o $s_1 = s_2 = (1,1)$, wzajemna współpraca graczy mających wielu partnerów (\dagger),
- o $s_1 = s_2 = (1,0)$, równowaga dylematu więźnia¹⁷ (λ).

¹⁶ Pozyskanie różnorodnej wiedzy, podział ryzyka, jednoczesne postępy w kilku obszarach.

Zauważmy, że równowagę (\dagger) otrzymamy, gdy $c > p$ (ryzyko negatywnego efektu zewnętrznego w postaci „wycieku wiedzy” zwiększa koszty, które przeważają nad korzyściami z pracy zespołowej). W sytuacji $c < p$ gra kończy się w równowadze Pareto efektywnej (λ). Zwróćmy ponadto uwagę na następujące prawidłowości występujące wraz ze wzrostem liczby partnerów w sieci projektowej:

- (1) zwiększa się liczba źródeł uczenia się,
- (2) ryzyko jest dzielone w coraz większym stopniu,
- (3) wzrasta siła negocjacyjna sieci projektowej w pertraktacjach z podmiotami zewnętrznymi,
- (4) zwiększają się koszty operacyjne projektu (zwiększona konsumpcja zasobów),
- (5) wrasta ryzyko negatywnych efektów zewnętrznych (wypływów wiedzy).

Tendencje (1) – (5) Nooteboom uwzględnił w modelu w następujący sposób. Z powodu występowania efektów (1) – (5) krańcową użyteczność posiadania n – tego partnera przez i – tego gracza opisuje wyrażenie: $du_i(n_i) = y - b(n_i - 1) - an_j$. Efekt netto tendencji (1) – (4) modelowany jest przez składnik: $y - b(n_i - 1)$. Składnik $-an_j$ uwzględnia zaś wpływ (5).

Zapiszmy teraz użyteczność gracza i – tego z posiadania n partnerów. Mamy zatem:

$u_i(n_i) = \sum_{k=0}^{n_i} du_i(k) = n_i(y - an_j) - \frac{bn_i^2}{2}$. Jeśli poszukamy maksimum tej funkcji (różniczkując ją po n_i), otrzymamy regułę optymalnego rozmiaru sieci projektowej w procesie innowacji w

przedsiębiorstwie: $n_i^* = \frac{y - an_j}{b}$. Powiemy wtedy, że n_i^* jest *funkcją reakcji* gracza i

względem n_j . Jeśli teraz wyznaczmy funkcję najlepszej odpowiedzi dla gracza j ,

otrzymamy w równowadze: $n_i^* = n_j^* = \frac{y}{a+b}$.

Naszą analizę pierwszego problemu decyzyjnego (optymalny rozmiar sieci) zakończymy twierdzeniem Nootebooma (1999).

¹⁷ Porównaj: (Rubinstein i Osborne, 1994).

Twierdzenie 2. Optymalny rozmiar sieci projektowej w procesie innowacji w przedsiębiorstwie zależy od trzech czynników. Sieć wykazuje tendencję wzrostową wraz z dodatkowymi korzyściami z posiadania większej liczby partnerów (czynnik y). Sieć taka rośnie jednak coraz wolniej wraz ze zwiększającym się ryzykiem wpływów wiedzy (czynnik a), a także z coraz szybciej malejącą użytecznością krańcową z posiadania nowych partnerów (czynnik b).

Sieć realizująca proces innowacyjny musi być stabilna, aby całe przedsięwzięcie mogło zakończyć się powodzeniem. Pojęcie *stabilności sieci* zdefiniujemy za Jacksonem (2006). Niech $N = \{1, \dots, n\}$ oznacza zbiór graczy tworzących sieć projektową. Niech g będzie zbiorem wszystkich pojedynczych powiązań (powiązanie pomiędzy dwoma dowolnymi graczami, para), to jest, jeśli istnieje powiązanie między i a j ($i, j \in N$), to $ij \in g$. Sieć powstałą po usunięciu jednego powiązania oznaczać będziemy w następujący sposób: $g - ij$. Sieć g^N nazwiemy za Jacksonem (2006) siecią kompletną. Zbiór $G = \{g \subset g^N\}$ zawiera wszystkie sieci możliwe do uformowania z N .

Niech teraz użyteczność gracza i z przebywania wewnątrz sieci dana będzie odwzorowaniem: $u_i : G \rightarrow \mathbb{R}_+$. Wektor $u = (u_1, \dots, u_n)$ przedstawia funkcje użyteczności dla każdego uczestnika sieci. Załóżmy dodatkowo, że $u_i(\emptyset) = 0$. Teraz możemy już zaproponować koncepcję stabilności sieci. Pojęcie to wprowadzili do teorii ekonomii Jackson i Wolinsky (1996), czerpiąc wiele z pracy Myersona (1991).

Twierdzenie 3. (O stabilności parami) Sieć g jest stabilna parami względem struktury preferencji graczy (uczestników sieci), jeżeli:

- (1) $\forall i, ij \in g, u_i(g) \geq u_i(g - ij)$,
- (2) $\forall ij \notin g$, jeśli $u_i(g + ij) > u_i(g)$, wtedy $u_j(g + ij) < u_j(g)$.

Twierdzenie 3 możemy zinterpretować w następujący sposób: sieć projektowa w procesie innowacji w przedsiębiorstwie jest stabilna wtedy i tylko wtedy, gdy poszczególni uczestnicy sieci nie mają racjonalnej motywacji do jej opuszczenia (1), a także nie istnieją bodźce do formowania nowych powiązań wewnątrz sieci (2).

Powróćmy teraz do tezy, według której najlepszym miejscem rozwoju innowacji jest sieć. Otóż, sieć posiada cechę oburęczności, czyli potrafi przechodzić od stadium sieci luźnej

(faza pomysłu innowacyjnego) do zwartej (faza projektu, realizacji). Sieć luźna (o strukturze małego świata) musi być dynamiczna, to jest, powinna jednocześnie tworzyć i przecinać powiązania pomiędzy uczestnikami, aby zapewnić im dostęp do bogatej i różnorodnej informacji. Dzięki temu procesowi sieć nasycza się wiedzą. W konsekwencji rosną szanse powstania nieszablonowego pomysłu, który może być zamieniony w innowację. Dlatego też sieć luźna nie jest (nie powinna być) stabilna.

Co innego odnosi się do sieci zwartej, która powstaje w fazie realizacji przedsięwzięcia badawczo – rozwojowego. Wtedy najważniejszym aspektem zarządzania siecią nie jest generowanie pomysłów, ale ich eksploatacja, efektywne wykorzystanie. Wielkiego znaczenia nabiera wtedy dobra koordynacja. Dlatego też sieć projektowa powinna być stabilna.

2. Studia przypadku

2.1. Wielka Brytania

Businessmen and scientists are sometimes thought to live on different planets but nowadays the links between academia and industry are many and strong (ang.). (Ravilious, 2004, 16)

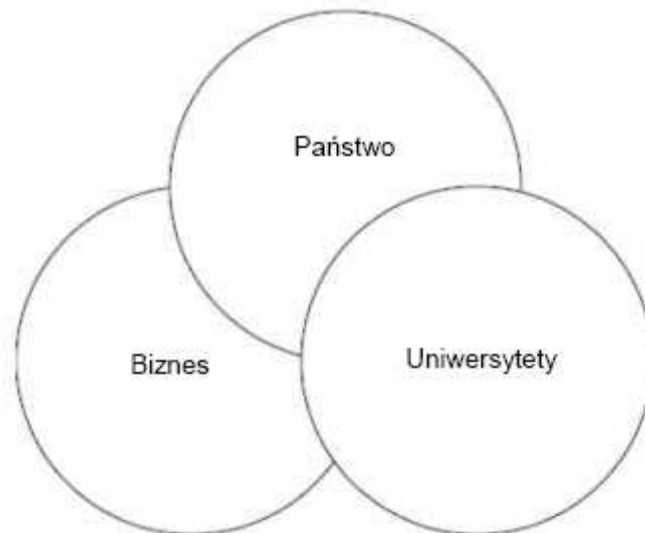
Wielka Brytania jest przykładem państwa, które w sposób świadomy stymuluje rozwój przedsiębiorczości i w systemowy sposób ułatwia współpracę nauki z biznesem. Brytyjskie rozwiązania instytucjonalne przyczyniają się do szybszego tempa powstawania innowacji w gospodarce, a w konsekwencji do jej wyższego wzrostu.

Wielka Brytania wdrożyła specyficzny model współpracy w obszarze edukacji i transferu technologii zwany w literaturze **modelem potrójnie spiralnym** (ang. Triple Helix Model; por. Etzkowitz, 2002). Zakłada on tworzenie wielowymiarowych więzi pomiędzy przedstawicielami świata akademickiego, biznesu i rządu w celu pobudzania brytyjskiej przedsiębiorczości. „Potrójna spirala” jest instytucją sprzyjającą formowaniu się sieci społeczno – technologicznych, które nadają odpowiednią dynamikę procesom innowacyjnym w gospodarce.

Centralne miejsce w modelu brytyjskim zajmuje rządowa agencja EPSRC (ang. The Engineering and Physical Sciences Research Council), która rocznie inwestuje ponad 740 milionów funtów w rozwój brytyjskiej nauki i przedsiębiorczości. EPSRC zarządza czterema programami ukierunkowanymi na zawiązywanie współpracy pomiędzy uniwersytetami a przemysłem. W niniejszym opracowaniu skoncentruję się na jednym z nich, tj. brytyjskim

programie doktorskim zorientowanym na potrzeby przemysłu (ang. **Industrial PhD**). Podobne programy uznawane są w świecie za najlepszą metodę transferu technologii z ośrodków akademickich do biznesu. Poza tym popularność tego typu programu jest znakomitą miarą gęstości sieci społeczno - technologicznych w danym państwie.

Rysunek 6: Potrójnie spiralny model współpracy w obszarze badań i rozwoju.



Źródło: H. Etzkowitz, "The Triple Helix of University – Industry – Government. Implications for Policy and Evaluation", Science Policy Institute, Stockholm, 2002.

Brytyjski program doktorski zorientowany na potrzeby przemysłu, The Engineering Doctorate (w skrócie: EngD), powstał w 1992 roku w związku z wzrastającym zapotrzebowaniem przedsiębiorstw na specjalnie wykwalifikowanych inżynierów. Mieli oni łączyć silne podstawy teoretyczne z unikatowymi umiejętnościami wdrożenia i komercjalizacji technologii.

Uniwersytety oferujące EngD tworzą dziś sieć 20 ośrodków (centrów innowacji) ściśle ze sobą współpracujących. Każde centrum specjalizuje się w określonym obszarze nauki, a także kooperuje z przedsiębiorstwami wykorzystującymi daną dziedzinę wiedzy. Zestawienie ośrodków akademickich tworzących brytyjską sieć innowacyjną zawiera Tabela 1.

Tabela 1: Brytyjska sieć innowacyjna w obszarze edukacji i transferu technologii.

| Uniwersytet | Obszar badań | Liczba uczestników programu EngD |
|---|--|---|
| University of Birmingham | Inżynieria chemiczna, Metalurgia | 63 |
| Universities of Bristol and Bath | Mechanika | 3 |
| Cranfield University | Inżynieria materiałowa | 150 |
| Heriot-Watt University | Fotonika | 18 |
| Imperial College London | Inżynieria bezpieczeństwa, Ocena odporności materiałów | 19 |
| Universities of Edinburgh, Glasgow | Elektronika | 25 |
| Loughborough University | Budownictwo, Inżynieria lądowa | 67 |
| University of Manchester | Inżynieria procesowa, Inżynieria nuklearna | 169 |
| University of Newcastle upon Tyne | Energetyka | 22 |
| University of Southampton | Transport | 51 |
| University of Surrey, Brunel University | Inżynieria środowiska | 162 |
| University of Wales Swansea | Technologia stali, Materiały | 176 |
| University College London | Technologie sieciowe, Sztuczna inteligencja, Informatyka | 198 |
| University of Warwick | Systemy produkcyjne | 107 |

Źródło: Opracowanie własne.

Każde nowo powstające centrum w ramach sieci EngD otrzymuje ze środków EPSRC 3,5 miliona funtów na zorganizowanie programu doktorskiego najwyższej jakości. Każdy student programu pozostaje przez cały czas jego trwania pod opieką dwóch osób, tj. wybranego przez siebie profesora i inżyniera zatrudnionego przez przedsiębiorstwo, w którym student prowadzi badania potrzebne do ukończenia rozprawy doktorskiej. Studenci zobowiązani są spędzić 75% czasu przeznaczonego na naukę w siedzibie firmy, rozwiązując konkretne zagadnienie inżynierskie. Pozostały czas wypełnia uczestnictwo w zajęciach uniwersyteckich, które tworzą wyważoną kompozycję przedmiotów inżynierskich i biznesowych, teoretycznych i stosowanych.

Za najważniejsze zalety EngD w stosunku do zwyczajnych programów doktorskich uważa się (SMA, 2006):

- kształcenie inżynierów ukierunkowanych na tworzenie wynalazków, a jednocześnie rozumiejących realia biznesu,
- wpływ na udrożnienie kanału komunikacyjnego pomiędzy uniwersytetami a przemysłem,
- rozwijanie kontaktów i powstanie wzajemnego zaufania pomiędzy menedżerami a naukowcami,
- efektywniejszy transfer technologii i zintensyfikowana komercjalizacja wyników badań naukowych.

Od momentu powstania program EngD ukończyło 1230 inżynierów (EPSRC, 2007), którzy łącznie współpracowali z 510 firmami działającymi na terenie Wielkiej Brytanii. Na przestrzeni ostatnich 15 lat 3,5% wszystkich doktorantów w dziedzinie technologii i nauk ścisłych zdecydowało się na ścieżkę EngD. Odsetek ten znacznie zwiększył się w ostatnich latach.

EngD uznaje się za rozwiązanie instytucjonalne, które skutecznie umożliwia tworzenie sieci społeczno – technologicznych w gospodarce brytyjskiej. Przyczynia się ono do intensyfikacji relacji pomiędzy przedstawicielami nauki, biznesu i rządu. Doskonale ułatwia dyfuzję informacji oraz wiedzy w społeczeństwie, podnosi w nim także poziom wzajemnego zaufania. Uważa się ponadto, że EngD wywiera pozytywny wpływ na tempo wzrostu gospodarczego Wielkiej Brytanii.

2.2. Polska

W Polsce, pomimo upływu siedemnastu lat transformacji gospodarczej, współpraca uczelni z przedsiębiorstwami w sferze transferu technologii jest nadal w załączkach. (Łącka, 2006, 1)

Polska należy w Europie do grupy krajów „doganiających” (ang. Catching Up Countries) pod względem innowacyjności gospodarki. Od niedawna doceniono w Polsce potrzebę tworzenia i rozwoju więzi współpracy pomiędzy ośrodkami edukacyjnymi i naukowymi a działającymi w kraju przedsiębiorstwami. Wciąż jednak ponad połowa polskich przedsiębiorców (55%) nie widzi potrzeby takiej kooperacji a 38% z nich nie wie, w jaki sposób dotrzeć do ośrodków wiedzy, które chciałyby skomercjalizować wyniki prowadzonych badań naukowych (Łącka, 2006).

Analiza obecnego stanu innowacyjności polskiej gospodarki (por. Łącka, 2006) wskazuje na niski stopień rozwoju sieci społecznych i technologicznych, których uczestnikami byłiby zarówno przedstawiciele świata biznesu, jak i naukowcy. W konsekwencji proces dyfuzji wiedzy i informacji w gospodarce jest utrudniony, co często skutkuje nieefektywnym transferem technologii z ośrodków akademickich do przemysłu.

Łącka na podstawie przeprowadzonych badań (2006) stwierdza, że:

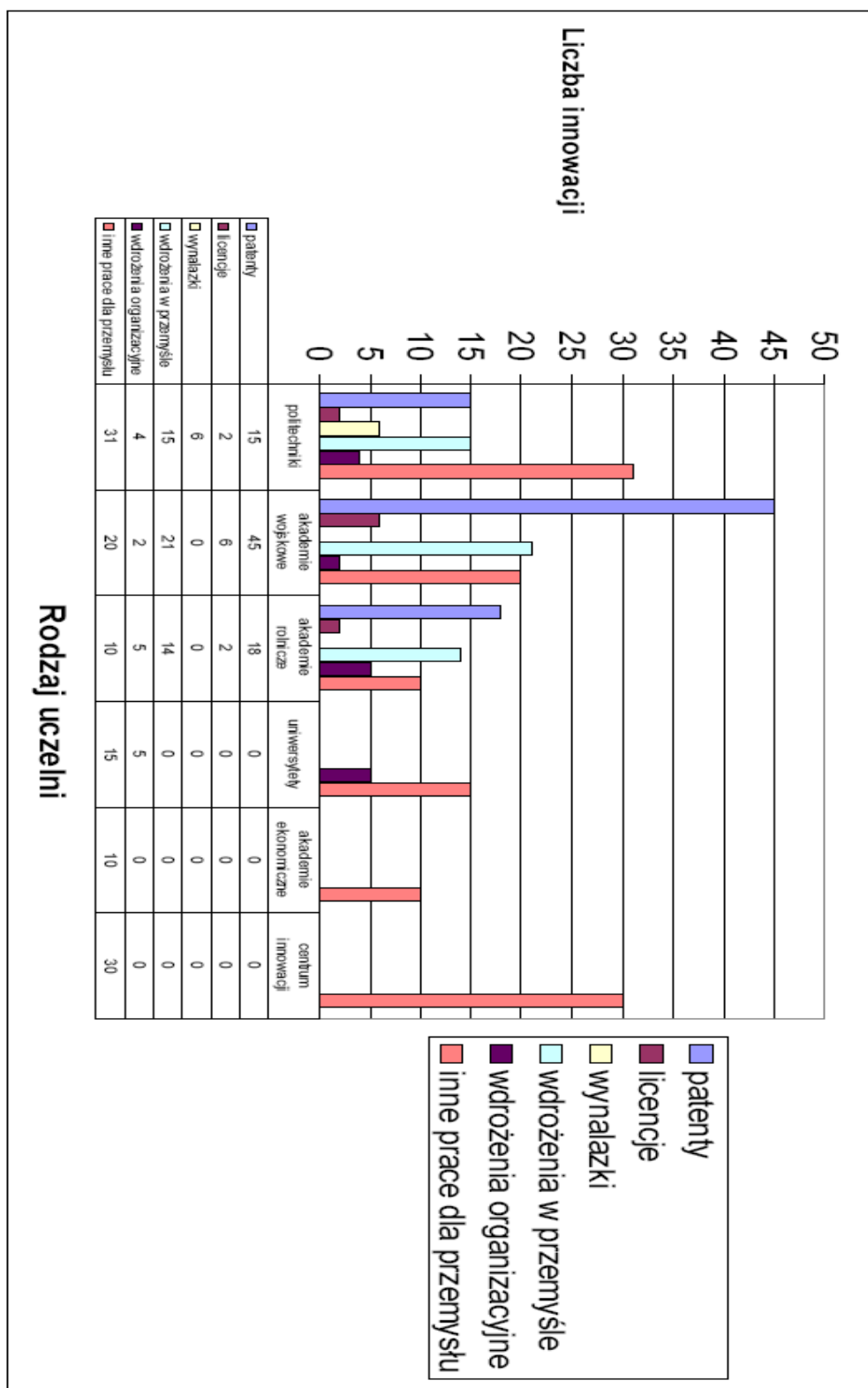
- o większość polskich uczelni nie prowadzi aktywnej współpracy technologicznej z przedsiębiorstwami,
- o znaczna część polskich naukowców nie nawiązuje kontaktów z firmami, nie dąży też do wdrożenia na rynku wyników swoich badań, a także nie ma wystarczających umiejętności i możliwości (organizacyjnych i finansowych), aby to zrealizować.

Badania Łąckiej (2006) pokazują jednak także, że aktywna współpraca nauki z biznesem w strukturach sieciowych jest w Polsce możliwa. Jej wymiernym efektem jest stworzenie w latach 2001 – 2006 **276** różnych zasobów innowacyjnych, które pogrupowane przedstawiono w Tabeli 2.

Pomimo istniejących trudności w nawiązywaniu współpracy pomiędzy sektorem edukacyjnym a przedsiębiorstwami w Polsce, wydaje się, że istnieją realne szanse udrożnienia tego kanału transmisji innowacji w gospodarce. Osiągnięcie tego celu wymagać jednak będzie zaproponowania nowych norm instytucjonalnych, być może podobnych do sprawdzonych już wzorców brytyjskich (por. Podrozdział 2.1.). Efektywna komunikacja naukowców z menedżerami oznaczać też będzie konieczność zastosowania odpowiednich sieciowych technologii informacyjnych.

Zdaniem autora zaprojektowanie skutecznych ram instytucjonalnych, a także nowatorskich narzędzi informatycznych wspomagających zarządzanie sieciami społeczno – technologicznymi stanowić będzie w najbliższych latach jedno z najważniejszych wyzwań polskiej polityki innowacyjnej.

Tabela 2: Zasoby innowacyjne stworzone w Polsce w latach 2001 – 2006 w istniejących sieciach technologicznych.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie: I. Łącka, „Współpraca technologiczna polskich uczelni z przemysłem w świetle badań”, 2006.

Literatura cytowana

- Adler, P. (2001) 'Market, Hierarchy, and Trust: The Knowledge Economy and the Future of Capitalism', *Organization Science*, vol. 12, no. 2.
- Begg, D., Fischer, S., Dornbusch, R. (1999) *Ekonomia: Mikroekonomia*, Warszawa, PWE.
- Cabral, L. (2005) 'The Economics of Trust and Reputation: A Primer', Working Paper.
- Chesbrough, H. (2003) *Open Innovation: the new imperative for creating and profiting from technology*, Harvard Business School Press.
- Christensen, J., Olesen, M. i Kjær, J. (2005) 'The industrial dynamics of Open Innovation – Evidence from the transformation of consumer electronics', *Research Policy*, vol. 34, pp. 1533-1549.
- Coleman, J. (1988) 'Social Capital in the Creation of Human Capital', *American Journal of Sociology*, vol. 94, pp. 95 – 120.
- Etzkowitz, H. (2002) 'The Triple Helix of University – Industry – Government. Implications for Policy and Evaluation', Science Policy Institute, Stockholm.
- Fowles, S. i Clark, W. (2005) 'Innovation networks: good ideas from everywhere in the world', *Strategy & Leadership*, vol. 33, no. 4, pp. 46-50.
- Fukuyama, F. (1995) *Trust: social virtues and the creation of prosperity*, New York, Free Press.
- Gambetta, D. (1988) 'Can we trust in trust?' w: D. Gambetta (1988) *Trust-making and breaking cooperative relations*, New York, Basil Blackwell.
- Goyal, S., Moraga, J. (2000) 'R&D Networks', *European Economic Association Conference Paper*.
- Granovetter, M. (1973) 'The Strength of Weak Ties', *American Journal of Sociology*, vol. 78, no. 6, pp. 1360-1380.
- Hardin, R. (2001) 'Conceptions and explanations of trust' w: R. Hardin (2001) *Trust in society*, New York, Russell Sage Foundation.
- Harryson, S. (2006) *Know-who Based Entrepreneurship: From Knowledge Creation to Business Implementation*, Cheltenham, Edward Elgar Publishing.
- Harryson, S., Klikaite, S. i von Zedtwitz, M. (2008) 'How technology – based university research drives innovation in Europe and China', *Journal of Technology Management in China*, vol. 3, no. 1, pp. 12-46.
- Hellström, T. i Malmquist, U. (2000) 'Networked innovation: developing the AXE110 mini-exchange at Ericsson Journal', *European Journal of Innovation Management*, pp. 181 – 189.

- Hendrikse, G. (2003) *Economics and Management of Organizations: Coordination, Motivation, and Strategy*, New York, McGraw-Hill.
- Henkel, J. (2006) 'Selective revealing in open innovation processes: The case of embedded Linux', *Research Policy*, vol. 35, pp. 953-969.
- Jackson, M., Wolinsky, A. (1996) 'A strategic model of social and economic networks', *Journal of Economic Theory*, vol. 71, pp. 44 – 74.
- Jackson, M., Bloch, F. (2006) 'Definitions of equilibrium in network formation games', *International Journal of Game Theory*, vol. 34, pp. 305 – 318.
- Larson, A. (1992) 'Network dyads in entrepreneurial settings: a study of the governance of exchange relationships', *Administration Science Quarterly*, vol. 37, no. 1, pp. 76 – 104.
- Lorenzoni, G., Lipparini, A. (1999) 'The leveraging of interfirm relationships as a distinctive organizational capability: a longitudinal study', *Strategic Management Journal*, vol. 20, pp. 317 – 338.
- Łącka, I. (2006) 'Współpraca technologiczna polskich uczelni z przemysłem w świetle badań'.
- Murphy, J. (2006) 'Building trust in economic space', *Progress in Human Geography*, vol. 30, no. 4, pp. 427 – 450.
- Myerson, R. (1991) *Game theory: analysis of conflict*, Cambridge, Harvard University Press.
- Myint, Y., Vyakarnam, S. i New, M. (2005), 'The effect of social capital in venture creation: the Cambridge high-technology cluster', *Strategic Change*, vol. 14, pp. 165-177.
- Nooteboom, B. (1999) *Inter-Firm Alliances: Analysis and Design*, London, Routledge.
- Osborne, M., Rubinstein, A. (1994) *A Course in Game Theory*, Cambridge, MIT Press.
- Pittaway, L., Robertson, M., Munir, K., Denyer, D. i Neely, A. (2004) 'Networking and Innovation: a systematic review of the evidence', *International Journal of Management Reviews*, vol. 5/6, pp. 137-168.
- Prügl, R., Schreier, M. (2006) 'Learning from leading-edge customers at The Sims: opening up the innovation process using toolkits', *R&D Management*, vol. 36, no. 3, pp. 237-250.
- Rapoport, A. (1957) 'Contributions to the Theory of Random and Biased Nets', *Bulletin of Mathematical Biophysics*, vol. 19, pp. 257 – 277.
- Ravilious, K. (2004) 'Are you Experienced?' *EPSRC Spotlight*, Summer 2004, pp. 16-19.
- Sako, M. (1992) *Prices, quality and trust: inter-firm relations in Britain and Japan*, Cambridge, Cambridge University Press.

- Sawhney, M. (2002) 'Managing Business Innovation: An Advanced Business Analysis', *Journal of Interactive Marketing*, vol.16, issue 2, p. 26.
- Shang, L., Li, X., Wang, X. (2006) 'Cooperative dynamics of snowdrift game on spatial distance-dependent small world networks', *The European Physical Journal B*, vol. 54, pp. 369 – 373.
- Tsai, W., Ghoshal, S. (1998) 'Social capital and value creation: the role of intrafirm networks', *Academy Management Journal*, vol. 41, pp. 464 – 476.
- Williamson, O. (1992) 'Markets, hierarchies, and the modern corporation: An unfolding perspective', *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol. 17, pp. 335 – 352.
- (2006) 'Review of the Engineering Doctorate Scheme: Stakeholders Survey', *Strategic Marketing Associates*, pp. 1-41.
- (2007) 'Report of a Review of the EPSRC Engineering Doctorate Centres', *EPSRC*, pp. 1-32.

Archiwa internetowe

www.epsrc.ac.uk

www.grad.ac.uk

www.hw.ac.uk