

**KRZYSZTOF KLINCEWICZ\***

Uniwersytet Warszawski

**KONKURENCYJNOŚĆ  
POLSKIEJ BRANŻY INFORMATYCZNEJ  
– ANALIZA BIBLIOMETRYCZNA**

**Abstract: Competitiveness of the Polish IT Industry – Bibliometric Analysis.** The paper presents results of an empirical study, concerning the current status and development perspectives of the Polish computer sciences. Bibliometric techniques, using data from INSPEC database, address the question of whether the interests of Polish researchers correspond to global tendencies in IT-related applied research.

**Wprowadzenie**

Opracowanie dotyczy międzynarodowej pozycji Polski w badaniach informatycznych, w szczególności polskich osiągnięć badawczych w istotnych dla uczestników rynku obszarach badań stosowanych. Bibliometryczna metoda badawcza i analiza ujawnionych przewag technologicznych (ang. *RTA, revealed technology advantage*) pozwalają na międzynarodowe porównania oraz identyfikację polskich przewag i słabości.

Badania osiągnięć poszczególnych krajów w tworzeniu i wykorzystywaniu technologii wymagają wyodrębnienia obszarów badań, produkcji, sprzedaży i użytkowania. Pomocny okazuje się model sektorowego systemu innowacji [2; 15] oraz schemat analityczny sieci techno-ekonomicznej, zaproponowany przez Bella i Callona [1]. Sieć techno-ekonomiczna składa się z sześciu wzajemnie powiązanych „biegunów” [1, s. 75]:

- bieguna nauki (*science pole*),
- bieguna transferu (*transfer pole*),

---

\* Opisane badania zostały sfinansowane przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej.

- bieguna technologicznego (*technological pole*),
- bieguna finansowego (*financial pole*),
- bieguna rozwoju produktów (*development pole*),
- bieguna rynkowego (*market pole*).

Zrozumienie specyfiki narodowego sektora wymaga analizy wszystkich tych biegunów, ujawniającej specyfikę tworzenia i dyfuzji innowacji. Każdy z biegunów powiązany jest z własnymi, najbardziej adekwatnymi metodami pomiaru i wskaźnikami. Przykładowo, bibliometryczne analizy publikacji badawczych pozwalają na zdobycie wiedzy o biegunie nauki, analiza patentów – o biegunie technologicznym, a badania sprzedaży produktów – o biegunie rynkowym. Prezentowane badania koncentrują się na biegunach nauki (aktywności badaczy i wymiernych osiągnięciach w obszarze informatyki) i transferu (tematyce badań stosowanych i ich przydatności dla uczestników rynku informatycznego). Ze względu na specyfikę europejskich regulacji prawnych i ograniczenie możliwości patentowania wynalazków informatycznych, nie jest możliwe przeprowadzenie porównywalnych analiz dla biegunu technologicznego.

## 1. Specyfika branży informatycznej

Branża informatyczna nie opiera się na nauce i badaniach podstawowych w tak dużym stopniu, jak przykładowo branży biotechnologii czy zaawansowanych materiałów. Odkrycia naukowe i nowe sposoby rozwiązywania problemów teoretycznych zwykle nie wywierają istotnego wpływu na, opracowywane przez firmy i wprowadzane na rynek, produkty informatyczne. Rozwój aplikacji tylko pośrednio korzysta z osiągnięć badań podstawowych, a firmy często nie uświadamiają sobie ich znaczenia. Badania indywidualnych producentów oprogramowania pokazują, że procesy budowy kompetencji w obszarach technologicznych opierają się na współpracy z zagranicznymi partnerami-firmami technologicznymi, szkoleniach zawodowych i zdobywaniu doświadczeń przez współpracę z klientami, a transfery wiedzy i technologii z instytucji akademickich mają w tych przypadkach niewielkie znaczenie [5]. Często zachodzi wręcz odwrotna zależność: ważne firmy informatyczne okazują się mieć lepsze rozeznanie w nowych technologiach niż badacze, nawiązując kontakty z uczelniami i instytucjami badawczymi, aby ukierunkować ich działania, pomagać w tworzeniu programów zajęć, szkolić wykładowców i studentów.

Zaawansowane zagadnienia informatyczne, stanowiące przedmiot badań podstawowych, wydają się nie znajdować bezpośredniego zastosowania

w rozwoju oprogramowania, choć w rzeczywistości zależności te są bardziej złożone. Badania naukowe pomagają poszerzać możliwości absorpcji wiedzy i technologii przez firmy [4, s. 28-129], a lektura publicznie dostępnych artykułów opisujących odkrycia badawcze innych podmiotów może wspomóc tworzenie własnych rozwiązań technologicznych [6, s. 973]. Dodatkowo, badania podstawowe w informatyce pozwalają wypracować specyficzne instrumentarium, wykorzystywane przez firmy rozwijające oprogramowanie. Wytwórstwo oprogramowania jest współcześnie raczej rzemiosłem niż sztuką czy działaniami badawczymi, a branża informatyki uległa standaryzacji dzięki narzędziom i technikom, wypracowanym dzięki badaniom naukowym, do których należą:

- metodyki wytwarzania oprogramowania, prowadzące do uporządkowania, a często też standaryzacji procesu twórczego, usprawniając jego przebieg i umożliwiając współpracę w ramach zespołów programistycznych zamiast ryzykownego oparcia na pracy programistów-„wirtuozów”;
- narzędzia programistyczne, usprawniające kodowanie, wspierające wielokrotne wykorzystywanie fragmentów rozwiniętego kodu programów oraz pozwalające na relatywnie szybki rozwój oprogramowania przez wykorzystanie gotowych „klocków”.

Przemysł informatyczny korzysta z dorobku nauki, utrwalonego w wyższych technikach i narzędziach, a niektóre osiągnięcia badań podstawowych znajdują zastosowanie w kolejnych wersjach platform programistycznych, choć nie muszą być tego świadomi ich użytkownicy – indywidualni programiści. Oferowane na globalnym rynku oprogramowanie komputerowe w znacznej części nie odwołuje się bezpośrednio do nowatorskich algorytmów czy innego dorobku badaczy. Produkty informatyczne postrzegane jako innowacyjne wyróżniają się zwykle oryginalnością zastosowań technologii: nowymi funkcjami programów, odniesieniem do specyficznych potrzeb użytkowników lub udoskonaleniem sposobu obsługi aplikacji. Wiele spośród tych produktów, postrzeganych jako przełomowe, to w rzeczywistości innowacje marketingowe a nie produktowe, w których istniejące rozwiązania technologiczne zostały zaoferowane nowym grupom użytkowników, często pod oryginalną nazwą [11]. Dodatkowo, ze względu na ograniczone możliwości ochrony własności intelektualnej przez producentów oprogramowania, można zaobserwować proliferację produktów, stanowiących bezpośrednie odpowiedniki – są to albo imitacje popularnego rozwiązania, albo jego adaptacje dla nowych platform systemowych czy warunków licencjonowania [7].

Istnieją również rozwiązania informatyczne, powstałe dzięki oryginalnej konceptualizacji określonych problemów badawczych – jednak stanowią one tylko nieznaczny odsetek oferowanego na globalnym rynku oprogramowania. Znane przykłady obejmują: wyszukiwarkę stron internetowych firmy Google (opartą na metodzie indeksowania stron, opracowaną przez założycieli firmy w ramach studiów informatycznych na Uniwersytecie Stanford), program wspierający analizę procesów gospodarczych ARIS (stworzony przez zespół badawczy, skupiony wokół profesora niemieckiego Uniwersytetu Saarsbrücken) oraz platformę wirtualizacji Xen (powstała w ramach programu badawczego na Uniwersytecie Cambridge, a później przekazaną firmie odpryskowej). Badania akademickie prowadzą często do stworzenia rozwiązań potencjalnie przydatnych praktykom, jednak nie zauważanych przez firmy informatyczne [7, s. 23].

Największe skupisko firm zaawansowanych technologii w Dolinie Krzemowej powstało na bazie ośrodka akademickiego Uniwersytetu Stanford [3, s. 229-233], a duże przedsiębiorstwa informatyczne i elektroniczne w Stanach Zjednoczonych i Japonii aktywnie współpracują z uczelniami, prowadząc wspólne programy badawcze [13, s. 6] i łącząc w ten sposób elementy badań i rozwoju oprogramowania – jednak znaczna część firm informatycznych na świecie nie uczestniczy w takich inicjatywach i prawdopodobnie nie dostrzega ich potencjalnych korzyści.

## 2. Problem badawczy

Rozbieżności między środowiskiem akademickim a firmami informatycznymi sprowadzają się do odmiennych zainteresowań teoretycznym tworzeniem algorytmów i praktyczną umiejętnością sprawnego kodowania. Te pierwsze przydają się niektórym spośród największych firm informatycznych, które obok armii szeregowych programistów zatrudniają też badaczy, wyznaczających nowe kierunki rozwoju produktów. Odgrywają oni rolę łączników z otoczeniem (ang. *boundary-crossing individuals*) [19], korzystając z osiągnięć badawczych i współpracy ze środowiskiem akademickim. Większość firm informatycznych potrzebuje jednak raczej „rzemieślników”, zatrudniając w takim charakterze absolwentów studiów informatycznych i rozwijając ich kompetencje w obszarze kodowania i zarządzania projektami.

Korzystaniu z osiągnięć badawczych nie sprzyja dodatkowo usługowa, a nie produktowa orientacja firmy [8, s. 195-198]. Wiele spośród największych polskich firm informatycznych specjalizuje się we wdrażaniu cudzych produk-

tów technologicznych i dostosowywaniu ich do wymagań klientów, a nie tworzeniu własnych technologii. W takich przypadkach obok umiejętności programistycznych, równie ważne są kompetencje psychospołeczne i umiejętność zarządzania projektem – a wielu specjalistów, zatrudnionych przez firmy usług informatycznych, nie zdobyło nigdy formalnego wykształcenia w tej dziedzinie. Jest to szczególnie częsty przypadek w Polsce. Uzasadnieniem takiej sytuacji jest dominujący udział amerykańskich dostawców technologii w światowej branży informatycznej – ich produkty są akceptowane jako standardy branżowe, których wdrożeniami zajmują się firmy z innych krajów.

Można spotkać się czasami z opinią, że kształceni w naszym kraju eksperci od informatyki, po ukończeniu studiów, nie będą mieli okazji do wykorzystania specjalistycznej wiedzy w pracy zawodowej dla polskich firm. Zwycięzcy międzynarodowych konkursów programistycznych mają posiadać umiejętności, które nie są niezbędne w „rzemieślniczej” pracy w branży, podczas gdy może im brakować praktycznych doświadczeń wdrożeniowych, istotnych dla lokalnych pracodawców. Trudno o jednoznaczną odpowiedź na takie sugestie, jednak prezentowane opracowanie stanowi próbę analizy tematyki badań naukowych w obszarze informatyki i ich związku z potrzebami branży.

Badania akademickie i teoretyczne zainteresowania pracowników uczelni wyższych i instytutów badawczych nie zawsze są powiązane z tematyką istotną dla firm informatycznych. Przykładowo, rynek informatyczny podlega dynamicznym przemianom – zmienia się popularność poszczególnych technologii i rozwiązań w odpowiedzi na potrzeby klientów, pojawiające się mody (nazywane w odniesieniu do systemów informatycznych „wizjami organizowania” [18; 9] i przelomowe innowacje. Przedsiębiorstwa podążają za tymi przemianami, inwestując w rozwój wiedzy, zdobywanie umiejętności i dostępu do technologii w nowych obszarach – podczas gdy badacze akademicy mogą nie dostrzegać wielu ważnych tendencji w branży i nie reagować na nie w swoich badaniach. Badania naukowe dotyczące oprogramowania będą postrzegane jako interesujące dla firm informatycznych tylko wtedy, gdy będą dotyczyły zagadnień istotnych dla firm w danym okresie – ale powinny również wskazywać nowe możliwości wykorzystywania technologii i wykraczać poza doraźne potrzeby uczestników branży [12].

Prezentowana praca koncentruje się na analizie wyników badań naukowych w obszarze informatyki, w szczególności badań stosowanych, dotyczących tematów interesujących komercyjnych uczestników rynku. Polska należy do grona krajów bardzo aktywnych w tworzeniu i kodyfikacji wiedzy

naukowej z dziedziny informatyki. Porównanie wymiernych osiągnięć Polski i innych krajów pozwoli ocenić, czy aktywność rodzimych badaczy koncentruje się na obszarze badań podstawowych czy stosowanych. Dodatkowo pozwoli ono stwierdzić, czy w przyszłości możemy oczekiwać, że w naszym kraju powstaną firmy informatyczne, bazujące na osiągnięciach naukowych wybranych ośrodków akademickich (firmy odpryskowe lub korzystające z transferu technologii, rozwiniętych na uczelniach) – czy polskie ośrodki badań informatycznych prowadzą działania, które mogą w przyszłości zaowocować wypracowaniem przydatnych firmom technologii, w skrócie: czy będzie co transferować. Prezentowane analizy są fragmentem projektu badawczego, dotyczącego pozycji międzynarodowej i perspektyw rozwoju polskiego sektora informatycznego. Są bezpośrednią kontynuacją prezentowanych wcześniej analiz geograficznej dystrybucji wiedzy informatycznej oraz identyfikacji kluczowych ośrodków badawczych w Polsce [10].

### 3. Metoda badawcza

Badania opierają się na metodzie bibliometrycznej, analizującej liczbę publikacji w danych obszarach tematycznych (zwykle artykułów naukowych lub patentów). Orientacja badawcza odwołuje się do technik, proponowanych przez badaczy z Georgia University of Technology, Portera i Cunnighama pod nazwą *tech mining* [17], pozwalających nie tylko na pomiar, ale też eksplorację danych, w tym analizy relacji między aktorami sceny innowacji i rodzajami technologii. Analiza występowania pojedynczych słów kluczowych i pojęć w publikacjach technicznych jest również znana jako tzw. *co-word analysis* [1]. Analogiczne podejście badawcze było wykorzystywane wcześniej w studiach innych branż [14] oraz porównywalnych badaniach sektora oprogramowania w krajach azjatyckich [12].

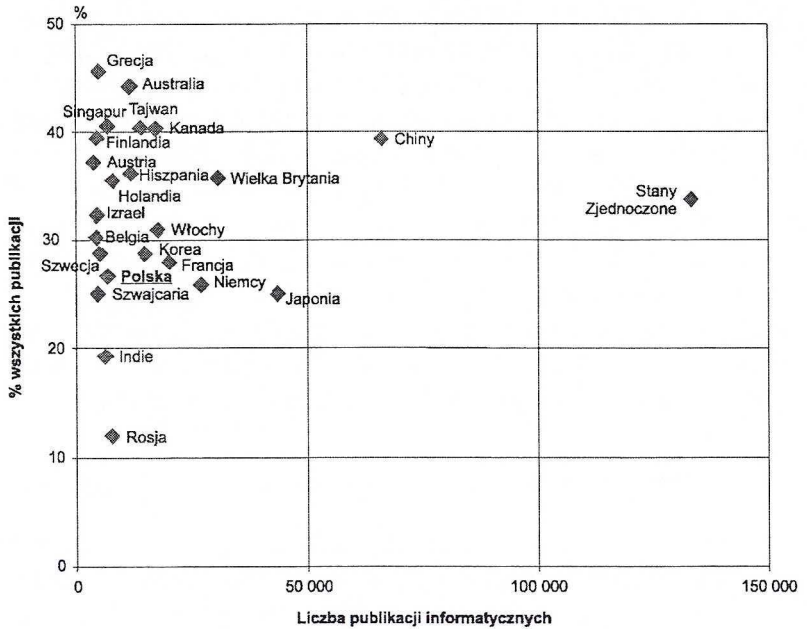
Dane do analizy zostały pobrane z bazy INSPEC, gromadzącej streszczenia i opisy recenzowanych artykułów i wystąpień konferencyjnych w obszarze nauk technicznych. INSPEC jest uważany za najbardziej reprezentatywną kolekcję osiągnięć badawczych z dziedziny informatyki [16]. Jego istotną zaletą jest gromadzenie nie tylko publikowanych w magazynach akademickich artykułów, które przechodzą przez długi cykl recenzji, ale też wystąpień konferencyjnych, dobrze odzwierciedlających aktualne zainteresowania badaczy. Dane pobierane z bazy INSPEC mogą być analizowane na podstawie licznych zmiennych, opisujących poszczególne artykuły, w tym: tematykę, nazwiska

autorów, ich afiliacje, kraje pochodzenia i występowanie słów kluczowych. Dane zgromadzono przez zapytania do bazy INSPEC, zawierających wybrany kraj jako miejsce pracy autora (*Author Affiliation*) oraz kod klasyfikacji (*Classification Code*) „C” (odpowiadający informatyce oraz powiązany z nią badaniami matematycznym, które można określić jako badania podstawowe). Zapytania sformułowano dla 5 lat (2000-2004) – przyczyną wyboru tej względnie krótkiej perspektywy są dramatyczne przemiany globalnej branży informatycznej. Wyniki badań stosowanych sprzed 10 lat mogą dziś nie mieć już wartości praktycznej – a analizowany okres 2000-2004 charakteryzuje dominacja systemu Microsoft Windows jako platformy dla przedsiębiorstw oraz dynamiczny rozwój Internetu i aplikacji mobilnych, podczas gdy te tematy nie były dostatecznie interesujące dla badaczy przed rokiem 2000.

#### **4. Polskie i międzynarodowe badania informatyczne**

Prezentację wyników badań rozpoczyna ogólne porównanie publikacji związanych z oprogramowaniem, pochodzących z różnych krajów świata. Ryc. 1 prezentuje osiągnięcia badawcze 24 najaktywniejszych krajów, zestawiając liczbę artykułów informatycznych z ich udziałem we wszystkich publikacjach technicznych danego kraju (odpowiadającym względnemu znaczeniu tej tematyki). W międzynarodowym rankingu publikacji informatycznych Polska zajmuje 16 miejsce (6586 artykułów), opublikowanych w latach 2000-2004. Znaczenie informatyki dla nauk technicznych w Polsce jest jednak względnie niższe niż w wielu krajach o zbliżonych pozycjach w tym rankingu – tylko 26,67% polskich publikacji w bazie INSPEC dotyczy oprogramowania. Opisywany powyżej sposób gromadzenia danych do analizy prowadzi do klasyfikowania jako artykułów informatycznych także specjalistycznych publikacji innych dziedzin nauki, które opisują wykorzystywanie technik komputerowych do symulacji lub przetwarzania danych – niski wskaźnik oznacza więc jednocześnie ograniczone zastosowanie wsparcia informatycznego przez polską naukę.

Kolejny etap analiz dotyczy porównania osiągnięć naukowych z wartością rynku informatycznego – biegunów nauki i rynkowego w opisywanym wcześniej modelu sieci techno-ekonomicznej. Takie zestawienie pozwoli dostrzec różnice w zaangażowaniu w procesy tworzenia wiedzy technicznej i wykorzystywania jej do celów komercyjnych. Należy pamiętać, że wartość rynku informatycznego w danym kraju uwzględnia nie tylko sprzedaż firm lokalnych, ale przede wszystkim import oprogramowania największych globalnych produ-



Ryc. 1. Liczba publikacji informatycznych a ich udział we wszystkich publikacjach technicznych kraju

Źródło: Obliczenia własne na podstawie bazy INSPEC. (ryc. 1, 3-15).

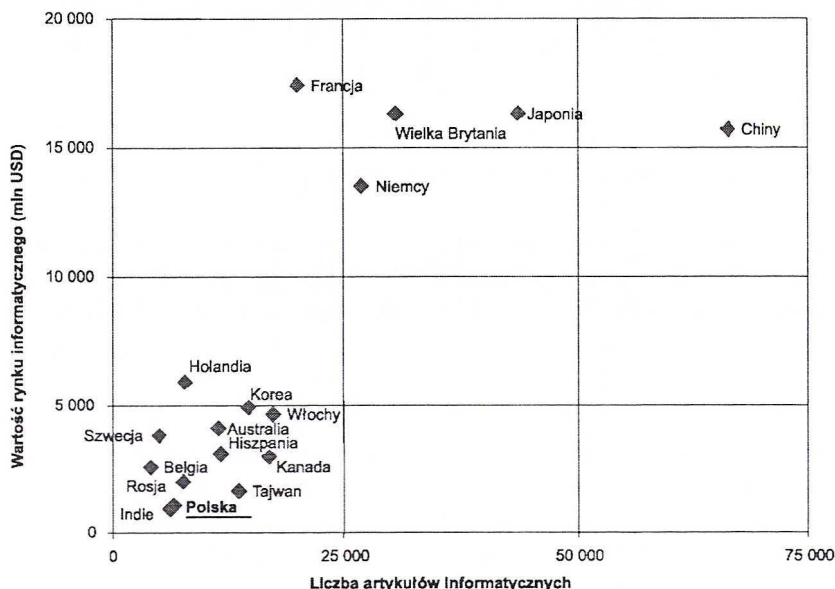
centów (głównie amerykańskich), nie może więc być traktowana jako wyznacznik sukcesu komercyjnego lokalnie rozwijanych technologii, demonstrując jedynie skalę adopcji technologii informatycznych. Dane o wartościach rynku informatycznego w poszczególnych krajach pochodzą z raportów firmy analitycznej Datamonitor i dotyczą roku 2006 (ryc. 2). Zaobserwowano wysoką korelację między wartością rynku a liczbą artykułów (wskaźnik korelacji 0,94) co sugeruje występowanie równowagi między tworzeniem wiedzy informatycznej a konsumpcją pochodnych produktów. Niektóre kraje istotnie odbiegają jednak od tej proporcji. Iloraz średniej liczby artykułów informatycznych w każdym roku z analizowanych 5 lat oraz wartości rynku informatycznego wskazuje, ile artykułów przypada na jeden milion USD wartości sprzedanego oprogramowania w danym kraju. Wskaźnik ten dla Polski wynosi 1,22 i jest bardzo wysoki, świadcząc o dominacji bieguna naukowego nad biegunem rynkowym sieci techno-ekonomicznej. Polskę przewyższają Indie (1,36) i Tajwan (1,66), ale bardziej rozwinięte technologicznie kraje utrzymują korzystniejsze proporcje

między badaniami a wykorzystywaniem technologii (np. Francja: 0,23; Holandia: 0,27; Stany Zjednoczone: 0,34; Wielka Brytania: 0,37; Niemcy: 0,40; Japonia: 0,54; Korea: 0,59; Rosja: 0,77; Chiny: 0,84).

Baza INSPEC oferuje własny system klasyfikacji artykułów na podstawie tematyki badawczej – przez odwołanie się do alfanumerycznego kodu można więc zidentyfikować na wysokim poziomie ogólności zagadnienia opisywane w artykule. Aktywność badawczą poszczególnych krajów w obszarach badań stosowanych można więc analizować w rozbiciu na badania dotyczące:

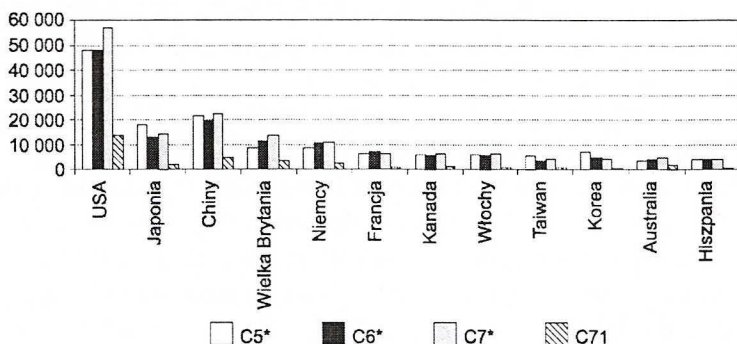
- sprzętu komputerowego i oprogramowania wspierającego jego wykorzystanie (kod C5),
- programowania (kod C6),
- aplikacji użytkowych (kod C7),
- podzbioru aplikacji użytkowych, dedykowanych dla biznesu (kod C71).

Ze względu na możliwość przypisania do tego samego artykułu kilku kodów w bazie INSPEC, wartości uzyskane dla poszczególnych kodów nie mogą być sumowane. Ryc. 3 i 4 prezentują liczby artykułów z analizowanych krajów, do których przypisano poszczególne kody. Udziały omawianych ob-

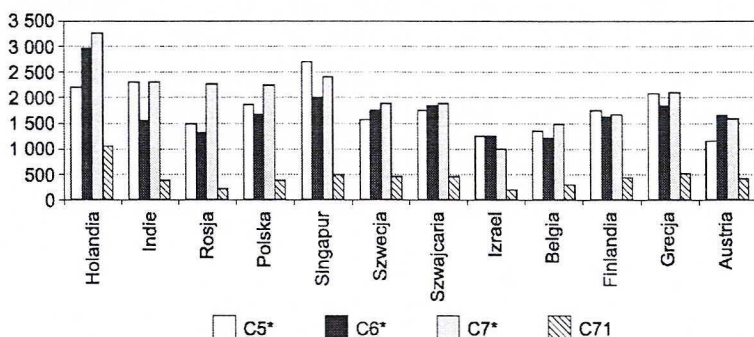


Ryc. 2. Liczba publikacji informatycznych a wartość rynku informatycznego

Źródło: Obliczenia własne na podstawie bazy INSPEC i raportów Datamonitor.



Ryc. 3. Liczba publikacji informatycznych w wybranych obszarach tematycznych



Ryc. 4. Liczba publikacji informatycznych w wybranych obszarach tematycznych

szarów tematycznych w polskich badaniach pozostają na poziomach niższych niż dla większości krajów zachodnich. 28,33% polskich publikacji dotyczyło sprzętu komputerowego (C5), 25,24% – programowania (C6), 34,16% – aplikacji (C7) i 5,72% – aplikacji biznesowych (C71). Dla porównania, niemieckie wyniki to: 31,36% dla C5, 40,49% dla C6, 41,15% dla C7 i 9,19% dla C71.

Analiza liczby publikacji sugeruje istotną międzynarodową pozycję Polski w badaniach informatycznych – ujawniając jednocześnie nacisk na badania podstawowe a nie stosowane. Polska wykazuje silniejszą koncentrację na badaniach naukowych niż większość krajów zachodnich, o czym świadczą relacje między liczbą publikacji a sprzedażą produktów informatycznych na lokalnym rynku. Jednocześnie przegląd liczby artykułów należących do poszczególnych typów badań stosowanych świadczy o dominującym, wśród polskich publikacji, znaczeniu badań podstawowych.

Należy podkreślić, że analizy bibliometryczne nie utożsamiają ilości z jakością w przypadku publikacji badawczych. Opracowany ranking nie opiera się na znaczeniu publikacji w rozwoju danej dziedziny (zwykle mierzonym liczbą odwołań do nich, cytatów w innych pracach), koncentrując się tylko na mierzeniu ich liczby. Inne badania dowiodły, że podobne analizy mogą prowadzić do niewłaściwych wniosków, dotyczących roli instytucji badawczych danego kraju w globalnym rozwoju określonych technologii [20] – artykuły i wystąpienia konferencyjne mogą być mało oryginalne, autorzy mogą wielokrotnie publikować ten sam tekst, a jego zawartość nie tylko nie będzie cytowana przez innych, ale w skrajnym przypadku może nawet spotkać się z powszechną krytyką. Dodatkowo, bazy artykułów z oczywistych względów nie obejmują wszystkich możliwych publikacji – chociaż baza INSPEC jest uważana za najbardziej reprezentatywną w omawianej dyscyplinie, gromadzi głównie magazyny i konferencje z krajów anglojęzycznych. O wiele ważniejsze dla badaczy branż technologicznych będą więc informacje o procentowych udziałach publikacji na analizowany temat lub zmianach liczby publikacji w czasie.

## 5. Tematyka badań stosowanych

Dalsze analizy dotyczą zróżnicowania tematycznego prowadzonych badań stosowanych, których wyniki są najbardziej podatne na transfer technologii i ewentualną komercjalizację. Wyzwaniem metodologicznym jest prawidłowa identyfikacja badań, należących do poszczególnych obszarów. W badaniach bibliometrycznych opiera się ona zwykle na występowaniu słów kluczowych w opisach lub streszczeniach artykułów – jest to wspomniana wcześniej technika *co-word analysis*.

Porównano aktywność w poszczególnych krajach dla wybranych obszarów badawczych, wyodrębnionych na podstawie specjalistycznej literatury. Do każdego obszaru przypisano listę słów kluczowych (hasel i ich odmian, dodatkowo poddanych lematyzacji), a następnie wyszukano w informatycznym podzbiorze bazy INSPEC dokumenty, zawierające w tytule lub streszczeniu wskazane terminy, w rozbiciu na poszczególne analizowane kraje. Artykuły mogą jednocześnie należeć do kilku obszarów, stosowana metoda może też zawieść w przypadku słów stosowanych w innym niż oczekiwany kontekście, jednak wydaje się pozostawać jedynym adekwatnym sposobem analizy dziesiątków tysięcy artykułów, dostępnym dla indywidualnych badaczy. Analizę przeprowadzono dla 21 obszarów – w pracy zostaną zapre-

zentowane szczegółowe wyniki dla dziesięciu najważniejszych spośród nich. Tabela 1 charakteryzuje te obszary, wskazując również przykładowe słowa kluczowe, które wykorzystano do identyfikacji artykułów.

W przypadku analiz poszczególnych obszarów badawczych i technologii, same liczby artykułów tworzonych na dany temat nie ujawniają znaczenia tej tematyki w kraju ani na skalę międzynarodową. Dla lepszego zrozumienia pozycji analizowanych krajów w poszczególnych obszarach badawczych oraz identyfikacji ich przewag i słabości, obliczono wskaźniki RTA (ujawnionej przewagi technologicznej, ang. *revealed technological advantage*). Analiza RTA nawiązuje do teorii przewag komparatywnych w handlu międzynarodowym, postulującej koncentrację poszczególnych krajów – partnerów wymiany na obszarach,

Tabela 1

Charakterystyka analizowanych obszarów informatycznych badań stosowanych

| Obszar badań                        | Charakterystyka  | Przykładowe słowa kluczowe  |
|-------------------------------------|--|---|
| Projekty informatyczne              | Zarządzanie projektami rozwoju i wdrażania oprogramowania                | design*, project manag*, metodolog*, maintenance, implement*, test*, SOA  |
| Rozwój aplikacji                    | Tworzenie i doskonalenie oprogramowania                                  | programming, develop*, Java, PHP, Eclipse, C#, script*, object-orient*, API, XML, user interface*                                 |
| Internet                            | Technologie sieci Internet   | Internet, www, web, HTML  |
| E-business i portale                | Rozwiązania do prezentacji treści i prowadzenia transakcji w Internecie  | e-business, e-commerce, electronic business, B2B, B2C   |
| Web 2.0                             | Internet „nowej generacji”, wspierający tworzenie relacji międzyludzkich | RSS, podcast*, blog*, instant messa*, VIP, P2P, peer-to-peer, AJAX, RDF, semantic network   |
| Bezpieczeństwo                      | Ochrona danych i systemów  | encrypt*, digital signatur*, virus, spyware, intrusion, biometric*, VPN, PKI  |
| Multimedia                          | Przetwarzanie obrazu, dźwięku i mowy, gry i wirtualna rzeczywistość      | content, multimedia, video, image, 3D, sound, speech, gam*, virtual reality   |
| Systemy dla przedsiębiorstw         | Rozwiązania dla przedsiębiorstw, w tym systemy ERP, CRM i SCM            | ERP, enterprise resource, SCM, supply chain, CRM, business process*, XBRL, insurance, banking                                     |
| Eksploracja danych                  | Kompleksowe wyszukiwanie i analiza danych                                | business intelligence, data mining, knowledge discovery, search*, retriev*, index*, artificial intelligence, knowledge management |
| Projektowanie wspierane komputerowo | Opracowywanie projektów urządzeń technicznych                            | CAD   |

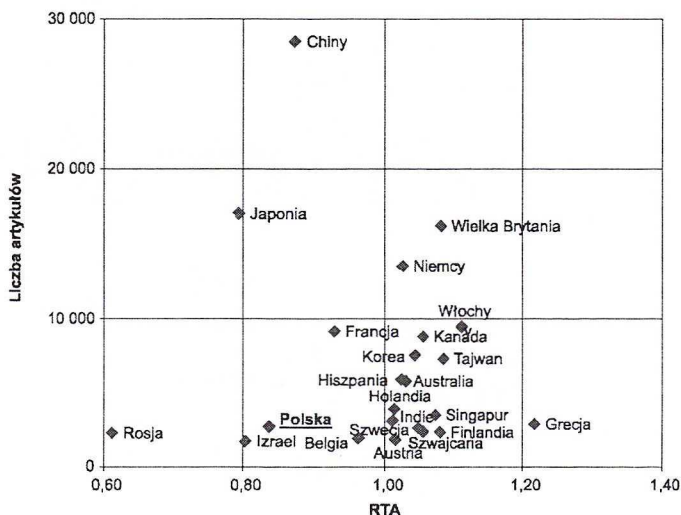
Źródło: Opracowanie własne

stanowiących ich względne przewagi w porównaniu z globalną produkcją. W przypadku technologii, analizie podlegają publikowane artykuły techniczne lub zdobyte patenty. Najczęściej jest stosowana formuła obliczania RTA to:

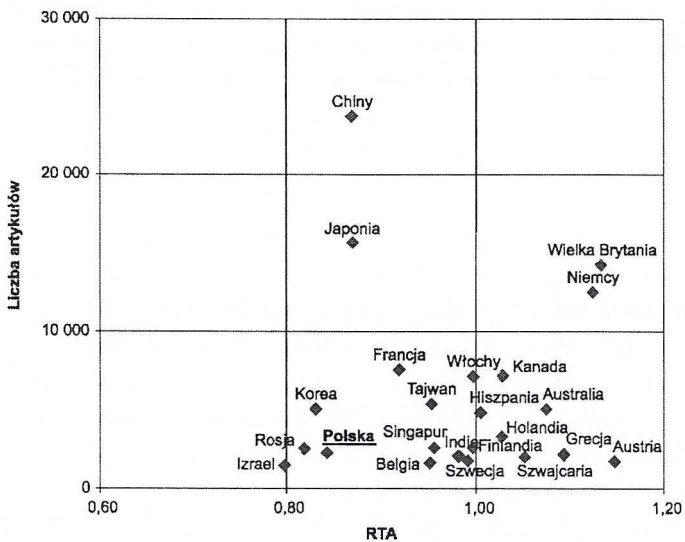
$$RTA = \frac{(P_{ij} / \sum_j P_{ij})}{(\sum_j P_{ij} / \sum_j \sum_j P_{ij})}$$

gdzie:  $P_{ij}$  – liczba publikacji w obszarze  $i$  napisana w kraju  $j$ .

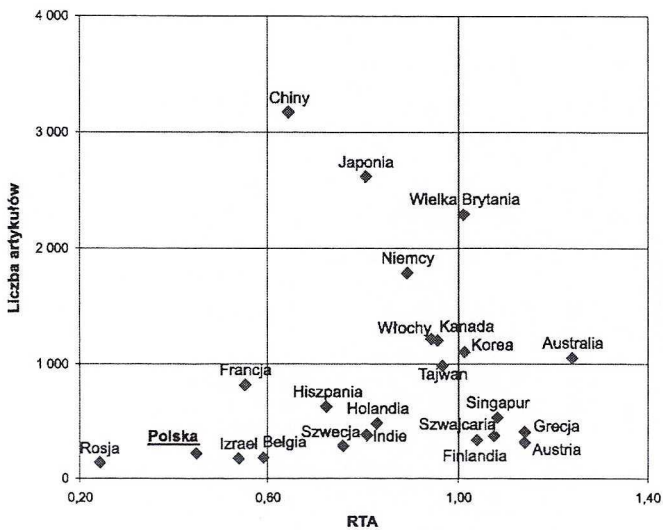
Wartość RTA powyżej 1.0 oznacza istnienie przewagi komparatywnej – z kolei wartość indeksu poniżej jedności symbolizuje słabość analizowanego podmiotu. Kolejne ryciny (5-14) prezentują międzynarodowe porównania indeksów RTA i liczby artykułów, związanych z dziesięcioma analizowanymi obszarami badań stosowanych. Dla większości obszarów, analiza RTA ujawniła słabości polskiej nauki – względna przewaga polskiego dorobku badawczego widoczna jest tylko w obszarze projektowania wspieranego komputerowo (CAD). Alarmujące są z kolei polskie słabości w obszarach związanych z najnowszymi technologiami, zwłaszcza przeznaczonymi dla przedsiębiorstw i szczególnie podatnymi na transfer i komercjalizację (należą do nich: badania sieci Internet, powiązanych z nią technologii portalowych i handlu elektronicznego oraz bezpieczeństwa danych i sieci komputerowych).



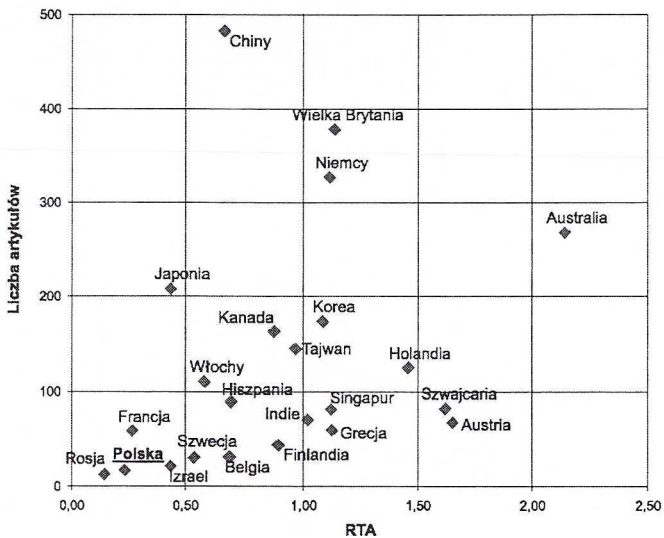
Ryc. 5. Liczba publikacji informatycznych i RTA dla obszaru 'Projekty informatyczne'



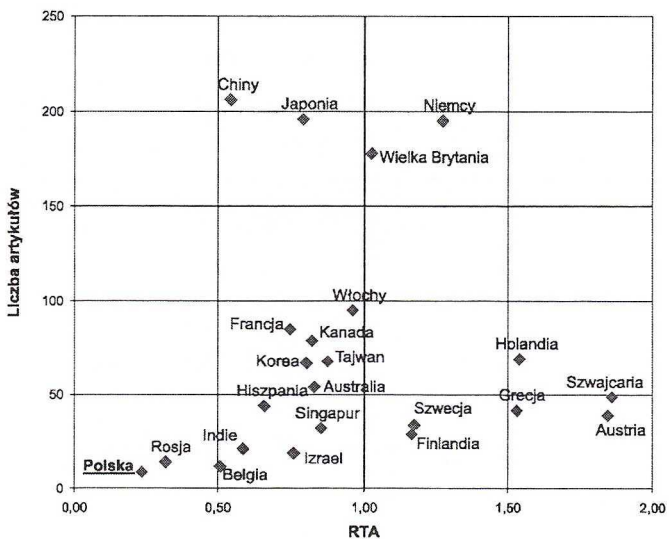
Ryc. 6. Liczba publikacji informatycznych i RTA dla obszaru 'Rozwój aplikacji'



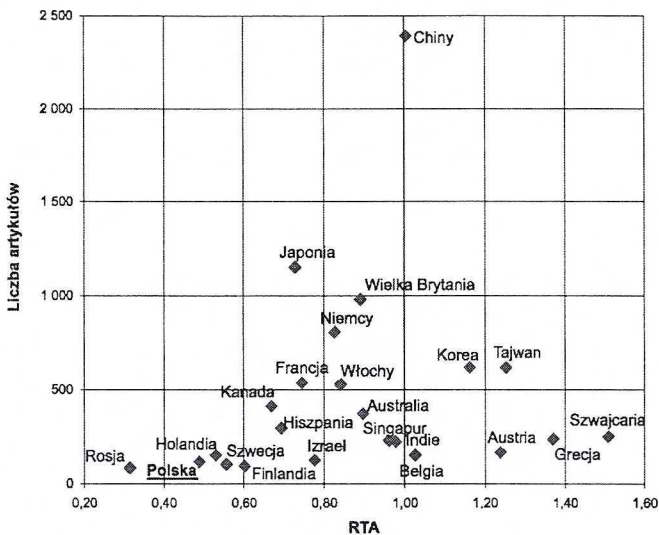
Ryc. 7. Liczba publikacji informatycznych i RTA dla obszaru 'Internet'



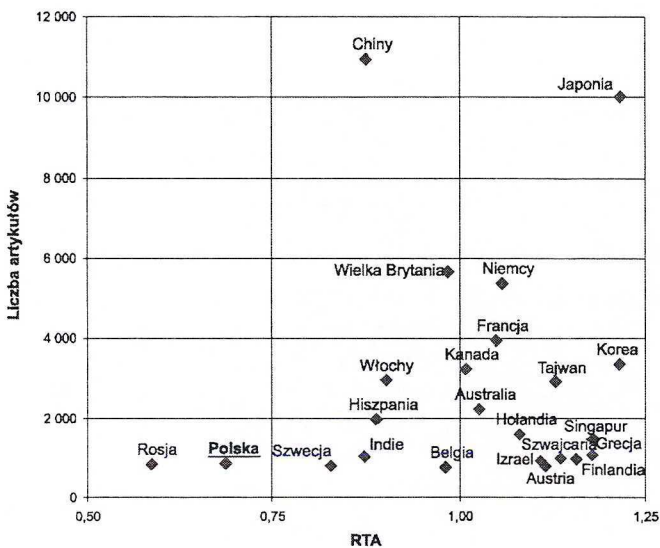
Ryc. 8. Liczba publikacji informatycznych i RTA dla obszaru 'E-business i portale'



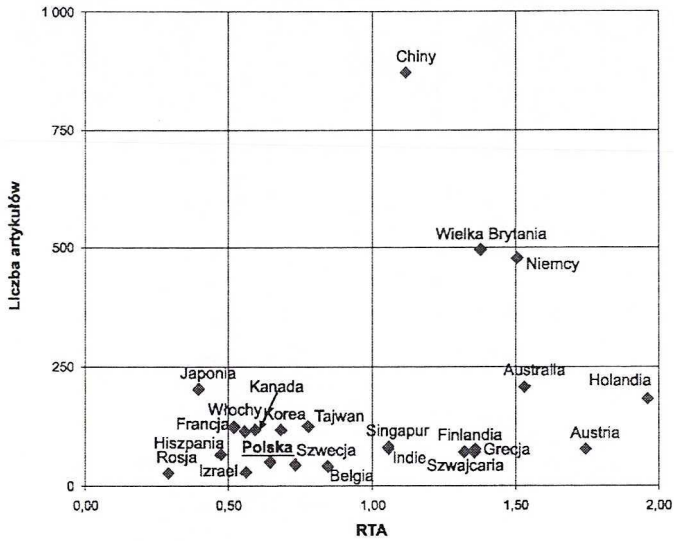
Ryc. 9. Liczba publikacji informatycznych i RTA dla obszaru 'Web 2.0'



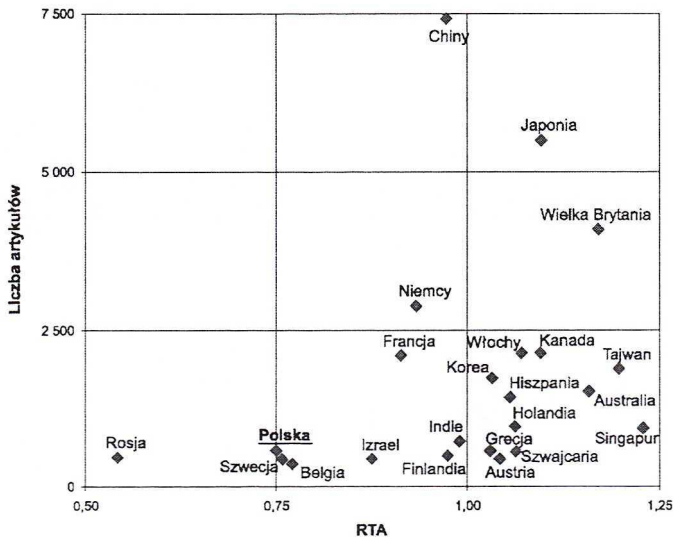
Ryc. 10. Liczba publikacji informatycznych i RTA dla obszaru 'Bezpieczeństwo'



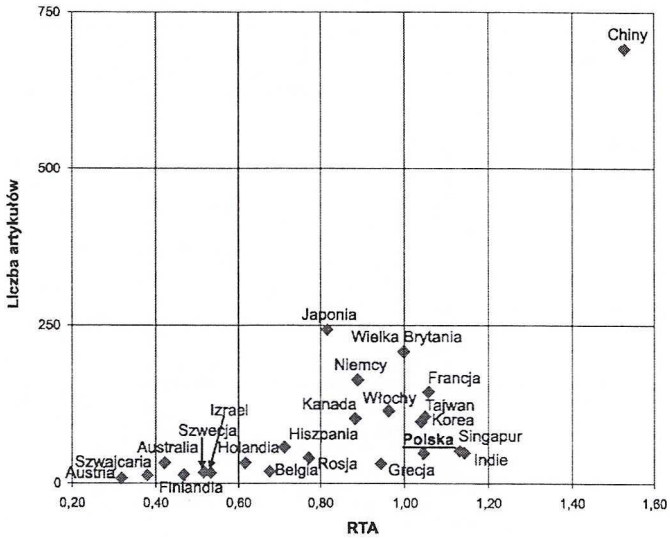
Ryc. 11. Liczba publikacji informatycznych i RTA dla obszaru 'Multimedia'



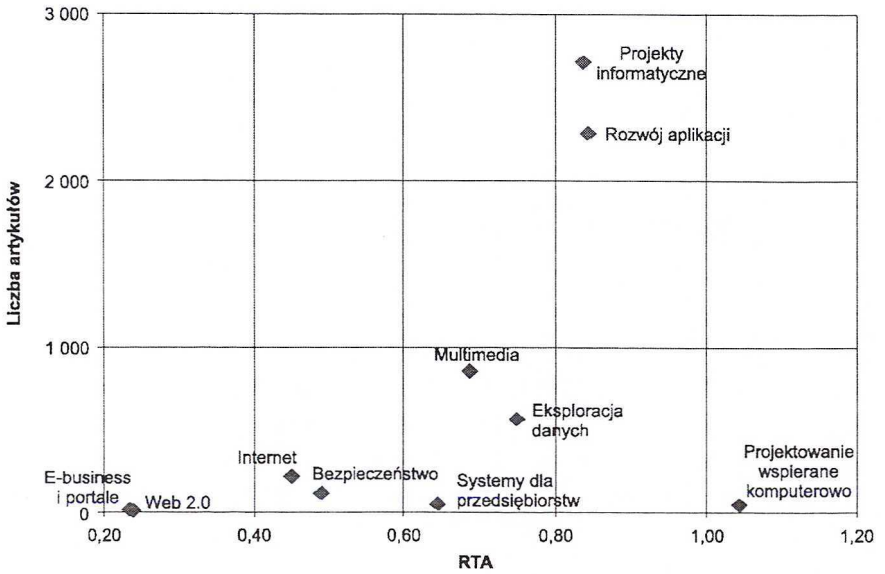
Ryc. 12. Liczba publikacji informatycznych i RTA dla obszaru 'Systemy dla przedsiębiorstw'



Ryc. 13. Liczba publikacji informatycznych i RTA dla obszaru 'Eksploracja danych'



Ryc. 14. Liczba publikacji informatycznych i RTA dla obszaru 'Projektowanie wspierane komputerowo'



Ryc. 15. Liczba publikacji informatycznych i RTA dla poszczególnych obszarów informatycznych badań stosowanych w Polsce

Ryc. 15 podsumowuje względne pozycje polskich badań informatycznych w poszczególnych obszarach badań stosowanych. Mimo znacznej liczby publikacji, wartości indeksu RTA nie ujawniają dla nich względnych przewag międzynarodowych. Teoria przewag komparatywnych w ekonomii sugeruje, że kraje powinny koncentrować się na domenach, w których wykazują istotne przewagi, inne obszary pozostawiając swoim zagranicznym partnerom. W odniesieniu do technologii, taka rekomendacja może okazać się błędna – szczególnie, gdy dotyczy nowych, dopiero rozwijanych obszarów technologicznych, w których badacze i firmy dopiero budują kompetencje. Zalecana jest wówczas raczej intensyfikacja prac badawczych w obszarach, które można określić jako narodowe słabości i konsekwentne podnoszenie liczby wymiernych osiągnięć. Jednocześnie, wobec ograniczeń budżetowych i znacznej liczby niedorozwiniętych obszarów badawczych, rozsądnym rozwiązaniem wydaje się wybór tylko niektórych obszarów i skoncentrowania na nich inwestycji w działalność badawczo-rozwojową. Problemem rekomendacji takiej alokacji środków jest jej idealistyczny charakter – systemy dystrybucji środków na działalność naukową opierają się na ogólnych wytycznych polityki technologiczno-naukowej, a decyzje indywidualnych badaczy dotyczące przedmiotu ich zainteresowań nie są bezpośrednią pochodną możliwości uzyskania funduszy.

## Podsumowanie

Analiza bibliometryczna publikacji badawczych, zgromadzonych w bazie INSPEC, ujawniła dysproporcje w aktywności polskich badaczy w obszarach badań podstawowych i stosowanych. Pod względem liczby opublikowanych artykułów informatycznych i wystąpień konferencyjnych, Polska należy do europejskiej czołówki, plasując się na wysokim, 16 miejscu w międzynarodowym rankingu. Porównanie międzynarodowej aktywności badawczej i wartości rynku informatycznego krajów wykazało, że polski system innowacji w obszarze informatyki jest bardziej skoncentrowany na rozwoju nauki niż praktycznych pracach badawczo-rozwojowych, prowadzących do powstawania technologii.

Porównania liczby publikacji nie świadczą jednocześnie o ich jakości (utożsamianej z cytawalnością) ani przydatności dla lokalnego sektora informatycznego. W opracowaniu omówiono szczegółowo ten ostatni aspekt, porównując zaangażowanie polskich i zagranicznych naukowców w badania stosowane. Polskie badania informatyczne w przeważającym stopniu są badaniami podstawowymi lub teoretycznymi – w porównaniu z innymi analizo-

wanymi krajami, mniejszy odsetek publikacji dotyczy praktycznych, bezpośrednio przydatnych dla przedsiębiorstw zagadnień. Międzynarodowa analiza ujawnionych przewag technologicznych (RTA) dla 10 wybranych obszarów badań stosowanych, odpowiadających istotnym segmentom rynku oprogramowania, ujawniła duże polskie słabości w większości obszarów. Ta sytuacja powinna wydać się alarmująca dla autorów polityki naukowo-technologicznej, jak również kierowników instytucji badawczych. Poważnym wyzwaniem dla polskich badaczy jest ukierunkowanie przyszłych projektów badań informatycznych, które pozwoliłoby na budowę bazy wiedzy przydatnej dla sektora prywatnego. W obecnej sytuacji, nie powinno dziwić występowanie przepaści między oczekiwaniami firm informatycznych a zainteresowaniami badaczy akademickich. Podobnie do krajów rozwijających się, takich jak Indie czy Chiny, współpraca między tymi dwoma grupami instytucji sprowadza się do kształcenia przyszłych kadr informatycznych i doskonalenia umiejętności programistycznych. Rzadko zdarzają się, znane z krajów zachodnich, przypadki opracowania przez akademię technologii i rozwiązań, które mogą stać się przedmiotem transferu do podmiotów komercyjnych. Praktycznym wnioskiem z powyższych analiz jest konieczność wyboru strategicznych dla kraju obszarów w badaniach informatycznych i lepszego powiązania tematyki badawczej z potrzebami lokalnych przedsiębiorstw branży, a co za tym idzie intensyfikacji wydatków w najbardziej obiecujących obszarach.

## Literatura

- [1] Bell G., Callon M., 1994, *Techno-economic Networks and Science and Technology Policy*. „OECD STI Review” 14, Paris.
- [2] Carlsson B., Jacobsson S., Holmen M., Rickne, A., 2002, *Innovation Systems: Analytical and Methodological Issues*. „Research Policy” 31.
- [3] Castilla E. J., Hwang H., Granovetter E., Granovetter M., 2000, *Social Networks in Silicon Valley*, [w:] *The Silicon Valley Edge: a Habitat for Innovation and Entrepreneurship*, Ch-M. Lee, W. F. Miller i in (red.). Stanford University Press, Stanford.
- [4] Cohen W. M., Levinthal D. A., 1990, *Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation*. „Administrative Science Quarterly” 35.
- [5] Ethiraj S. K., Kale P., Krishnan M. S., 2005, *Where Do Capabilities Come from and How Do They Matter? A Study in the Software Services Industr.* „Strategic Management Journal” 26.
- [6] Hage J., Hollingsworth J. R., 2000, *A Strategy for the Analysis of Idea Innovation Networks and Institutions*. „Organization Studies” 21, 5.

- [7] Klinecicz K., 2005, *Innovativeness of Open Source Software Projects*. „MIT Open Source Whitepapers” 8, Massachusetts Institute of Technology, Boston. <http://opensource.mit.edu/papers/klinecicz.pdf>
- [8] Klinecicz K., 2005, *Strategic Alliances in the High-tech Industry*. Logos Verlag, Berlin.
- [9] Klinecicz K., 2006, *Management Fashions. Turning Bestselling Ideas into Objects and Institutions*. Transaction Publishers, New Brunswick.
- [10] Klinecicz K., 2007, *Polski system innowacji w obszarze informatyki – analiza bibliometryczna. Wiedza i innowacje w rozwoju gospodarki*. Materiały konferencyjne, Instytut Wiedzy i Innowacji, Kraków. <http://www.instytut.info/IIIkonf/referaty/3b/klinecicz.pdf>
- [11] Klinecicz K., Miyazaki K., 2005, *Dilemma in Innovation. The Case of Product Innovations versus Marketing Innovations in the Software Industry*. „The Japan Society for Science Policy and Research Management Yearbook”, Tokyo.
- [12] Klinecicz K., Miyazaki K., 2005, *Software Systems of Innovation in Asia. Empirical Analysis of Industry and Academia Research Activities*. „STEPI International Symposium Proceedings”, STEPI, Seoul.
- [13] Kodama F., Branscomb L. M., 1999, *University Research as an Engine for Growth: How Realistic Is the Vision?*, [w:] *Industrializing Knowledge. University-Industry Linkages in Japan and the United States*, L.M. Branscomb, F. Kodama, R. Floridy (red.). MIT Press, Cambridge.
- [14] Kumaresan N., Miyazaki K., 1999, *An Integrated Network Approach to Systems of Innovation – the Case of Robotics in Japan*. „Research Policy” 28.
- [15] Malerba F., 2002, *Sectoral Systems of Innovation and Production*. „Research Policy” 31.
- [16] Porter A. L., Rossner J. D., Jin X.-Y., Newman N. C., 2002, *Measuring National ‘Emerging Technology’ Capabilities*. „Science and Public Policy” 29, 3.
- [17] Porter A. L., Cunningham S. W., 2005, *Tech Mining. Exploiting New Technologies for Competitive Advantage*. Wiley-Interscience, New Jersey.
- [18] Swanson E. B., Ramiller N. C., 1997, *The Organizing Vision in Information Systems Innovation*. „Organization Science” 8, 5.
- [19] Tushman M. L., Scanlan T. J., 1981, *Boundary Spanning Individuals: Their Role in Information Transfer and Their Antecedents*. „Academy of Management Journal” 24, 2.
- [20] Zhou P., Leydesdorff L., 2006, *The Emergence of China as a Leading Nation in Science*. „Research Policy” 35.