

PIOTR KĘBŁOWSKI<sup>1</sup>INNOWACYJNOŚĆ PRZEDSIĘBIORSTW PRZEMYSŁOWYCH PAŃSTW  
GRUPY WYSZEHRADZKIEJ A NAKŁADY NA BADANIA I ROZWÓJ<sup>2</sup>

## 1. WPROWADZENIE

Jednym z głównych paradygmatów w budowie współczesnych strategii długookresowego rozwoju społeczno-gospodarczego państw i ich stowarzyszeń jest uznanie działalności innowacyjnej za jeden z kluczowych czynników warunkujących ich skuteczność. Strategie narodowe państw Grupy Wyszehradzkiej (o zróżnicowanym horyzoncie), jak i strategie rozwoju Unii Europejskiej (konstruowane dla 10-letniego horyzontu) zawierają zwykle podobne cele, jak i środki ich osiągnięcia. Przykładowo, w ramach celu „zwiększenie innowacyjności gospodarki” w Strategii Rozwoju Kraju 2020 zaproponowanej dla Polski, zakłada się: „wzrost nakładów na badania i rozwój”, „budowanie kultury innowacji (...)”, czy też „zapewnienie regulacji stymulujących postęp technologiczny i innowacyjność przedsiębiorstw”. Z kolei, Strategia Europa 2020 zakłada trzy priorytety, tj. rozwój: (i) inteligentny, (ii) zrównoważony oraz (iii) sprzyjający włączeniu społecznemu, przy czym pierwszy priorytet zdefiniowano jako „rozwój gospodarki opartej na wiedzy i innowacji”, a w celach szczegółowych założono m.in. wzrost nakładów na badania i rozwój do 3% PKB Unii Europejskiej oraz wzrost odsetka osób zdobywających wykształcenie wyższe do co najmniej 40%.

Przyjmując, że wynalazczość stanowi kluczowy wymiar działalności innowacyjnej, a jej podstawowym miernikiem jest statystyka patentów, należy zauważyć, iż niemal 90% wszystkich zgłoszeń patentowych do Europejskiego Urzędu Patentowego (European Patent Office – EPO), jak i do Urzędu Patentów i Znaków Towarowych Stanów Zjednoczonych (United States Patent and Trademark Office – USPTO) stanowią zgłoszenia przedsiębiorstw. W związku z powyższym, analiza procesów warunkujących kształtowanie się aktywności wynalazczej w przedsiębiorstwach stanowi ważną część badań podstaw endogenicznego wzrostu gospodarki opartej na wiedzy, zob. Welfe (2007, 2009), Świeczewska (2007, 2009).

Pomiar działalności innowacyjnej poszczególnych przedsiębiorstw, gałęzi przemysłu lub całych gospodarek dokonywany jest albo pośrednio, na postawie udziału

<sup>1</sup> Uniwersytet Łódzki, Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny, Katedra Modeli i Prognoz Ekonometrycznych, ul. Rewolucji 1905 r. nr 41, 90-214 Łódź, Polska, email: piotr.keblowski@uni.lodz.pl.

<sup>2</sup> Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji D/HS4/01767.

nakładów na badania i rozwój (B+R) w nakładach ogółem, udziału pracowników zatrudnionych w sekcjach B+R, udziału produkcji sprzedanej wyrobów nowych i zmodernizowanych (zob. np. Heller, Bogdański, 2005), albo bezpośrednio na podstawie liczby zgłoszeń patentowych, wzorów użytkowych, czy wzorów przemysłowych (zob. np. Griliches, 1990 oraz Szajt, 2015, 2016). Dla celów porównań międzynarodowych konstruowane są też indeksy i rankingi, łączące dane z bezpośrednich i pośrednich mierników działalności innowacyjnej z informacjami na temat otoczenia instytucjonalnego, infrastrukturalnego, itd. (zob. np. Okoń-Horodyńska i inni, 2012). Niemniej, istniejące badania determinant działalności innowacyjnej przeprowadzane są zwykle na wysokim stopniu agregacji, tj. dotyczą całego sektora B+R, bez rozróżnienia: sektorów instytucjonalnych, źródeł finansowania, czy też poziomów zaawansowania technicznego. Podczas gdy, jak zostanie wykazane w pracy, powyższe podziały są istotne dla analizy działalności innowacyjnej i badawczo-rozwojowej.

W niniejszej pracy analizie poddano mechanizm warunkujący aktywność wynalazczą przedsiębiorstw przemysłowych w państwach Grupy Wyszehradzkiej (V4), mierzoną za pomocą liczby zgłoszeń patentowych do EPO, w podziale ze względu na poziom zaawansowania technicznego według klasyfikacji Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD) (Hatzichronoglou, 1997). Odrębnie rozważane są zatem obszary działalności dla: wysoko, średniowysoko, średnionisko i nisko zaawansowanej techniki. Przyjęto, że podstawowym czynnikiem determinującym aktywność wynalazczą przedsiębiorstw są nakłady na badania i rozwój. Weryfikowano przy tym, czy długookresowa elastyczność liczby zgłoszeń patentowych względem nakładów na B+R pochodzących z różnych źródeł (środki własne, dofinansowanie ze środków publicznych) jest zbliżona, czy różna. Szczygielski i inni (2015) sugerują na podstawie analizy mikroekonometrycznej, że dofinansowanie działalności badawczo-rozwojowej ze środków Komisji Europejskiej może wręcz wpływać negatywnie na działalność innowacyjną przedsiębiorstw w Polsce.

Wybór państw Grupy Wyszehradzkiej do analizy aktywności wynalazczej przedsiębiorstw podyktowany jest, z jednej strony, potrzebą porównania międzynarodowego mechanizmu warunkującego tę aktywność. Przy czym gospodarki państw grupy V4 cechują się zbliżonym poziomem rozwoju gospodarczego oraz wykazują zwykle, do pewnego stopnia, homogeniczność międzyprzekrojową (zob. np. Kęłowski, 2011). Z drugiej strony, odpowiednio zdezagregowane szeregi czasowe dotyczące działalności wynalazczej i badawczo-rozwojowej dla poszczególnych krajów tej grupy, w tym Polski, są mało liczne, co utrudnia przeprowadzenie analizy ekonometrycznej wyłącznie na podstawie wymiaru czasowego.

Prezentacji i omówieniu danych otrzymanych w wyniku odpowiednich agregacji danych surowych z Eurostat i EPO poświęcono dwie krótkie części (2 i 3), warto bowiem wskazać wyraźne tendencje, które w nich występują i są wspólne dla całego panelu. A zatem, w części drugiej, omówiono klasyfikację poziomów zaawansowania technicznego oraz przedstawiono kształtowanie się liczby zgłoszeń patentowych do EPO przedsiębiorstw przemysłowych w państwach grupy V4. W części trzeciej, omó-

wiono strukturę nakładów na B+R według poziomów zaawansowania technicznego i źródeł finansowania. W części czwartej, przedstawiono wyniki analizy empirycznej postulowanego związku liczby zgłoszeń patentowych i nakładów na badania i rozwój. W części piątej, zawarto podsumowanie.

## 2. POZIOM ZAAWANSOWANIA TECHNICZNEGO A LICZBA ZGŁOSZEŃ PATENTOWYCH W PRZEDSIĘBIORSTWACH PRZEMYSŁOWYCH PAŃSTW GRUPY WYSZEHRADZKIEJ

Klasyfikacja zaawansowania technicznego powinna uwzględniać zróżnicowanie oferty produktów przedsiębiorstw ze względu na ich funkcję i zaawansowanie techniczne. Przykładem klasyfikacji spełniającej te warunki jest klasyfikacja techniczna zgłoszeń patentowych zaproponowana przez Schmocha (2008), w której wyodrębniono 5 głównych dziedzin techniki, tj. (i) elektrotechnika i elektronika, (ii) przyrządy, (iii) chemia, (iv) mechanika, (v) pozostałe dziedziny techniki, które dalej podzielone są na 35 dziedzin szczegółowych, zob. tabelę 1. Powyższa klasyfikacja oparta jest na Międzynarodowej Klasyfikacji Patentowej (IPC) opracowanej przez Światową Organizację Własności Intelektualnej (WIPO) oraz tablicach zgodności opracowanych przez Schmocha (2008).

Tabela 1.

Klasyfikacja dziedzin techniki

Dziedziny ogólne	Dziedziny szczegółowe
Elektrotechnika i elektronika	1. elektrotechnika 2. techniki audiowizualne 3. telekomunikacja 4. komunikacja cyfrowa 5. podstawowe procesy komunikacyjne 6. informatyka 7. informatyka w zarządzaniu 8. półprzewodniki
Przyrządy	9. optyka 10. technika pomiaru 11. analiza materiałów biologicznych 12. kontrola i sterowanie 13. technika medyczna
Chemia	14. syntetyczna chemia organiczna i kosmetyki 15. biotechnologia 16. farmaceutyki 17. chemia makrocząsteczek i polimerów 18. chemia spożywcza 19. chemia materiałów podstawowych 20. materiały i metalurgia 21. technika powlekania 22. mikro- i nanotechnika 23. inżynieria chemiczna i procesowa 24. technika ochrony środowiska

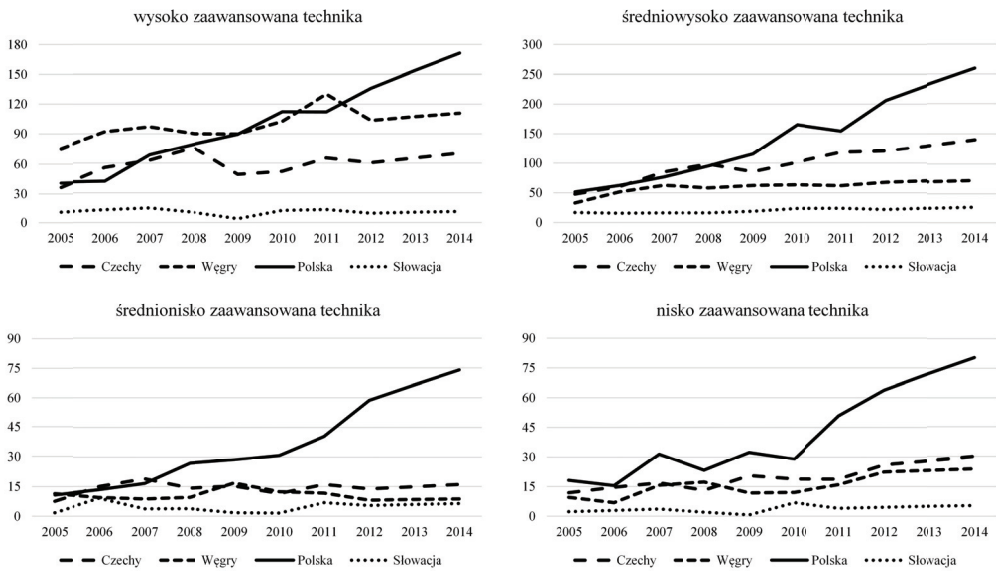
Tabela 1. (cd.)

Dziedziny ogólne	Dziedziny szczegółowe
Mechanika	25. mechatronika 26. technika obróbki metali 27. technika maszyn nieelektrycznych 28. technika maszyn włókienniczych i papierniczych 29. technika pozostałych maszyn specjalistycznych 30. termika 31. elementy mechaniczne 32. transport
Pozostałe dziedziny techniki	33. meble i gry 34. pozostałe towary konsumpcyjne 35. inżynieria lądowa i wodna

Źródło: Schmoch (2008).

Z drugiej strony, podstawową klasyfikacją działalności przedsiębiorstw przemysłowych rozważaną w bazach statystycznych oraz badaniach empirycznych jest klasyczna klasyfikacja sektorowa, która jest zorientowana na typowe produkty wytwarzane w przedsiębiorstwach. Przykładem jest klasyfikacja NACE stosowana w Unii Europejskiej. Według tej klasyfikacji dostępne są statystyki dotyczące aktywności ekonomicznej przedsiębiorstw, w tym dane dotyczące nakładów na badania i rozwój. Jakkolwiek klasyfikacje: dziedzin techniki i sektorowa (działów gospodarki, w tym gałęzi przemysłu) są co do zasady odmienne, co wyklucza istnienie jednoznacznych tablic zgodności, to jednak Eurostat zaproponował sposób agregacji danych z klasyfikacji sektorowej, który pozwala dokonać aproksymacji danych dla czteropozomowej klasyfikacji zaawansowania technicznego zaproponowanej przez Hatzichronoglou (1997), zob. *High-tech Aggregation by NACE Rev. 2*. Przykładowo, do działalności wysoko zaawansowanej technicznie zaliczono: (i) produkcję podstawowych substancji farmaceutycznych oraz leków i pozostałych wyrobów farmaceutycznych oraz (ii) produkcję komputerów, wyrobów elektronicznych i optycznych. Ze względu na fakt, że Eurostat przeprowadza wyżej wspomnianą agregację jedynie dla najwyższego poziomu w klasyfikacji zaawansowania technicznego, konieczne okazało się samodzielne dokonanie agregacji dla poszczególnych poziomów. Szeregi przekrojowo-czasowe uzyskane na podstawie bazy danych Eurostatu dla lat 2005–2014 (szeregi z sekcji pat\_ep\_nnac2) przedstawia rysunek nr 1a.

Na podstawie liczby zgłoszeń patentowych agregowanych z bazy danych Eurostatu należy zauważyć po pierwsze, że w państwach Grupy Wyszehradzkiej zgłoszenia w dziedzinie wysoko i średniowysoko zaawansowanej techniki stanowią dość stabilnie ponad 80% ogółu zgłoszeń (z wyjątkiem Słowacji – ok. 75%) w całym rozważanym okresie, a jednocześnie wspólną cechą całego panelu jest wzrost udziału zgłoszeń w dziedzinie średniowysoko zaawansowanej techniki oraz spadek w dziedzinie wysoko zaawansowanej techniki. Udział zgłoszeń w dziedzinie średniowysoko zaawansowanej techniki wzrósł odpowiednio:



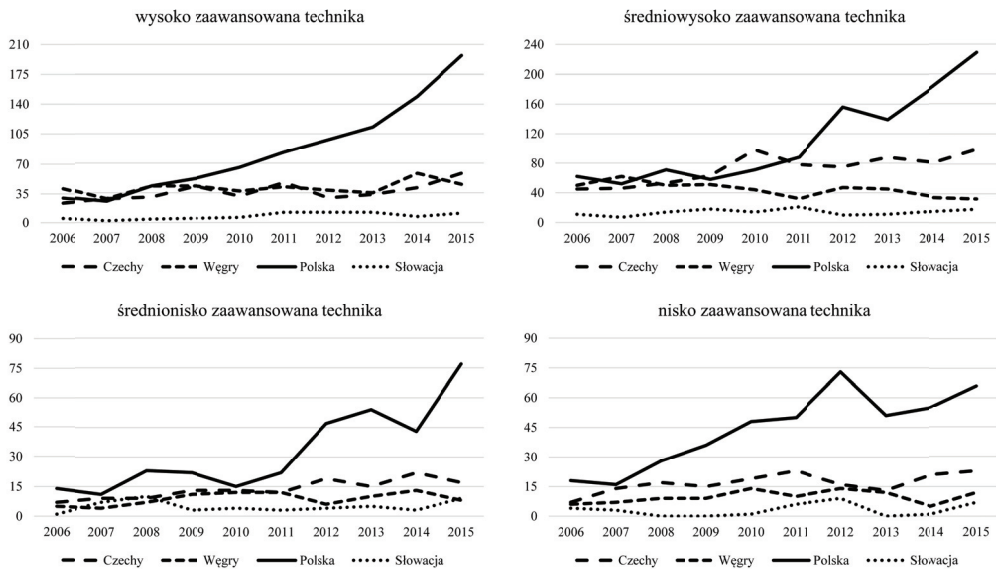
Rysunek 1a. Liczba zgłoszeń patentowych w EPO wg poziomu zaawansowania technicznego

Źródło: opracowanie własne na podstawie bazy danych Eurostat, agregacja danych z klasyfikacji sektorowej.

- w Czechach, z 46% w roku 2005 do 55% w roku 2014 (przy analogicznym spadku w dziedzinie wysoko zaawansowanej techniki z 35% do 27%),
- na Węgrzech, z 26% do 34% (spadek z 58% do 51%),
- w Polsce, z 49% do 51% (spadek z 39% do 34%),
- na Słowacji, z 48% do 53% (spadek z 42% do 23%).

Po drugie, zdecydowanie najwyższa dynamika liczby zgłoszeń patentowych występuje w Polsce – wzrost o 283% zgłoszeń ogółem w analizowanym okresie. W pozostałych państwach regionu wzrost liczby zgłoszeń patentowych jest bardziej umiarkowany i wynosi odpowiednio: w Czechach – 47%, na Węgrzech – 67%, na Słowacji – 56%. Należy jednak zauważyć, że wysoki wzrost liczby zgłoszeń patentowych w Polsce związany jest z relatywnie niską liczbą zgłoszeń patentowych na początku próby, szczególnie przy uwzględnieniu rozmiaru poszczególnych gospodarek i ich rynków pracy.

Po trzecie, struktura zgłoszeń patentowych według sektorów instytucjonalnych jest względnie stabilna (zob. rysunek A1 w Aneksie), przy czym w państwach grupy V4 przeciętnie 72% liczby zgłoszeń patentowych przypada na sektor przedsiębiorstw, za kolejne 20% odpowiadają sektory „nieznane” i osoby indywidualne, a pozostałe 8% zgłaszają: sektor rządowy i organizacje non-profit, szkolnictwo wyższe oraz szpitale. Powyższe pozwala przyjąć, że dynamika liczby zgłoszeń patentowych przedsiębiorstw jest zbliżona do dynamiki liczby zgłoszeń ogółem, co pozwala rozwiązać problem braku dostępności danych w jednoczesnym podziale na sektory instytucjonalne i sektory gospodarki (gałęzie przemysłu).



Rysunek 1b. Liczba zgłoszeń patentowych w EPO wg poziomu zaawansowania technicznego

Źródło: opracowanie własne na podstawie bazy danych EPO, agregacja danych z klasyfikacji dziedzin techniki.

Po czwarte, należy zauważyć, że agregacja danych z klasyfikacji sektorowej zaproponowana przez Eurostat nie stanowi w pełni satysfakcjonującej aproksymacji klasyfikacji zaawansowania technicznego. Agregacja zgłoszeń patentowych z bazy danych EPO na podstawie 35-elementowej klasyfikacji dziedzin techniki Schmocha (2008) do czteropozomowej klasyfikacji zaawansowania technicznego wskazuje bowiem na odmienne, do pewnego stopnia, kształtowanie się liczby zgłoszeń patentowych na poszczególnych poziomach zaawansowania technicznego, co wynika z przeszacowania udziału dziedzin wysoko zaawansowanej techniki oraz niedoszacowania udziału średniowysoko zaawansowanej techniki na początku próby, zob. rysunek 1b. W szczególności, zgodnie z danymi EPO udział zgłoszeń patentowych w dziedzinie wysoko zaawansowanej techniki w latach 2006–2015 w Czechach i na Słowacji pozostawał na względnie stabilnym poziomie, odpowiednio 26% i 25% (52% i 48% dla dziedzin średniowysoko zaawansowanej techniki), z kolei na Węgrzech i w Polsce wzrósł odpowiednio z 40% do 46% i z 24% do 35% (przy spadku liczby zgłoszeń w dziedzinie średniowysoko zaawansowanej techniki odpowiednio z 49% do 34% i z 50% do 40%). Poszczególne dziedziny szczegółowo sklasyfikowano przy tym następująco, wysoko zaawansowana technika: 2–11, 13, 15, 16, 21, 22; średniowysoko zaawansowana technika: 1, 12, 14, 17, 23–30, 32; średnionisko zaawansowana technika: 18 – 20, 31; nisko zaawansowana technika: 33–35, zob. tabelę 1.

Należy jednak wskazać, że wyniki obu podejść klasyfikacji poziomów zaawansowania technicznego mogą się różnić nie tylko ze względu na odmienność klasyfikacji sektorowej i klasyfikacji dziedzin techniki, ale również ze względu na różny sposób

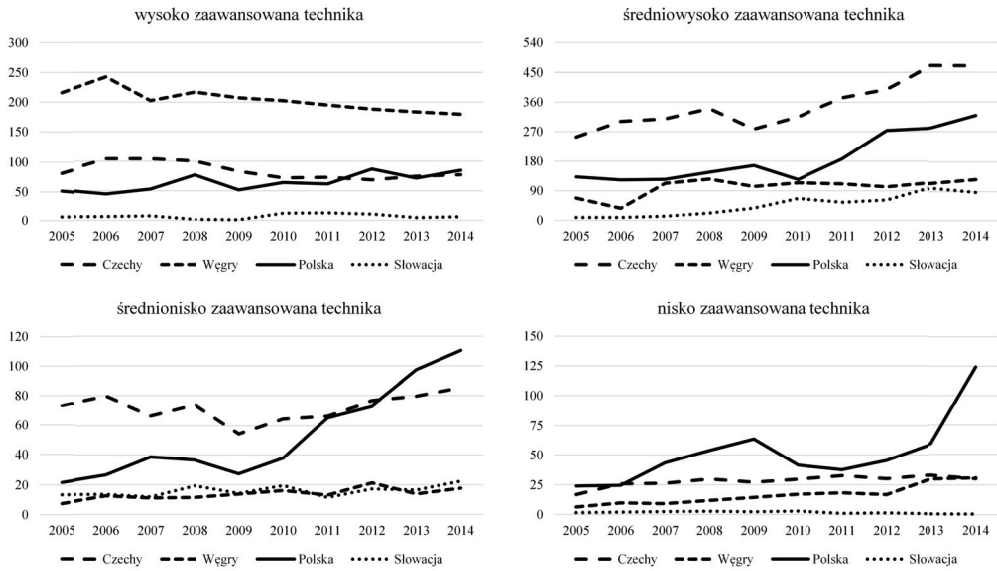
agregacji danych z bazy PATSTAT EPO (w bazie danych Eurostat uwzględniane są udziały poszczególnych zgłaszających, podczas gdy w klasyfikacji dziedzin techniki EPO uwzględniany jest jedynie pierwszy wśród autorów zgłoszenia) oraz arbitralność przyporządkowania poszczególnych gałęzi gospodarki i dziedzin techniki do poziomów zaawansowania technicznego. W celu zachowania spójności przyporządkowania zarówno dla zgłoszeń patentowych, jak i dla nakładów na badania i rozwój, analizę empiryczną oparto na szeregach agregowanych z bazy danych Eurostat.

### 3. POZIOM ZAAWANSOWANIA TECHNICZNEGO A NAKŁADY NA BADANIA I ROZWÓJ WG ŹRÓDEŁ FINANSOWANIA

Źródłem finansowania nakładów na badania i rozwój w przedsiębiorstwach są: (i) środki przedsiębiorstw krajowych (przede wszystkim środki własne, w niewielkim stopniu środki innych przedsiębiorstw), (ii) dofinansowanie z sektora rządowego, (iii) środki pochodzące z zagranicy (w przypadku przedsiębiorstw przemysłowych w grupie V4 są to przede wszystkim środki otrzymane od Komisji Europejskiej, organizacji międzynarodowych oraz przedsiębiorstw zagranicznych), (iv) środki otrzymane od szkolnictwa wyższego, (v) środki otrzymane od krajowych prywatnych instytucji niekomercyjnych. Środki krajowych przedsiębiorstw przemysłowych w grupie V4 stanowią w latach 2005–2014 przeciętnie ok. 86% ogółu nakładów przedsiębiorstw przemysłowych na badania i rozwój, dofinansowanie z sektora rządowego odpowiada przeciętnie za ok. 8% nakładów, środki pochodzące z zagranicy finansują przeciętnie ponad 6% nakładów, z kolei środki otrzymane od szkolnictwa wyższego oraz środki otrzymane od krajowych prywatnych instytucji niekomercyjnych stanowią pomijalne źródła finansowania, zob. rysunek A2 w Aneksie.

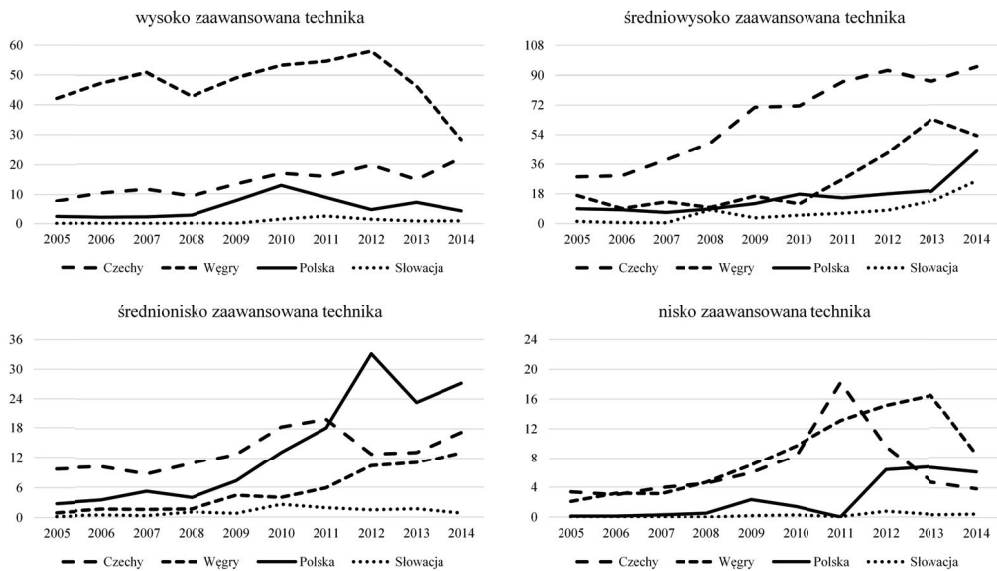
Dla potrzeb badania strumień nakładów na B+R podzielony został na dwa źródła: (i) środki przedsiębiorstw krajowych (w uproszczeniu środki własne), (ii) środki z sektora rządowego i zagranicy (głównie dofinansowanie ze środków publicznych – krajowych i z Komisji Europejskiej). Kształtowanie się wolumenów powyższych strumieni nakładów na B+R w przedsiębiorstwach przemysłowych w grupie V4 w podziale według poziomu zaawansowania technicznego przedstawiono na rysunkach 2 i 3 (agregacja szeregów z sekcji rd\_e\_berdfundr2 bazy danych Eurostat, w mln euro, stały kurs walutowy, ceny stałe z 2010 roku deflowane indeksem cen CPI).

Należy zauważyć po pierwsze, że dynamika nakładów na B+R jest różna w zależności od źródła finansowania. W przypadku środków z sektora rządowego i zagranicy, zob. rysunek 3., nakłady w dziedzinie wysoko, średniowysoko i średnionisko zaawansowanej techniki charakteryzują się wysokim wzrostem w latach 2008–2012, tj. w okresie w którym dostępne były zatwierdzone krajowe programy operacyjne dla finansowania z budżetu Komisji Europejskiej oraz uruchomiono konkursy na dofinansowanie projektów badawczych. Z kolei w przypadku środków przedsiębiorstw, zob. rysunek 2., wzrost nakładów na B+R zachodzi w okresie 2010–2014 (z wyjątkiem wysoko zaawansowanej techniki).



Rysunek 2. Nakłady na B+R w przedsiębiorstwach przemysłowych ze środków przedsiębiorstw wg poziomu zaawansowania technicznego (w mln euro)

Źródło: opracowanie własne na podstawie bazy danych Eurostat, agregacja danych z klasyfikacji sektorowej, stały kurs walutowy, ceny stałe z roku 2010.



Rysunek 3. Nakłady na B+R w przedsiębiorstwach przemysłowych ze środków sektora rządowego i zagranicy wg poziomu zaawansowania technicznego (w mln euro)

Źródło: opracowanie własne na podstawie bazy danych Eurostat, agregacja danych z klasyfikacji sektorowej, stały kurs walutowy, ceny stałe z roku 2010.



Po drugie, dynamika nakładów na B+R jest różna ze względu na poziom zaawansowania technicznego. W dziedzinie wysoko zaawansowanej techniki zaobserwować można względną stagnację do roku 2012 oraz przeciętnie ujemny wzrost w kolejnych dwóch latach (po zamknięciu konkursów na dofinansowanie projektów badawczych z budżetu Komisji Europejskiej). Dziedziny średniowysoko i średnionisko zaawansowanej techniki cechują się przeciętnie dość trwałym wzrostem nakładów na B+R w latach 2005–2014. Nakłady w dziedzinie nisko zaawansowanej techniki kształtują się odmiennie w zależności od państwa grupy V4 oraz ich źródła.

Po trzecie, jednoznacznie największe nakłady na B+R w dziedzinie wysoko zaawansowanej techniki w przedsiębiorstwach przemysłowych w grupie V4 ponoszone są na Węgrzech (farmaceutyki, elektronika, komunikacja cyfrowa). W dziedzinie średniowysoko zaawansowanej techniki największe nakłady na B+R ponoszone są w Czechach (motoryzacja). Z kolei liderem nakładów na średnionisko i nisko zaawansowaną technikę jest obecnie Polska (chemia spożywcza, chemia materiałów podstawowych, elementy mechaniczne, meble, pozostałe towary konsumpcyjne).

Należy jednak zastrzec, że podobnie jak w przypadku zgłoszeń patentowych, agregacja danych z klasyfikacji sektorowej również i tu nie stanowi w pełni satysfakcjonującej aproksymacji klasyfikacji zaawansowania technicznego. Jednocześnie klasyfikacja nakładów na B+R według dziedzin nauki (zob. Revised Field of Science..., 2007) nie odpowiada klasyfikacji dziedzin techniki wg EPO, a przyjęte dziedziny nauki dotyczą działalności w obszarach o różnym poziomie zaawansowania technicznego (np. elektronika i elektrotechnika).

#### 4. ZGŁOSZENIA PATENTOWE A NAKŁADY NA BADANIA I ROZWÓJ

W analizie mechanizmu kształtującego aktywność wynalazczą przedsiębiorstw przemysłowych państw grupy V4, mierzoną za pomocą liczby zgłoszeń patentowych, przyjęto, że jej podstawową długookresową determinantą są nakłady na badania i rozwój. Postawiono przy tym dwie hipotezy. W pierwszej, stosunkowo oczywistej *a priori*, założono, że długookresowa elastyczność liczby zgłoszeń patentowych względem nakładów na badania i rozwój jest różna w zależności od poziomu zaawansowania technicznego danego obszaru działalności gospodarczej. Zakłada się zatem, że nakłady na badania i rozwój w dziedzinie nisko zaawansowanej techniki prowadzą raczej do zgłoszeń nowych wzorów użytkowych, wzorów przemysłowych i znaków towarowych, niż do zgłoszeń patentowych. Z kolei, nakłady na B+R w dziedzinie wysoko zaawansowanej techniki skutkują relatywnie częściej zgłoszeniami patentowymi.

W drugiej hipotezie założono, że długookresowa elastyczność liczby zgłoszeń patentowych względem nakładów na badania i rozwój może być różna w zależności od ich źródła finansowania (środki własne a dofinansowanie ze środków publicznych w tym z budżetu Komisji Europejskiej). W uzasadnieniu tej hipotezy należy wskazać po pierwsze, że wynalazki uzyskiwane w wyniku prac badawczych mogą być chronione nie tylko za pomocą patentowania, ale również poprzez tajemnicę przedsiębior-

stwa, która w przeciwieństwie do ochrony patentowej nie jest ograniczona w czasie, nie wymaga ujawnienia i nie pociąga za sobą kosztów związanych z ochroną patentową. Założyć należy, że ta forma ochrony dotyczyć może przede wszystkim aktywności wynalazczej finansowanej ze środków własnych. Po drugie, należy przyjąć, że strumień nakładów na B+R ze środków publicznych może częściowo finansować badania, które obciążone są większym ryzykiem niepowodzenia (nieuzyskania wynalazku), i jako takie nie zostałyby zrealizowane ze środków własnych przedsiębiorstw.

W związku z wyżej postawionymi hipotezami oraz biorąc pod uwagę ograniczenia związane z liczebnością próby – roczne dane przekrojowo-czasowe dla lat 2005–2014 i czterech państw Grupy Wyszehradzkiej, zob. rysunki 1a, 2 i 3, rozważono następującą postać związku długookresowego dla aktywności wynalazczej:

$$patepo_{it}^{TL} = const_i^{TL} + \beta_1^{TL} \cdot berdbe_{it}^{TL} + \beta_2^{TL} \cdot berdga_{it}^{TL} + v_{it}, \quad (1)$$

gdzie  $patepo_{it}^{TL}$  oznacza liczbę zgłoszeń patentowych do EPO na danym poziomie zaawansowania technicznego,  $TL = HT, MHT, MLT, LT$  odpowiednio dla: wysoko, średniowysoko, średnionisko, nisko zaawansowanej techniki,  $berdbe_{it}^{TL}$  to nakłady na badania i rozwój przedsiębiorstw na danym poziomie zaawansowania technicznego, finansowane ze środków przedsiębiorstw, tj. głównie środki własne,  $berdga_{it}^{TL}$  to nakłady na B+R przedsiębiorstw na danym poziomie zaawansowania technicznego, finansowane przez sektor rządowy i zagranicę (w tym przez Komisję Europejską), czyli głównie środki publiczne, a  $v_{it}$  oznacza słabostacjonarny składnik losowy związku długookresowego. Małymi literami oznaczono logarytmy zmiennych.

Analiza własności dynamicznych procesów generujących rozważane zmienne, przeprowadzona za pomocą testu stacjonarności Hadriego (2000) i testów pierwiastka jednostkowego Levina, Lina, Chu (2002) oraz Ima, Pesarana, Shina (2003), wskazuje na ich niestacjonarność i zintegrowanie w stopniu pierwszym, tj. w każdym przypadku przynajmniej 2 z 3 testów wskazują na występowanie pierwiastka jednostkowego w procesie, zob. tabelę 2. Jednocześnie brak jest podstaw do wskazania występowania podwójnych pierwiastków jednostkowych.

Tabela 2.

Wnioskowanie o stopniu integracji

Zmienna	Hadri	Levin-Lin-Chu	Im-Pesaran-Shin
$patepo_{it}^{HT}$	3,75 (0,00)	-1,85 (0,03)	-0,40 (0,35)
$patepo_{it}^{MHT}$	3,81 (0,00)	-1,08 (0,14)	0,83 (0,80)
$patepo_{it}^{MLT}$	2,73 (0,00)	-0,86 (0,20)	-0,45 (0,33)

Tabela 2. (cd.)

Zmienna	Hadri	Levin-Lin-Chu	Im-Pesaran-Shin
$patepo_{it}^{LT}$	3,16 (0,00)	4,99 (1,00)	3,12 (1,00)
$berdbe_{it}^{HT}$	0,87 (0,19)	0,43 (0,67)	0,39 (0,65)
$berdbe_{it}^{MHT}$	3,45 (0,00)	-0,53 (0,30)	1,22 (0,89)
$berdbe_{it}^{MLT}$	3,54 (0,00)	0,96 (0,83)	0,56 (0,71)
$berdbe_{it}^{LT}$	3,33 (0,00)	2,55 (0,99)	1,44 (0,93)
$berdga_{it}^{HT}$	2,37 (0,01)	-1,79 (0,04)	0,16 (0,56)
$berdga_{it}^{MHT}$	3,35 (0,00)	-3,34 (0,00)	0,10 (0,54)
$berdga_{it}^{MLT}$	3,25 (0,00)	-1,07 (0,14)	0,54 (0,70)
$berdga_{it}^{LT}$	3,22 (0,00)	-1,56 (0,06)	-2,54 (0,01)

W nawiasach podano graniczne poziomy istotności.

Źródło: opracowanie własne.

Zintegrowanie procesu generującego szereg przekrojowo-czasowy implikuje wykorzystanie metod wnioskowania długookresowego, opartych na zjawisku kointegracji. Z uwagi na ograniczoną liczebność próby przekrojowo-czasowej, ale też potencjalną korelację przekrojową krótko- i długoterminową rozważanych zmiennych, przyjęto dwutorową strategię wnioskowania o związku długookresowym. W pierwszym kroku, zastosowano jednorównaniową analizę kointegracyjną danych panelowych dla wyjściowych danych rocznych (10 lat, 4 kraje), korzystając z faktu, że estymator MNK dla danych panelowych generowanych przez procesy niestacjonarne jest zgodny, a jego wersje – dynamiczna MNK (DOLS), czyli MNK z wyprzedzeniami i opóźnieniami, oraz w pełni zmodyfikowana MNK (FMOLS), tj. MNK z korektą endogeniczności i korelacji seryjnej, cechują się satysfakcjonującymi własnościami małopróbkowymi, zob. Kęłowski (2007, 2009). W drugim kroku, uwzględniając potencjalną korelację przekrojową krótko- i długoterminową zmiennych, zastosowano wielorównaniową analizę kointegracyjną danych panelowych (panelowy wektorowy model korekty błędem – PVEC) dla interpolowanych danych miesięcznych. Jednorównaniową analizę kointegracyjną przeprowadzono w pakiecie Eviews. Analizę wielorównaniową (model PVEC) wykonano na podstawie procedur w języku programowania Gauss (własnych oraz udostępnionych przez J. Lyhagena).

## 4.1. ANALIZA JEDNORÓWNIOWA

Wnioskowanie o kointegracji w środowisku jednorównaniowym przeprowadzono za pomocą testów Kao (1999) oraz Pedroniego (2004), które stanowią panelowe uogólnienia kointegracyjnych testów pierwiastka jednostkowego typu Dickey'a i Fullera dla składnika losowego weryfikowanego związku. Zastosowano zatem zarówno test oparty na idei panelowego ujednorodniania dla wnioskowania na podstawie szeregu przekrojowo-czasowego (test Kao), jak i testy wyprowadzone dla panelowego uśredniania wnioskowania o szeregach czasowych (testy Pedroniego), zob. tabelę 3.

Tabela 3.

Wnioskowanie o kointegracji, model jednorównaniowy

Sektor	Kao	Pedroni wspólny pierwiastek	Pedroni indywidualne pierwiastki
HT	-1,39 (0,08)	-4,59 (0,00)	-5,22 (0,00)
MHT	-2,40 (0,01)	-3,52 (0,00)	-6,67 (0,00)
MLT	-3,19 (0,00)	-0,56 (0,29)	-0,52 (0,30)
LT	-1,77 (0,04)	-0,97 (0,17)	-2,00 (0,02)

W nawiasach podano graniczne poziomy istotności.

Źródło: opracowanie własne.

Test Kao prowadzi do wniosku o występowaniu związku długookresowego na wszystkich poziomach zaawansowania technicznego, przy 10-procentowym poziomie istotności. Z drugiej strony, test Pedroniego typu ADF, prowadzi do wniosku o istnieniu związku długookresowego jedynie w dziedzinie wysoko i średniowysoko zaawansowanej techniki, zarówno przy założeniu wspólnego pierwiastka w hipotezie alternatywnej testu, jak i bez tego założenia. Powyższe wskazania, jakkolwiek oparte na podejściu jednorównaniowym, to jednak łącznie stanowią dość silne wskazanie występowania relacji kointegrującej, przynajmniej na dwóch najwyższych poziomach zaawansowania technicznego.

Wyniki estymacji parametrów związku (1), za pomocą estymatorów dynamicznej MNK (DOLS) oraz MNK z korektą endogeniczności i korelacji seryjnej (FMOLS), są spójne ze wskazaniami testu Pedroniego, potwierdzając istnienie związku długookresowego w dziedzinie wysoko i średniowysoko zaawansowanej techniki, zob. tabelę 4. Należy przy tym zauważyć, że długookresowa elastyczność liczby zgłoszeń patentowych względem nakładów na badania i rozwój jest wyższa, po pierwsze, w przypadku działalności w dziedzinie wysoko zaawansowanej techniki, niż w dzie-

dzinie średniowysoko zaawansowanej techniki, po drugie, w przypadku aktywności badawczej finansowanej ze środków własnych, niż w przypadku badań finansowanych ze środków publicznych, przy czym różnica ta jest statystycznie istotna jedynie dla wysoko zaawansowanej techniki.

Tabela 4.

Wnioskowanie o kointegracji, model jednorównaniowy

Sektor	Oszacowany związek długookresowy	Test Walda ( $\chi^2_2$ ) dla hipotezy $\beta_1 = \beta_2$	Test Jarque-Bera ( $\chi^2_2$ )
HT	DOLS		
	$patepo_{it} = const_i + 0,680 \cdot berdbe_{it} + 0,294 \cdot berdga_{it} + ec_{it}$ (3,24) (2,75)	5,03 (0,03)	5,92 (0,05)
	FMOLS		
	$patepo_{it} = const_i + 0,445 \cdot berdbe_{it} + 0,263 \cdot berdga_{it} + ec_{it}$ (3,68) (4,24)	2,83 (0,09)	5,70 (0,06)
MHT	DOLS		
	$patepo_{it} = const_i + 0,387 \cdot berdbe_{it} + 0,279 \cdot berdga_{it} + ec_{it}$ (2,92) (3,04)	0,26 (0,61)	3,83 (0,15)
	FMOLS		
	$patepo_{it} = const_i + 0,383 \cdot berdbe_{it} + 0,261 \cdot berdga_{it} + ec_{it}$ (5,39) (5,92)	1,28 (0,26)	4,32 (0,12)

W nawiasach podano graniczne poziomy istotności dla testu Walda i testu Jarque-Bera oraz statystyki typu  $t$  dla ocen związku długookresowego.

Źródło: opracowanie własne.

Należy jednak zastrzec, po pierwsze, że powyższe wyniki oparte są na stosunkowo mało licznej próbie (10 lat, 4 kraje). Po drugie, w powyższej analizie nie wydzielono *explicite* (ze względu na krótką próbę) wpływu zmian kapitału ludzkiego na aktywność wynalazczą, który w przypadku analizy opartej na długiej próbie czasowej powinien zostać uwzględniony.

#### 4.2. ANALIZA WIELORÓWNANIOWA

Postępujący proces umiędzynarodowienia działalności przedsiębiorstw przemysłowych oraz konieczność zachowania nie tylko konkurencyjności cenowej lecz również konkurencyjności technicznej prowadzi do występowania krótko- i długookresowej korelacji przekrojowej zarówno nakładów na badania i rozwój (na danym poziomie zaawansowania technicznego), jak i powstających w ich wyniku wynalazków. Występowanie niezerowej korelacji przekrojowej krótko- i długookresowej prowadzi jednak do utraty efektywności wnioskowania w oparciu o podejście jednorówna-

niowe, w przeciwieństwie do podejścia wielorównaniowego (wektorowego), w którym występowanie krótko- i długookresowej korelacji przekrojowej poprawia własności małopróbkowego wnioskowania. Dlatego też w kolejnym kroku weryfikację istnienia postulowanego związku (1) na poszczególnych poziomach zaawansowania technicznego przeprowadzono za pomocą panelowego wektorowego modelu korekty błędem.

Niech  $\mathbf{y}_{it} = [y_{1it} \ y_{2it} \ \dots \ y_{pit}]'$  oznacza wektor zmiennych w przekroju  $i$  oraz okresie  $t$ , generowanych przez proces wektorowy zintegrowany w stopniu pierwszym, a  $\mathbf{y}_t = [\mathbf{y}'_{1t} \ \mathbf{y}'_{2t} \ \dots \ \mathbf{y}'_{It}]'$  definiuje wektor zmiennych w poszczególnych przekrojach w okresie  $t$ . Wektorowy model panelowy, uwzględniający występowanie krótko- i długookresowej korelacji przekrojowej, można zapisać następująco:

$$\Delta \mathbf{y}_t = \mathbf{\Pi} \mathbf{y}_{t-1} + \sum_{k=1}^{K-1} \mathbf{\Gamma}_k \Delta \mathbf{y}_{t-k} + \boldsymbol{\varepsilon}_t, \quad (2)$$

gdzie  $\mathbf{\Pi}$  oraz  $\mathbf{\Gamma}_k$  są macierzami parametrów o wymiarach  $IP \times IP$ ,  $\Delta \mathbf{y}_t, \dots, \Delta \mathbf{y}_{t-k}$  oznaczają wektory pierwszych przyrostów zmiennych,  $\boldsymbol{\varepsilon}_t = [\boldsymbol{\varepsilon}'_{1t} \ \boldsymbol{\varepsilon}'_{2t} \ \dots \ \boldsymbol{\varepsilon}'_{It}]'$  oraz  $\boldsymbol{\varepsilon}_t \sim N_{IP}(\mathbf{0}; \boldsymbol{\Omega})$ . Jeżeli w analizowanym systemie występują związki długookresowe, to możliwa jest dekompozycja macierzy mnożników długookresowych  $\mathbf{\Pi}$  na macierz parametrów związków długookresowych  $\mathbf{B}$  oraz macierz wag  $\mathbf{A}$ . Panelowy wektorowy model korekty błędem (PVEC) można wówczas zapisać następująco (zob. Kęblowski, 2016):

$$\Delta \mathbf{y}_t = \mathbf{A} \mathbf{B}' \mathbf{y}_{t-1} + \sum_{k=1}^{K-1} \mathbf{\Gamma}_k \Delta \mathbf{y}_{t-k} + \boldsymbol{\varepsilon}_t, \quad (3)$$

lub ekwiwalentnie:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \Delta \mathbf{y}_{1t} \\ \Delta \mathbf{y}_{2t} \\ \vdots \\ \Delta \mathbf{y}_{It} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{11} & \mathbf{A}_{12} & \dots & \mathbf{A}_{1I} \\ \mathbf{A}_{21} & \mathbf{A}_{22} & \dots & \mathbf{A}_{2I} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{A}_{I1} & \mathbf{A}_{I2} & \dots & \mathbf{A}_{II} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{B}'_{11} & \mathbf{B}'_{12} & \dots & \mathbf{B}'_{1I} \\ \mathbf{B}'_{21} & \mathbf{B}'_{22} & \dots & \mathbf{B}'_{2I} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{B}'_{I1} & \mathbf{B}'_{I2} & \dots & \mathbf{B}'_{II} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_{1,t-1} \\ \mathbf{y}_{2,t-1} \\ \vdots \\ \mathbf{y}_{I,t-1} \end{bmatrix} + \\ &+ \sum_{k=1}^{K-1} \begin{bmatrix} \mathbf{\Gamma}_{11,k} & \mathbf{\Gamma}_{12,k} & \dots & \mathbf{\Gamma}_{1I,k} \\ \mathbf{\Gamma}_{21,k} & \mathbf{\Gamma}_{22,k} & \dots & \mathbf{\Gamma}_{2I,k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{\Gamma}_{I1,k} & \mathbf{\Gamma}_{I2,k} & \dots & \mathbf{\Gamma}_{II,k} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \mathbf{y}_{1,t-k} \\ \Delta \mathbf{y}_{2,t-k} \\ \vdots \\ \Delta \mathbf{y}_{I,t-k} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \boldsymbol{\varepsilon}_{1t} \\ \boldsymbol{\varepsilon}_{2t} \\ \vdots \\ \boldsymbol{\varepsilon}_{It} \end{bmatrix}, \quad (4) \end{aligned}$$

gdzie macierz wariancji-kowariancji wielowymiarowego składnika losowego dana

$$\text{jest jako } \boldsymbol{\Omega} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\Omega}_{11} & \boldsymbol{\Omega}_{12} & \dots & \boldsymbol{\Omega}_{1I} \\ \boldsymbol{\Omega}_{21} & \boldsymbol{\Omega}_{22} & \dots & \boldsymbol{\Omega}_{2I} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \boldsymbol{\Omega}_{I1} & \boldsymbol{\Omega}_{I2} & \dots & \boldsymbol{\Omega}_{II} \end{bmatrix}.$$

Podejście wielorównaniowe uwzględnia zatem występowanie: (i) międzyprzekrojowego wpływu wielowymiarowego składnika losowego, (ii) międzyprzekrojowych związków dynamiki krótkookresowej, (iii) międzyprzekrojowych związków mechanizmów korekty błędem oraz potencjalnie (iv) międzyprzekrojowych związków długookresowych. Występowanie powyższych zależności w procesie generującym szereg przekrojowo czasowy implikuje istnienie krótko- i długookresowej korelacji przekrojowej.

W analizie aktywności wynalazczej założyć można brak występowania międzyprzekrojowych związków długookresowych. Przyjmuje się bowiem, że wydatki przedsiębiorstw z danego kraju na badania i rozwój przełożą się w długim okresie na zgłoszenia patentowe z przedsiębiorstw tego samego kraju. Zatem struktura macierzy związków długookresowych ma postać blokowo-diagonalną:

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \mathbf{B}_{11} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{B}_{22} & \cdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{B}_{II} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

W przypadku blokowo-diagonalnej struktury macierzy związków długookresowych w modelu PVEC zasadne może być postawienie i weryfikowanie hipotezy o wspólnej przestrzeni kointegrującej dla wszystkich przekroi:  $H_0: \mathbf{B}_{11} = \mathbf{B}_{22} = \dots = \mathbf{B}_{II}$ . Macierz

wektorów kointegrujących ma wówczas postać  $\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \mathbf{B}_{II} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{B}_{II} & \cdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{B}_{II} \end{bmatrix}$ , a model PVEC można zapisać jako:

$$\begin{bmatrix} \Delta \mathbf{y}_{1t} \\ \Delta \mathbf{y}_{2t} \\ \vdots \\ \Delta \mathbf{y}_{It} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{11} & \mathbf{A}_{12} & \cdots & \mathbf{A}_{1I} \\ \mathbf{A}_{21} & \mathbf{A}_{22} & \cdots & \mathbf{A}_{2I} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{A}_{I1} & \mathbf{A}_{I2} & \cdots & \mathbf{A}_{II} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{B}'_{II} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{B}'_{II} & \cdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{B}'_{II} \end{bmatrix}' \begin{bmatrix} \mathbf{y}_{1,t-1} \\ \mathbf{y}_{2,t-1} \\ \vdots \\ \mathbf{y}_{I,t-1} \end{bmatrix} + \sum_{k=1}^{K-1} \begin{bmatrix} \Gamma_{11,k} & \Gamma_{12,k} & \cdots & \Gamma_{1I,k} \\ \Gamma_{21,k} & \Gamma_{22,k} & \cdots & \Gamma_{2I,k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Gamma_{I1,k} & \Gamma_{I2,k} & \cdots & \Gamma_{II,k} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \mathbf{y}_{1,t-k} \\ \Delta \mathbf{y}_{2,t-k} \\ \vdots \\ \Delta \mathbf{y}_{I,t-k} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \boldsymbol{\varepsilon}_{1t} \\ \boldsymbol{\varepsilon}_{2t} \\ \vdots \\ \boldsymbol{\varepsilon}_{It} \end{bmatrix}, \quad (6)$$

z niezmienną strukturą macierzy wariancji-kowariancji składnika losowego.

Ze względu na wymiar modelu (3), wnioskowanie o występowaniu związku długookresowego przeprowadzono oddzielnie dla poszczególnych poziomów zaawansowania techniki. Założono zatem, że krótko- i długookresowa korelacja przekrojowa dotyczy przede wszystkim obszarów działalności o zbliżonym poziomie zaawansowania technicznego.

W pierwszym kroku weryfikowano występowanie wspólnego rzędu kointegracji dla danego poziomu zaawansowania techniki. Weryfikowano zatem hipotezę zerową  $H_0 : rz(\Pi_{ii}) = R_i \leq R$  dla  $i = 1, 2, \dots, I$  przeciwko  $H_1 : rz(\Pi_{ii}) = P$  dla  $i = 1, 2, \dots, I$  za pomocą statystyki ilorazu wiarygodności, która przy prawdziwości hipotezy zerowej dąży asymptotycznie do złożenia rozkładu  $\chi^2$  i rozkładu typu Dickey'a-Fullera:

$$LR \xrightarrow{d} \chi^2_{I(I-1)R(P-R)} + \text{tr} \left( \int_0^1 d\mathbf{W}\mathbf{W}' \left[ \int_0^1 \mathbf{W}\mathbf{W}' du \right]^{-1} \int_0^1 \mathbf{W}d\mathbf{W}' \right) \quad (7)$$

gdzie  $T \rightarrow \infty$ , dla ustalonego  $I$ ,

gdzie  $\mathbf{W}$  to  $I(P-R)$ -wymiarowy ruch Browna, a symbol  $\xrightarrow{d}$  oznacza zbieżność według rozkładu, zob. Larsson and Lyhagen (2007).

W przypadku zidentyfikowania wspólnego rzędu kointegracji, w drugim kroku badano zasadność hipotezy o wspólnej przestrzeni kointegrującej dla wszystkich przekroi:  $H_0 : \mathbf{B}_{11} = \mathbf{B}_{22} = \dots = \mathbf{B}_{II}$  za pomocą statystyki ilorazu wiarygodności, która przy prawdziwości hipotezy zerowej dąży asymptotycznie do rozkładu  $\chi^2$ :

$$LR \xrightarrow{d} \chi^2_{(I-1)R(P-R)} \quad \text{gdzie } T \rightarrow \infty, \text{ dla ustalonego } I, \quad (8)$$

zob. Larsson and Lyhagen (2007).

Wyniki przedstawione w tabeli 5 wskazują, że dla dziedziny wysoko zaawansowanej techniki istnieje wspólny rząd kointegracji równy 1 (przy uwzględnieniu poprawki Bartletta dla statystyki ilorazu wiarygodności –  $LR^{BC}$ ) dla panelu państw grupy V4. Jednakże hipoteza o wspólnej przestrzeni kointegrującej dla wszystkich przekroi (wspólnego wektora kointegrującego dla  $R = 1$ ) jest odrzucana przy 5% poziomie istotności. Usunięcie z panelu danych Słowacji, która cechuje się niewielką liczbą zgłoszeń patentowych, pozwala jednak na zidentyfikowanie wspólnego związku długookresowego dla Czech, Węgier i Polski. Należy zauważyć, że nakłady na badania i rozwój pochodzące zarówno ze środków własnych, jak i z dofinansowania publicznego, wywierają istotny wpływ na liczbę zgłoszeń patentowy, przy czym ocena długookresowej elastyczności względem nakładów na badania i rozwój pochodzących ze środków własnych jest wyższa, choć dla danej mało licznej próby i precyzji szacunku różnica ta nie jest istotna statystycznie przy 10% poziomie istotności.



Tabela 5.

Wnioskowanie o strukturze długookresowej, model PVEC,  
wysoko zaawansowana technika

Wspólny rząd kointegracji (CZ, HU, PL, SK)			
$H_0$	$LR$	$LR^{BC}$	$c.v.$
$R = 0$	5502,83	1963,27	307,00
$R = 1$	286,25	137,08	169,15
Wspólny wektor kointegrujący (CZ, HU, PL, SK)			
$H_0$	$LR$	$p.val.$	
$\mathbf{B}_{11} = \mathbf{B}_{22} = \mathbf{B}_{33} = \mathbf{B}_{44}$	38,52	0,03	
Wspólny rząd kointegracji (CZ, HU, PL)			
$H_0$	$LR$	$LR^{BC}$	$c.v.$
$R = 0$	4149,39	1535,40	177,49
$R = 1$	207,01	93,65	97,38
Wspólny wektor kointegrujący (CZ, HU, PL)			
$H_0$	$LR$	$p.val.$	
$\mathbf{B}_{11} = \mathbf{B}_{22} = \mathbf{B}_{33}$	17,21	0,14	
$patepo_{it} = const_t + 0,489_{(3,47)}berdbe_{it} + 0,396_{(2,29)}berdga_{it} + ec_{it}$			

W nawiasach podano statystyki typu  $t$  dla ocen związku długookresowego,  $c.v.$  oraz  $p.val.$  oznaczają odpowiednio: symulowaną wartość krytyczną oraz graniczny poziom istotności.

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki dla średniowysoko zaawansowanej techniki, zob. tabelę 6., prowadzą do zbliżonego wniosku. Zidentyfikowano istnienie wspólnego rzędu kointegracji równego 1, przy czym dla panelu ograniczonego do Czech, Węgier i Polski potwierdzono istnienie wspólnego mechanizmu długookresowego, którego parametry również wskazują na nieznacznie wyższą długookresową elastyczność względem nakładów na B+R finansowanych ze środków własnych, choć ponownie różnica ta nie jest istotna statystycznie.

Tabela 6.

 Wnioskowanie o strukturze długookresowej, model PVEC,  
 średniowysoko zaawansowana technika

Wspólny rząd kointegracji (CZ, HU, PL, SK)			
$H_0$	$LR$	$LR^{BC}$	$c.v.$
$R = 0$	7187,00	2612,59	307,00
$R = 1$	375,63	159,03	169,15
Wspólny wektor kointegrujący (CZ, HU, PL, SK)			
$H_0$	$LR$	$p.val.$	
$\mathbf{B}_{11} = \mathbf{B}_{22} = \mathbf{B}_{33} = \mathbf{B}_{44}$	81,64	0,00	
Wspólny rząd kointegracji (CZ, HU, PL)			
$H_0$	$LR$	$LR^{BC}$	$c.v.$
$R = 0$	4733,13	2092,03	177,49
$R = 1$	185,20	78,41	97,38
Wspólny wektor kointegrujący (CZ, HU, PL)			
$H_0$	$LR$	$p.val.$	
$\mathbf{B}_{11} = \mathbf{B}_{22} = \mathbf{B}_{33}$	12,75	0,39	
$patepo_{it} = const_t + 0,406_{(5,05)}berdbe_{it} + 0,357_{(4,87)}berdga_{it} + ec_{it}$			

W nawiasach podano statystyki typu  $t$  dla ocen związku długookresowego,  $c.v.$  oraz  $p.val.$  oznaczają odpowiednio: symulowaną wartość krytyczną oraz graniczny poziom istotności.

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku dziedziny średnionisko oraz nisko zaawansowanej techniki nie stwierdzono występowania wspólnego rzędu kointegracji (a zatem również wspólnego związku długookresowego), co jest spójne z wynikami analizy jednorównaniowej. W konsekwencji należy przyjąć, że nakłady na badania i rozwój w nisko i średnionisko zaawansowanej technice nie determinują jednoznacznie (ograniczonej) aktywności wynalazczej w tych dziedzinach, tak jak to zachodzi w przypadku dziedzin wysoko i średniowysoko zaawansowanej techniki.

## 5. PODSUMOWANIE

W artykule analizowano związek aktywności wynalazczej w przedsiębiorstwach przemysłowych państw Grupy Wyszehradzkiej, mierzonej za pomocą liczby zgłoszeń do Europejskiego Urzędu Patentowego, z wielkością nakładów na badania i rozwój ponoszonych na poszczególnych poziomach zaawansowania technicznego. Analizę przeprowadzono dla czterostopniowej klasyfikacji zaawansowania technicznego, zaproponowanej przez Hatzichronoglou (1997). Rozważono również, czy rodzaj źródła nakładów na B+R (środki własne, dofinansowanie publiczne) ma wpływ na wynik działalności wynalazczej, tj. na liczbę zgłoszeń patentowych.

Wyniki jedno- i wielorównaniowej analizy kointegracyjnej wskazują, po pierwsze, że długookresowa elastyczność liczby zgłoszeń patentowych względem nakładów na badania i rozwój jest wyższa w przypadku działalności w dziedzinie wysoko zaawansowanej techniki, niż w dziedzinie średniowysoko zaawansowanej techniki. Z kolei, w przypadku średnionisko i nisko zaawansowanej techniki, nakłady na badania i rozwój nie determinują jednoznacznie liczby zgłoszeń patentowych. Po drugie, stosując jednorównaniową analizę kointegracyjną stwierdzono występowanie wyższej elastyczności liczby zgłoszeń patentowych w dziedzinie wysoko zaawansowanej techniki w przypadku aktywności badawczej finansowanej ze środków własnych, niż w przypadku badań finansowanych ze środków publicznych. Należy jednak zastrzec, że z uwagi na ograniczony zakres czasowy danych, powyższe wnioski mogą być jednak specyficzne dla rozważanych metod oraz mało licznej próby i wymagają potwierdzenia dla szeregów o większej liczbie obserwacji w wymiarze czasowym.

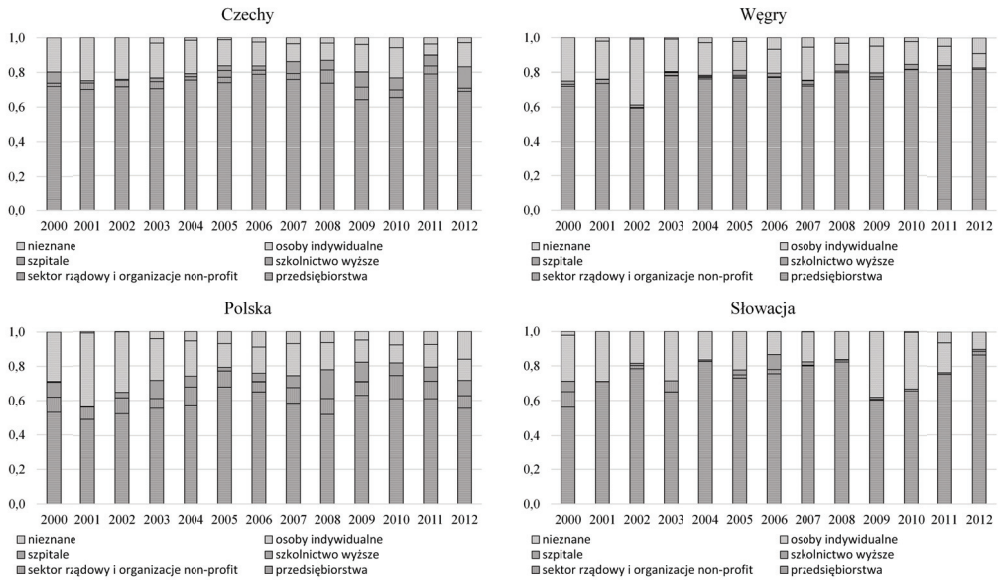
Należy zauważyć, że przeprowadzone badanie może być w przyszłości rozszerzone, przede wszystkim poprzez oddzielne uwzględnienie nakładów na B+R ponoszonych na personel badawczy oraz aparaturę i pozostałe koszty. Po drugie, dłuższe próby powinny móc pozwolić na uwzględnienie zmian poziomu wiedzy personelu badawczego, tj. zmian kapitału ludzkiego.

## LITERATURA

- Griliches Z., (1990), Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey, *Journal of Economic Literature*, 28 (4), 1661–1707.
- Hadri K., (2000), Testing for Stationarity in Heterogeneous Panel Data, *Econometrics Journal*, 3, 148–161.
- Hatzichronoglou T., (1997), Revision of the High-Technology Sector and Product Classification, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, 1997/02.
- Heller J., Bogdański M., (2005), Nakłady na badania i rozwój w Polsce na tle wybranych państw europejskich, *Studia Regionalne i Lokalne*, 4 (22), 59–76.
- High-tech Aggregation by NACE Rev. 2*, ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/ htec\_esms\_an3.pdf, Eurostat.
- Im K. S., Pesaran M. H., Shin Y., (2003), Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels, *Journal of Econometrics*, 115, 53–74.

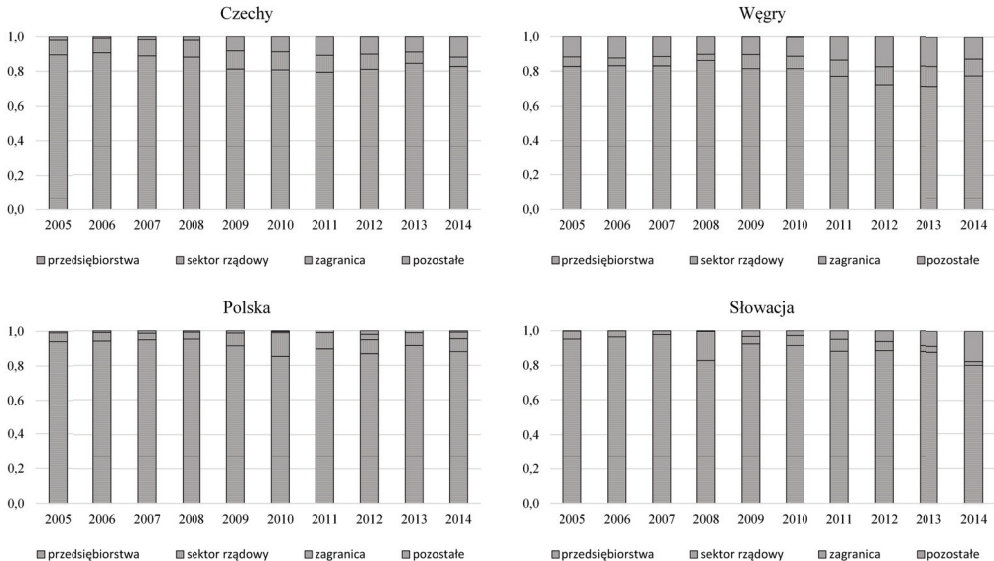
- Kao C., (1999), Spurious Regression and Residual-Based Tests for Cointegration in Panel Data, *Journal of Econometrics*, 90, 1–44.
- Kęblowski P., (2007), Modelowanie zintegrowanych szeregów przekrojowo-czasowych, w: W. Welfe (red.), *Gospodarka oparta na wiedzy*, PWE, Warszawa.
- Kęblowski P., (2009), Modelling Integrated Panel Data: An Overview, w: Welfe W., (red.), *Knowledge-based Economics*, Peter Lang, Frankfurt.
- Kęblowski P., (2011), The Behaviour of Exchange Rates in the Central European Countries and Credit Default Risk Premiums, *Central European Journal of Economic Modelling and Econometrics*, 3, 221–236.
- Kęblowski P., (2016), Canonical Correlation Analysis in Panel Vector Error Correction Model. Performance Comparison, *Central European Journal of Economic Modelling and Econometrics*, 8, 203–217.
- Larsson R., Lyhagen J., (2007), Inference in Panel Cointegration Models with Long Panels, *Journal of Business & Economic Statistics*, 25 (4), 473–483.
- Levin A., Lin C.-F., Chu C.-S. J., (2002), Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite-Sample Properties, *Journal of Econometrics*, 108, 1–24.
- Okoń-Horodyńska E., Sierotowicz T., Wisła R., (2012), *Pomiar aktywności patentowej gałęzi gospodarki z wykorzystaniem tablic konkordancyjnych*, PTE, Warszawa.
- Pedroni P., (2004), Panel Cointegration: Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests with an Application to the PPP Hypothesis, *Econometric Theory*, 20, 597–625.
- Revised Field of Science and Technology (FOS) Classification in the Frascati Manual*, (2007), [www.oecd.org/science/inno/38235147.pdf](http://www.oecd.org/science/inno/38235147.pdf), OECD.
- Schmoch U., (2008), *Concepts of a Technology Classification for Country Comparisons*, Faunhofer Institute for Systems and Innovation Research, Karlsruhe.
- Szajt M., (2015), Przestrzenne zróżnicowanie w finansowaniu działalności B+R jako miara potencjału innowacyjnego, *Prace naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 392, 119–128.
- Szajt M., (2016), Przestrzenno-czasowa analiza aktywności patentowej regionów Unii Europejskiej, *Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego*, 30, 91–104.
- Szczygielski K., Grabowski W., Pamukcu M. T., Tandogan V. S., (2015), Does Government Support for Private Innovation Matter? Firm-Level Evidence from Two Catching-up Countries, *Research Policy*, 46, 219–237.
- Świeczewska I., (2007), Łączna produktywność czynników produkcji. Ucieleśniony kapitał wiedzy, w: Welfe W., (red.), *Gospodarka oparta na wiedzy*, PWE, Warszawa.
- Świeczewska I., (2009), Total Factor Productivity. The Embodied Capital of Knowledge, w: Welfe W., (red.), *Knowledge-Based Economics*, Peter Lang, Frankfurt.
- Welfe W., (2007), Przesłanki modelowania gospodarki opartej na wiedzy, w: Welfe W., (red.), *Gospodarka oparta na wiedzy*, PWE, Warszawa.
- Welfe W., (2009), The Foundations of Modelling a Knowledge-Based Economy, w: Welfe W., (red.), *Knowledge-Based Economics*, Peter Lang, Frankfurt.

## ANEKS



Rysunek A1. Struktura zgłoszeń patentowych w EPO wg sektorów instytucjonalnych

Źródło: opracowanie własne na podstawie bazy danych Eurostat.



Rysunek A2. Struktura nakładów na B+R przedsiębiorstw przemysłowych wg źródeł finansowania

Źródło: opracowanie własne na podstawie bazy danych Eurostat.

## INNOWACYJNOŚĆ PRZEDSIĘBIORSTW PRZEMYSŁOWYCH PAŃSTW GRUPY WYSZEHRADZKIEJ A NAKŁADY NA BADANIA I ROZWÓJ

### Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badania związku aktywności wynalazczej przedsiębiorstw przemysłowych państw Grupy Wyszehradzkiej, mierzonej za pomocą liczby zgłoszeń do Europejskiego Urzędu Patentowego, z wielkością nakładów na badania i rozwój ponoszonych w obszarach działalności gospodarczej o różnym poziomie zaawansowania technicznego. Wyniki jedno- i wielorównaniowej analizy kointegracyjnej danych panelowych dla lat 2005–2014 wskazują, że długookresowa elastyczność liczby zgłoszeń patentowych względem nakładów na badania i rozwój jest wyższa, po pierwsze, w przypadku działalności w dziedzinie wysoko zaawansowanej techniki, niż w dziedzinie średniowysoko zaawansowanej techniki, po drugie, w dziedzinie wysoko zaawansowanej techniki dla aktywności badawczej finansowanej ze środków własnych, niż w przypadku badań finansowanych ze środków publicznych. Stwierdzono również, że w przypadku średnionisko i nisko zaawansowanej techniki, nakłady na badania i rozwój nie determinują jednoznacznie liczby zgłoszeń patentowych.

**Słowa kluczowe:** innowacyjność, zgłoszenia patentowe, poziom zaawansowania technicznego, nakłady na badania i rozwój

## INNOVATIVENESS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES OF THE VISEGRAD GROUP AND THE EXPENDITURES ON RESEARCH AND DEVELOPMENT

### Abstract

In the article the relationship between the inventive activity of the Visegrad Group industrial enterprises and the research and development outlays is investigated. The analysis is conducted for different levels of technological sophistication (high, medium-high, medium-low, low) and patent applications to the European Patent Office are used as a measure of the inventive activity. The results of uni- and multivariate panel cointegration analysis of the yearly data from 2005 to 2014 point out that the long-run elasticity of patent applications to R&D outlays is higher, firstly, for high-technology economic activity than for medium-high, and secondly, for research activity within high-technology level financed from own resources, rather than by public funds. It was also found that in the case of medium-low and low technology level, the R&D outlays do not uniquely determine the number of patent applications.

**Keywords:** innovativeness, patent applications, technology level, R&D outlays