

# **EKONOMETRYCZNA ANALIZA ROZWOJU DZIAŁALNOŚCI BADAWCZO-ROZWOJOWEJ POLSKIEGO SEKTORA ICT W LATACH 2007-2014**

## **Streszczenie:**

Celem opracowania jest analiza rozwoju działalności badawczo-rozwojowej polskiego sektora ICT w latach 2007-2014. W części teoretycznej przedstawiono problematykę związaną z pojęciem i klasyfikacją sektora ICT, a także znaczenie działalności badawczo-rozwojowej sektora ICT dla rozwoju społeczno-gospodarczego. W części empirycznej przedstawiono analizę ekonometryczną nakładów na działalność badawczo-rozwojową polskiego sektora ICT z lat 2007-2014. W oparciu o dane z roczników GUS zdefiniowano szesnaście potencjalnych zmiennych objaśniających. Oszacowano trzy modele ekonometryczne. W najlepiej dopasowanym modelu ostatecznie znalazły się dwie zmienne: przychody netto ze sprzedaży w sektorze ICT oraz przychody netto ze sprzedaży na eksport w usługach ICT.

**Słowa kluczowe:** sektor ICT, działalność badawczo-rozwojowa, wzrost gospodarczy.

## **Wprowadzenie**

Pojęcie ICT (ang. information and communications technologies) oznacza rodzinę technologii służących do przetwarzania, gromadzenia i przesyłania informacji w formie elektronicznej. ICT są określane również jako technologie informacyjno-telekomunikacyjne, teleinformatyczne lub techniki informacyjne [GUS, 2015, s. 17].

Sektor ICT ma niezwykle ważne znaczenie dla rozwoju społeczno-gospodarczego. Rozwój (rozumiany również jako unowocześnienie) każdej gospodarki jest oparty o sektor ICT jako sektor kluczowy. Sektor ICT charakteryzuje się silnym powiązaniem z innymi sektorami, a jego rozwój skutkuje zwiększeniem korzyści płynących z innych gałęzi gospodarki. Osiągnięcia sektora ICT są więc wyznacznikiem kierunków rozwoju całej gospodarki. Wartości wskaźników osią-

gane przez ten sektor są istotnie powiązane z ogólnymi makroekonomicznymi wynikami działalności gospodarczej. Sektor ICT jest więc określany jako sektor strategiczny.

W tym sensie szczególnego znaczenia nabiera działalność badawczo-rozwojowa (B+R) sektora ICT i ponoszone w tej sferze nakłady. Sfera B+R sektora ICT jest stymulatorem innowacyjności w zakresie teleinformatyki. Zatem możliwości poprawy efektywności funkcjonowania pozostałych sektorów gospodarki zależą od osiągnięć B+R sektora ICT.

Celem niniejszego opracowania jest ekonometryczna analiza rozwoju działalności B+R polskiego sektora ICT w latach 2007-2014. Jako wyznacznik rozwoju działalności B+R przyjęto poziom ponoszonych w tym zakresie nakładów. Oszacowane modele ekonometryczne nakładów na B+R mogą być źródłem interpretacji oddziaływania istotnych zmiennych objaśniających na zmienną zależną [Kuszeński, 2004a, s. 40-41] oraz mogą stanowić narzędzia prognostyczne [Zeliaś, Pawełek i Wanat, 2004, s. 184-199].

## **1. Problemy definicyjne i klasyfikacyjne sektora ICT**

Definicja sektora ICT została opracowana w 1998 r. przez (powołaną przy OECD) Grupę Roboczą ds. Wskaźników Społeczeństwa Informacyjnego (Working Party for Indicators on Information Society – WPIIS). Definicja została sformułowana, aby umożliwić gromadzenie danych służących do porównań międzynarodowych. Uznano wówczas, że sektor ICT obejmuje przedsiębiorstwa, których główny rodzaj działalności polega na produkcji dóbr i usług umożliwiających elektroniczne rejestrowanie, przetwarzanie, transmitowanie, odtwarzanie lub wyświetlanie informacji. Wykorzystano wówczas klasyfikację działalności opartą o standardy międzynarodowe – ISIC Rev. 3.1 (ang. the International Standard Industrial Classification of All Economic Activities). Definicję ustaloną przez OECD wykorzystano do określenia polskiego sektora ICT.

W Polsce do 2003 r. klasyfikację sektora ICT określała Polska Klasyfikacja Działalności (PKD) z 1997 r., która odpowiadała Statystycznej Klasyfikacji Działalności Gospodarczej Unii Europejskiej NACE Rev. 1 (fr. Nomenclature statistique des Activités économiques dans la Communauté Européenne). W latach 2004-2008 polski sektor ICT był klasyfikowany według PKD przyjętej w tym 2004 r., która była skonstruowana w oparciu o Statystyczną Klasyfikację Działalności Gospodarczej Unii Europejskiej NACE rev. 1.1, a także obowiązywała nieco inna definicja. Zatem według PKD z 2004 r., sektor ICT nadal obejmował produkcję ICT oraz trzy rodzaje usług ICT (sprzedaż hurtową ICT, telekomunikację oraz usługi informatyczne). Jednak w obowiązującej (w latach 2004-2008) klasyfikacji polskiego sektora ICT, sprzedaż hurtowa ICT była rozumiana jako: sprzedaż hurtowa komputerów, urządzeń peryferyjnych i oprogramowania oraz sprzedaż hurtowa części elektronicznych. W poprzedniej klasyfikacji (obowiązującej do 2003 r.) sprzedaż hurtowa ICT obejmowała: sprzedaż hurtową elektronicznych artykułów gospodarstwa domowego i artykułów radiowo-telewizyjnych, sprzedaż hurtową maszyn i urządzeń biurowych dla przemysłu, handlu

i transportu wodnego. Zmiana dotycząca sprzedaży hurtowej usług ICT w 2004 r. była najpoważniejszą różnicą pomiędzy analizowanymi klasyfikacjami, która spowodowała spadek odnotowanych wartości wskaźników w 2004 r. w zakresie usług ICT (np. liczba firm) w porównaniu do wartości poprzedzających, a w konsekwencji również spadek dla całego sektora ICT [GUS, 2008, s. 7-14].

Obecne rozumienie sektora ICT w Polsce jest oparte o Statystyczną Klasyfikację Działalności Gospodarczej Unii Europejskiej NACE Rev. 2, której odpowiada PKD z 2007 r. Na klasyfikacji NACE Rev. 2 bazuje również definicja z 2007 r. sformułowana przez WPIIS przy OECD. Według tej definicji do sektora ICT zaliczane są przedsiębiorstwa: produkujące dobra umożliwiające elektroniczne przetwarzanie informacji i komunikację włączając w to transmisję i wyświetlanie, a także przedsiębiorstwa świadczące usługi pozwalające na elektroniczne przetwarzanie informacji i komunikację. Z poprzedniej definicji (obowiązującej w latach 2004-2008) wyeliminowano przedsiębiorstwa produkujące dobra, które pozwalają na korzystanie z elektronicznego przetwarzania do wykrywania, pomiaru i/lub zapisu zjawisk fizycznych.

Według PKD z 2007 r. sektor ICT zachował dotychczasową ogólną strukturę tzn. podział na produkcję ICT oraz usługi ICT, a także zachował klasyfikację usług ICT tj. sprzedaż hurtową ICT, telekomunikację i usługi informatyczne. Jednak w samym zakresie wymienionych komponentów zaszły znaczące zmiany [GUS, 2012, s. 17-18].

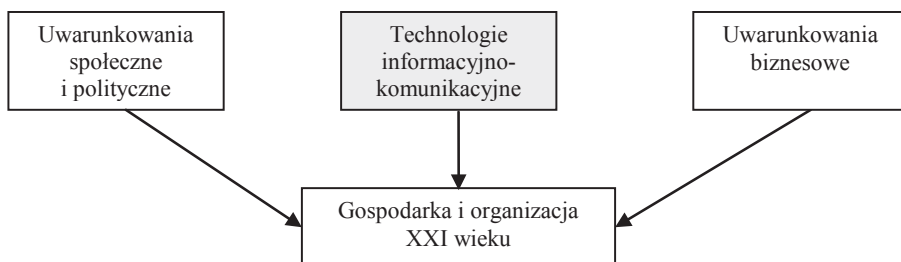
Zmiana dokonana w 2004 r. w PKD była na tyle istotna, że nie istnieją możliwości porównania wyników działalności sektora ICT z lat 2000-2003 z wynikami pochodzącymi z okresu 2004-2006. Z kolei zmiany definicji i klasyfikacji dokonane w 2007 r. uniemożliwiły porównanie wartości wskaźników obu wymienionych przedziałów czasowych z okresem 2007-2014. Fakt ten spowodował, że w niniejszej publikacji wykorzystano wartości wskaźników sektora ICT z okresu 2007-2014. Obowiązywała wówczas jedna definicja i klasyfikacja tego sektora.

W odniesieniu do roku 2014 r. dostępne są jedynie dane opracowane z wykorzystaniem nowej metodologii. Zatem podane przez GUS wartości określonych wskaźników (np. liczba przedsiębiorstw i pracujących w sektorze ICT, przychody netto ze sprzedaży produktów w sektorze ICT) obejmują przedsiębiorstwa prowadzące księgę przychodów i rozchodów. W latach poprzednich wskaźniki te wyznaczano jedynie na podstawie przedsiębiorstw prowadzących księgi rachunkowe.

Klasyfikowanie przedsiębiorstw do sektora ICT według głównego rodzaju działalności skutkuje pewnymi niedokładnościami. Ze względu na to, że sektor ICT nie jest jedynym dostarczycielem produktów i usług teleinformatyki, nie jest możliwe dokładne określenie globalnej wartości produktów i usług ICT. Produkcja tego typu produktów i usług istnieje w wielu branżach i może stanowić działalność poboczną. Na przykład banki lub przedsiębiorstwa przemysłowe nie należą do sektora ICT, a jednak posiadają komórki IT, które tworzą oprogramowanie na potrzeby własnego przedsiębiorstwa. Zatem przychód ze sprzedaży sektora ICT nie jest równoznaczny z wartością rynku ICT.

## 2. Znaczenie działalności badawczo-rozwojowej w sektorze ICT dla rozwoju społeczno-gospodarczego

Wśród podstawowych sił kształtujących obecnie obraz gospodarki i organizacji XXI wieku oraz sposób zarządzania nimi są technologie informacyjno-komunikacyjne. Pozostałymi siłami są uwarunkowania społeczne i polityczne, a także uwarunkowania biznesowe (rys. 1). W celu podejmowania odpowiednich decyzji konieczne jest poznanie istoty i ważnych zmian, które zaszły we wszystkich tych obszarach [Olszak, 2007, s. 17-24].



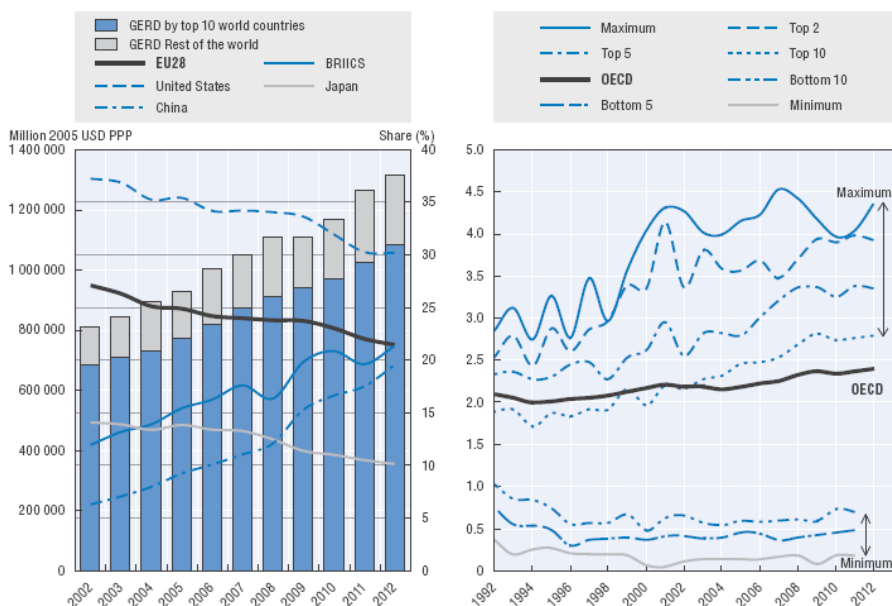
**Rysunek 1. Podstawowe siły kształtujące obraz współczesnej organizacji i gospodarki**

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Olszak [2007, s. 18].

Osiągnięcie i utrzymywanie międzynarodowego poziomu konkurencyjności gospodarki narodowej uzależnione jest od szybko rozwijających się, nowoczesnych sektorów, którymi są sektory wysokich technologii. Przykładem takiego sektora jest sektor ICT. Od blisko dwudziestu lat w gospodarce UE obserwowany jest coraz bardziej znaczący wpływ sektora ICT na poprawę wydajności pracy, produktywności kapitału i wzrost gospodarczy. Wpływ sektora ICT na rozwój gospodarczy krajów polega na tym, że wytworzone w ramach tego sektora produkty i usługi są wykorzystywane przez inne sektory gospodarki, które dzięki temu osiągają poprawę wyników swojej działalności. Można zatem stwierdzić, że sektor ICT oddziałując na inne sektory, wpływa na gospodarkę poprzez tworzenie wartości dodanej. Przykładem kraju, który swój wzrost gospodarczy oparł o rozwój sektora ICT są Chiny [www 1]. Sektor ICT ma również istotny wpływ na rozwój społeczny kraju. Wpływa bowiem na wzrost standardów życia i zwiększenie dobrobytu społecznego. W polskim sektorze ICT największy udział w przychodach netto ze sprzedaży zajmują usługi telekomunikacyjne, co związane jest z dynamicznym rozwojem segmentu telefonii mobilnej i segmentu dostępu do Internetu [Kaczmarczyk, 2015, s. 44-52].

Pojęcie działalności badawczo-rozwojowej to jeden z najważniejszych czynników działalności innowacyjnej. Działalność B+R obejmuje prace twórcze realizowane w sposób systematyczny w celu zwiększenia zasobów wiedzy oraz wykorzystanie jej do tworzenia nowych zastosowań [OECD, 2002, s. 30]. Światowe nakłady na sferę B+R charakteryzują się trendem rosnącym. Poziom nakładów jest przedstawiany z wykorzystaniem wskaźnika GERD (ang. gross

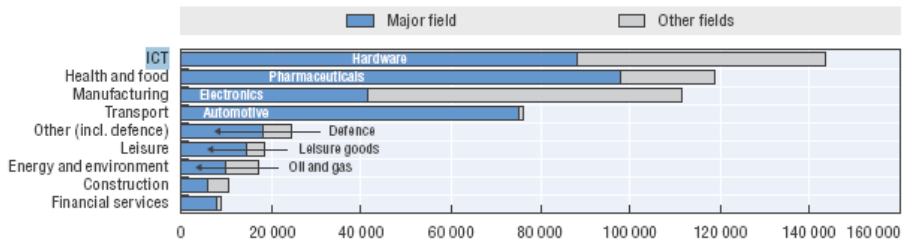
expenditure on research and development) [KMPG, 2013, s. 9]. W 2012 r. wskaźnik ten wyniósł prawie 1400 miliardów USD, podczas gdy w roku 2002 przekroczył nieco 800 miliardów USD. W tym kontekście maleje udział dziesięciu krajów (pomimo także wzrostowego trendu ich nakładów), które dominują pod względem analizowanego zjawiska (wyk. 1).



**Wykres 1. Światowe wydatki na działalność B+R**

Źródło: OECD [2014, s. 55].

Niezwykle ważnym zagadnieniem jest rozwój działalności B+R sektora ICT, bowiem działalność ta ma kluczowy związek z innowacyjnością tego sektora. Inwestycje w B+R w sektorze ICT skutkują podwyższeniem poziomu jego innowacyjności. Innowacyjność w tym sektorze stymuluje z kolei innowacyjność w innych ważnych sektorach gospodarki. Nakłady poniesione (na B+R według rodzaju branży w 2013 r.) przez 2000 największych na świecie przedsiębiorstw przedstawia wyk. 2. Pierwsze miejsce pod względem nakładów na B+R zajmuje sektor ICT, gdzie największy udział mają nakłady na sprzęt komputerowy. Przyjęte w badaniu firmy, na działalność B+R w sektorze ICT, wydały ponad 140 miliardów euro, z czego blisko 90 miliardów stanowiły wydatki na sprzęt komputerowy.



**Wykres 2. Główny obszar inwestycji w B+R dokonywanych przez największe korporacje (w mln euro)**

Źródło: OECD [2014, s. 60].

Odpowiedni poziom rozwoju sektora ICT stymuluje rozwinięte kraje do ewolucji w kierunku gospodarek opartych na wiedzy, a więc odchodzenie od gospodarek opartych na kapitale i pracy. W tym kontekście można sformułować stwierdzenie, że rozwój sektora ICT jest czynnikiem rozwoju gospodarek opartych na wiedzy [Przybyszewski, 2007]. Rozwój sektora ICT jest także związany z rozwojem takich pojęć jak: gospodarka cyfrowa [Olszak i Ziemia (red.), 2007], gospodarka postindustrialna [Piotrkowski i Świątkowski (red.), 2009], czy społeczeństwo informacyjne [Haber (red.), 2011; Kaczmarczyk, 2016, s. 45-64].

### 3. Empiryczne analizy rozwoju sfery badawczo-rozwojowej polskiego sektora ICT

Przeprowadzone w tym punkcie opracowania analizy zostały oparte o roczne obserwacje siedmiu zmiennych z okresu 2007–2014. Źródło danych stanowiły publikacje GUS dotyczące społeczeństwa informacyjnego w Polsce. Przedmiotem badania były ekonometryczne modele wartości nakładów na działalność B+R sektora ICT. Celem badania był wybór najlepiej dopasowanej regresji niezależnie od jej przynależności typologicznej (przyczynowo-skutkowej albo symptomatycznej, liniowej bądź nieliniowej, jednokrotnej lub wielokrotnej). Kryterium wyboru potencjalnych zmiennych objaśniających stanowiło więc, wynikające z teoretycznego podejścia, istnienie potencjalnych związków przyczynowo-skutkowych, ale do grupy tych zmiennych zaliczono również zmienną czasową. Zestawienie wszystkich analizowanych zmiennych wraz z ich oznaczeniami przedstawiono w tab. 1.

**Tabela 1. Wykaz zmiennych wykorzystanych w przeprowadzonych badaniach**

<b>Zmienna</b>	<b>Objaśnienie zmiennej</b>
ROK	Numer roku
L_PRZED	Liczba przedsiębiorstw w sektorze ICT
L_PRZED_P	Liczba przedsiębiorstw w produkcji ICT
L_PRZED_U	Liczba przedsiębiorstw w usługach ICT
L_PRAC	Liczba pracujących w sektorze ICT
L_PRAC_P	Liczba pracujących w produkcji ICT
L_PRAC_U	Liczba pracujących w usługach ICT
PRZYCH	Przychody netto ze sprzedaży w sektorze ICT w mln zł
PRZYCH_P	Przychody netto ze sprzedaży w produkcji ICT w mln zł
PRZYCH_U	Przychody netto ze sprzedaży w usługach ICT w mln zł
PRZYCH_E	Przychody netto ze sprzedaży na eksport w sektorze ICT w mln zł
PRZYCH_E_P	Przychody netto ze sprzedaży na eksport w produkcji ICT w mln zł
PRZYCH_E_U	Przychody netto ze sprzedaży na eksport w usługach ICT w mln zł
U_PRZYCH_E	Udział przychodów netto ze sprzedaży na eksport w sektorze ICT w ogólnej wartości eksportu w %
U_PRZYCH_E_P	Udział przychodów netto ze sprzedaży na eksport w produkcji ICT w wartości eksportu produkcji w %
U_PRZYCH_E_U	Udział przychodów netto ze sprzedaży na eksport w usługach ICT w wartości eksportu usług w %
B_R	Nakłady na działalność B+R w sektorze ICT w mln zł

Źródło: Opracowanie własne na podstawie GUS [2008, 2012, 2015].

Wyznaczono podstawowe statystyki opisowe bezwarunkowych rozkładów wszystkich zmiennych, a także współczynniki korelacji liniowej Pearsona pomiędzy potencjalnymi zmiennymi objaśniającymi a zmienną B\_R. Wyniki zestawiono w tab. 2.



**Tabela 2. Statystyki opisowe bezwarunkowych rozkładów wszystkich zmiennych**

Zmienna	Średnia	Odchyl. std	Wsp. zmienności	Wsp. korelacji	Poziom istotności
ROK	4,5000	2,4495	54,43%	0,9870	$p = 0,0000$
L_PRZED	1509,0000	351,5508	23,30%	0,9481	$p = 0,0003$
L_PRZED_P	214,3750	13,1468	6,13%	0,3140	$p = 0,4488$
L_PRZED_U	1294,6250	346,1725	26,74%	0,9509	$p = 0,0003$
L_PRAC	169591,0000	15270,1288	9,00%	0,9629	$p = 0,0001$
L_PRAC_P	43065,8750	4177,4664	9,70%	-0,7446	$p = 0,0341$
L_PRAC_U	126521,7500	18709,5583	14,79%	0,9518	$p = 0,0003$
PRZYCH	112130,5375	16589,1875	14,79%	0,9865	$p = 0,0000$
PRZYCH_P	31330,4875	5288,1206	16,88%	0,5278	$p = 0,1788$
PRZYCH_U	80800,0500	13928,2300	17,24%	0,9746	$p = 0,0000$
PRZYCH_E	29236,7750	6279,7275	21,48%	0,9445	$p = 0,0004$
PRZYCH_E_P	20378,5625	3556,2207	17,45%	0,4559	$p = 0,2563$
PRZYCH_E_U	8858,2500	4514,0914	50,96%	0,9548	$p = 0,0002$
U_PRZYCH_E	6,3000	0,6547	10,39%	-0,0225	$p = 0,9578$
U_PRZYCH_E_P	5,7000	1,1832	20,76%	-0,5648	$p = 0,1446$
U_PRZYCH_E_U	8,3625	2,2778	27,24%	0,9548	$p = 0,0002$
B_R	822,1000	494,5294	60,15%	1,0000	----

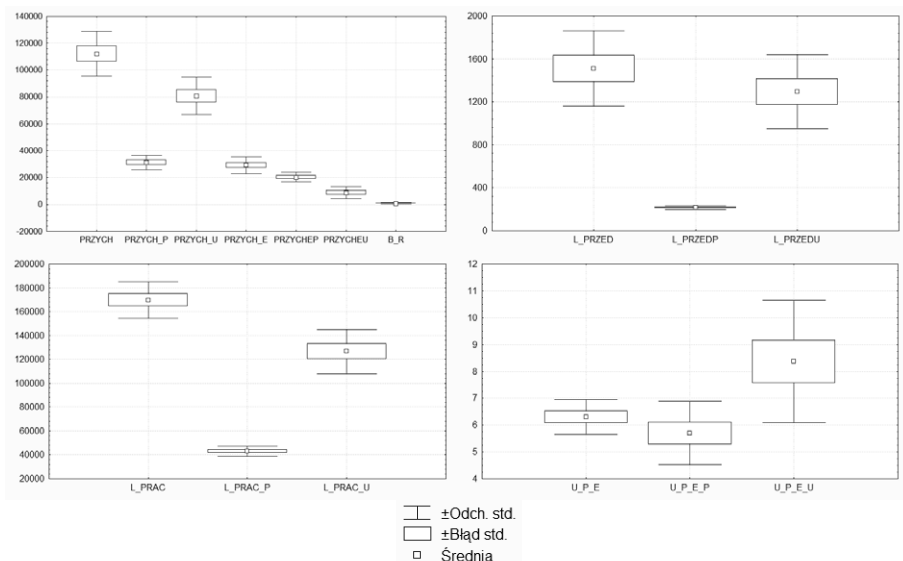
Wartości współczynników korelacji, dla których  $p < 0,05$  są statystycznie istotne.

Źródło: Obliczenia własne na podstawie GUS [2008, 2012, 2015].

Obliczone współczynniki zmienności umożliwiły określenie poziomu zróżnicowania rozkładu każdej zmiennej, a także przeprowadzenie analiz porównawczych. Analizowany okres czasu (w kontekście wspomnianych aspektów polskiego sektora ICT) jest najbardziej zróżnicowany pod względem nakładów na działalność B+R w sektorze ICT (zmienna B\_R), a najmniej pod względem liczby przedsiębiorstw w produkcji ICT (zmienna L\_PRZED\_P).

W celu ułatwienia analizy wyznaczonych statystyk, bezwarunkowych rozkładów uwzględnionych zmiennych, wykorzystano prezentacje graficzne. Zatem statystyki opisowe rozkładów przedstawiono również w postaci grupowych wykresów ramkowych, przy czym zmienne poklasyfikowano według kryterium jednostki pomiaru. Przedstawiono to na wyk. 3.



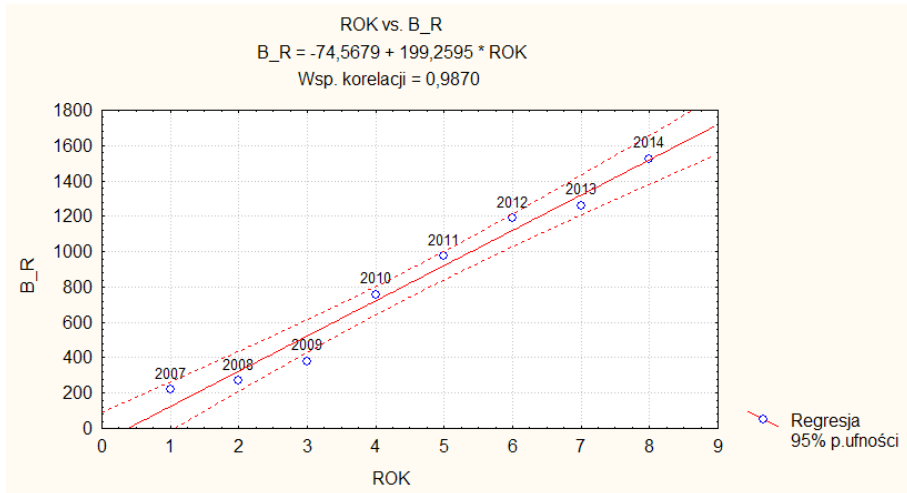


**Wykres 3. Grupowe wykresy ramkowe rozkładów zmiennych**

Źródło: Opracowanie własne na podstawie GUS [2008, 2012, 2015].

Bezwarunkowe błędy i odchylenia standardowe nie wykazują liczbowej regularności ze względu na spadek lub wzrost poziomu średnich bezwarunkowych, co jest szczególnie widoczne w trzech grupach zmiennych dotyczących przychodów netto ze sprzedaży, liczby pracowników oraz udziału przychodów netto ze sprzedaży na eksport, gdzie wzrost średniej nie wiąże się z konsekwentnym wzrostem odchylenia standardowego. Biorąc pod uwagę średnie przychody netto ze sprzedaży w analizowanym sektorze, to średni przychód w usługach jest zdecydowanie wyższy od średniego przychodu w produkcji. Jednak odnosząc się do średnich przychodów netto ze sprzedaży na eksport należy stwierdzić, że średnia dla produkcji jest wyższa niż dla usług (choć z mniejszą różnicą niż w przypadku przewagi usług nad produktami w pierwszym z dokonanych porównań). Nie znajduje to jednak odzwierciedlenia w udziale przychodów netto ze sprzedaży na eksport w podziale na produkcję i usługi ICT, gdzie udział usług jest znacznie wyższy od udziału produkcji, a w konsekwencji wyższy od udziału całego sektora. Średnia liczba przedsiębiorstw w usługach ICT jest znacznie wyższa od analogicznej średniej dla produkcji ICT. Relacja ta przekłada się również na strukturę zatrudnienia w sektorze ICT ze względu na rodzaj działalności (usługi lub produkcja).

Wyznaczone wartości współczynników korelacji liniowej Pearsona pomiędzy zmienną objaśnianą i wszystkimi potencjalnymi zmiennymi objaśniającymi wskazują, że najwyższą istotną współzależność uzyskano w parze B\_R-ROK. Wykres rozrzutu wraz z funkcją regresji liniowej o kierunku B\_R / ROK (funkcją trendu) przedstawiono na wyk. 4.

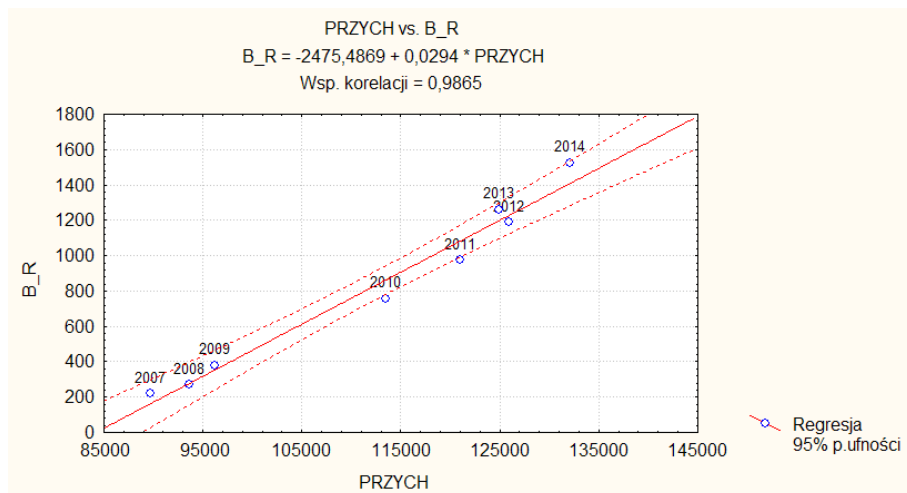


**Wykres 4. Dwuwymiarowy wykres rozrzutu nakładów na działalność B+R sektora ICT względem badanych lat**

Źródło: Opracowanie własne na podstawie GUS [2008, 2012, 2015].

Na wykresie uwzględniono przedziały ufności (95-procentowe) w postaci krzywych ufności Neymana. Najkrótszy przedział odpowiada punktowi o współrzędnych (4,5; 822,1), którymi są średnie arytmetyczne obserwacji zmiennej czasowej oraz obserwacji nakładów na działalność badawczo-rozwojową sektora ICT. Współrzędne jednego z punktów (tj. dla 2009 r.) wyraźnie znajdują się poza nakreślonymi granicami ufności. Ze względu na analizowany kontekst badawczy jest to spowodowane zbyt niskim przyrostem nakładów na działalność B+R w roku 2009. Wartość zmiennej  $B\_R$  w 2009 r. nie jest jednak obserwacją odstającą, co potwierdzają wyniki przeprowadzonego testu Grubbsa [Dittmann i in., 2011, s. 41-50]. Otrzymana wartość empiryczna statystyki  $T_{emp} = 1,42$  jest niższa od wartości krytycznej (odczytanej z tablic Grubbsa dla  $n = 8$ )  $T = 2,03$ , co świadczy, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy  $H_0$  o nieistnieniu obserwacji odstających w badanym szeregu czasowym. Oszacowany model trendu ( $R^2 = 0,9741$ ;  $s = 85,9577$ ;  $F = 225,6929$  oraz  $p < 0,05$ ) posiada istotną statystycznie zmienną objaśniającą, zatem teoretyczny (roczny) wzrost wartości nakładów na sferę B+R wynosi przeciętnie 199,2595 mln zł.

Znaczącą oraz istotną korelację (nieco niższą jednak od poprzednio analizowanej) uzyskano dla przychodów netto ze sprzedaży w sektorze ICT (zmienna PRZYCH). W związku z tym badanie zależności liniowej zmiennych rozszerzono o analizę wizualną i estymację linii regresji (wyk. 5).



**Wykres 5. Dwuwymiarowy wykres rozrzutu nakładów na działalność B+R sektora ICT względem przychodów netto ze sprzedaży tego sektora**

Źródło: Opracowanie własne na podstawie GUS [2008, 2012, 2015].

Analiza wizualna wykresu z przedziałami ufności umożliwia identyfikację potencjalnych obserwacji odstających. Zatem wstępnie wybrano punkt reprezentujący rok 2010. Ponadto można zauważyć, że współrzędne punktów odpowiadające obserwacjom z lat 2011 i 2014 znajdują się na granicy uwzględnionych przedziałów. Podjęto zatem procedurę identyfikacji obserwacji odstających (wpływowch bądź nietypowych). Ze względu na typ analizowanych danych (wielowymiarowy szereg czasowy) zastosowano odległości Cooka oraz standaryzowane reszty modelu [Dittmann i in., 2011, s. 58-64]. Obliczone odległości Cooka wskazują na brak obserwacji wpływowch, natomiast otrzymane wartości standaryzowanych reszt świadczą o braku obserwacji nietypowych. Zaprezentowany na wykresie model regresji jednokrotnej również charakteryzował się bardzo dobrym dopasowaniem do obserwacji empirycznych ( $R^2 = 0,9732$ ;  $s = 87,4132$ ;  $F = 218,0412$  oraz  $p < 0,05$ ), co uzasadnia interpretację ekonomiczną oszacowania parametru strukturalnego przy zmiennej PRZYCH. Wraz ze wzrostem przychodów netto ze sprzedaży w sektorze ICT o 1 mln zł, wartość nakładów na sferę B+R rośnie przeciętnie o 0,0294 mln zł.

Następnie podjęto prace związane estymacją możliwie najlepszego modelu opisującego kształtowanie wartości nakładów na działalność badawczo-rozwojową sektora ICT w przyjętym przedziale czasu. Wykorzystano metodę krokową postępującą. W kolejnych krokach do modelu przyjmowano kolejne zmienne objaśniające przy założeniu statystyki Fishera-Snedecora do wprowadzenia  $F_{wprop} = 2$  oraz statystyki Fishera-Snedecora do eliminacji  $F_{elimin} = 1$ .

Spśród wszystkich potencjalnych zmiennych objaśniających, do modelu wybrana została zmienna PRZYCH, PRZYCH\_E\_U oraz U\_PRZYCH\_E\_U. Następnie w celu wyeliminowania zjawiska współliniowości, z modelu usunięto

zmienną  $U\_PRZYCH\_E\_U$ . Wyniki estymacji ostatecznego modelu przedstawiono w tab. 3.

**Tabela 3. Wyniki badania istotności parametrów strukturalnych modelu**

N = 8	BETA	Błąd std. BETA	B	Błąd std. B	t(4)	poziom p
<b>W. wolny</b>			-1768,6581	186,2712	-9,4951	0,0002
<b>PRZYCH</b>	0,6750	0,0743	0,0201	0,0022	9,0884	0,0003
<b>PRZYCH_E_U</b>	0,3446	0,0743	0,0378	0,0081	4,6403	0,0056

Źródło: Obliczenia własne na podstawie GUS [2008, 2012, 2015].

Otrzymany model jest zatem następującej postaci:

$$B\_R = -1768,6581 + 0,0201 \cdot PRZYCH + 0,0378 \cdot PRZYCH\_E\_U + e.$$

Wszystkie oceny parametrów strukturalnych są statystycznie istotne. W przypadku wszystkich parametrów strukturalnych została spełniona nierówność  $p < 0,05$ . Biorąc pod uwagę zgodność znaków odpowiednich współczynników korelacji (tab. 1) i ocen parametrów strukturalnych modelu, można sformułować wniosek, że model jest koicydentny.

Wartości współczynników pozwalających na pełną ocenę stopnia dopasowania modelu do danych zaprezentowano w tab. 4

**Tabela 4. Podsumowanie modelu regresji**

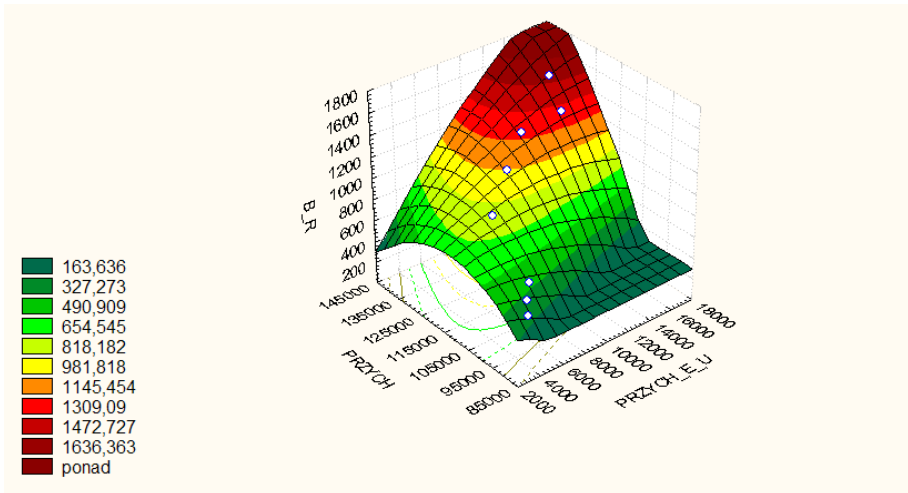
Parametr	R	R <sup>2</sup>	popr. R <sup>2</sup>	F	df	p	s
<b>Wartość</b>	0,9975	0,9950	0,9929	492,8566	2; 5	0,0000	41,5688

Źródło: Obliczenia własne na podstawie GUS [2008, 2012, 2015].

Przedstawione w tab. 4 wskaźniki stopnia dopasowania modelu do danych pozwalają sformułować wniosek, że oszacowany model regresji wielokrotnej zdecydowanie lepiej opisuje zmienność zmiennej  $B\_R$  w porównaniu do analizowanych wcześniej dwóch modeli. Istotność parametrów strukturalnych modelu potwierdza bardzo niska wartość poziomu istotności  $p$  (znacznie niższa od poziomu zadeklarowanego  $p = 0,05$ ) dla statystyki  $F = 492,8566$ .

Wyniki badania nadmiarowości pozwoliły wykluczyć istnienie współliniowości zmiennych objaśniających. Zmienne objaśniające wyróżniały relatywnie wysokie (wyższe od wartości progowej) wartości tolerancji, a także najwyższe wartości korelacji cząstkowej i semicząstkowej. Czynniki inflacji wariancji (CIW) [Kuszeński, 2004b, s. 81-84] wyniósł 5,46. Nie stwierdzono zatem zjawiska trwałego zakłócenia jakości skonstruowanego modelu przez współliniowość, które jest identyfikowane przy spełnieniu nierówności  $CIW > 10$ . Ponadto nie stwierdzono również efektu katalizy [Rocki, 2000, s. 50-53].

Zależność nakładów na działalność badawczo-rozwojową w polskim sektorze ICT od przychodów netto ze sprzedaży w tym sektorze oraz od przychodów netto ze sprzedaży na eksport w usługach ICT w latach 2007-2014 przedstawiono na poniższym wykresie.

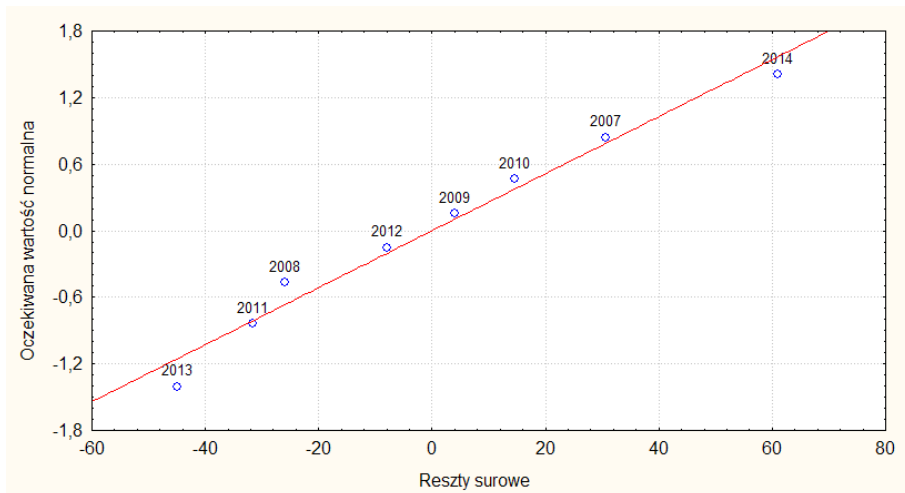


**Wykres 6. Trójwymiarowy wykres rozrzutu nakładów na B+R sektora ICT względem przychodów netto ze sprzedaży sektora ICT oraz przychodów netto ze sprzedaży na eksport w usługach ICT**

Źródło: Opracowanie własne na podstawie GUS [2008, 2012, 2015].

Przyjmując za podstawę interpretacji ekonomicznej model regresji wielorakiej można zauważyć, że wzrost przychodów netto ze sprzedaży w sektorze ICT o 1 mln zł powoduje wzrost wydatków na działalność B+R średnio o 20100 zł. Natomiast przyrost przychodów netto ze sprzedaży na eksport w usługach ICT o 1 mln zł skutkuje wzrostem nakładów na działalność B+R średnio o 37800 zł.

Ocenę dopasowania modelu uzupełniono o weryfikację własności reszt modelu. Przeprowadzono więc badania autokorelacji, losowości, symetrii i normalności rozkładu reszt modelu [Luszniewicz i Słaby, 2008, s. 229-241]. Wszystkie obliczone standaryzowane reszty modelu wyraźnie znajdują się w przedziale zmiennej  $t$ -Studenta (2,571; -2,571) dla  $p = 0,05$  oraz  $k = 5$ . Nie można więc stwierdzić istotnego odkształcenia empirycznego rozkładu reszt od standardowego rozkładu normalnego (wyk. 7).



**Wykres 7. Normalny wykres prawdopodobieństwa reszt**

Źródło: Opracowanie własne na podstawie GUS [2008, 2012, 2015].

W odniesieniu do kolejnych badanych własności reszt modelu potwierdzono symetrię rozkładu. Otrzymana wartość empiryczna  $t_{emp} = 0$  jest najmniejsza z możliwych i oczywiście mniejsza od wartości krytycznej  $t_{\alpha} = 2,365$  (odczytanej z tablic rozkładu  $t$ -Studenta dla  $p = 0,05$  oraz  $n = 7$ ). Następnie stwierdzono brak podstaw do odrzucenia hipotezy  $H_0$  o losowości rozkładu reszt modelu. Wartość empiryczna statystyki  $k_{emp} = 5$  (empiryczna liczba serii) jest równa liczbie optymalnej  $(2 + n_A + n_B)/2 = 5$  (gdzie  $n_A = 4$  oraz  $n_B = 4$ ). Dla  $p = 0,05$  z tablic rozkładu serii odczytano dolną i górną wartość krytyczną  $k_1 = 2$  oraz  $k_2 = 8$ . Spełniona została nierówność  $k_1 < k_{emp} < k_2$ . Zbyt mała liczba obserwacji uniemożliwiła weryfikację hipotezy  $H_0$  o braku autokorelacji reszt modelu.

## Podsumowanie

Wszystkie analizowane modele nakładów na działalność B+R w polskim sektorze ICT (dwa modele regresji jednokrotnej oraz model regresji wielorakiej) charakteryzowały się bardzo dobrym dopasowaniem do danych empirycznych. Największe możliwości aproksymacyjne wykazano jednak dla modelu regresji wielorakiej ( $R^2 = 0,9950$ ;  $s = 41,5688$ ;  $F = 492,8566$  oraz  $p < 0,05$ ), który wyjaśniał aż 99,5% zmienności nakładów na działalność B+R w latach 2007-2014. Jako zmienne objaśniające w tym modelu wykorzystano przychody netto ze sprzedaży w sektorze ICT oraz przychody netto ze sprzedaży na eksport w usługach ICT. Były to zmienne, które zostały wybrane spośród szesnastu potencjalnych zmiennych objaśniających dotyczących polskiego sektora ICT w analizowanym przedziale czasu.

Biorąc pod uwagę zastosowania badanych modeli należy zauważyć, że (spośród wszystkich badanych regresji) model regresji wielorakiej umożliwia najbardziej precyzyjną interpretację ekonomiczną badanej zależności, tzn. okre-

ślenie wpływu jednostkowych przyrostów wartości zmiennych objaśniających na zmienną zależną. Natomiast w kontekście zastosowań prognostycznych, relatywnie najprostszym modelem jest oszacowany model trendu, ponieważ wyznaczenie przyszłych wartości zmiennej zależnej sprowadza się jedynie do rozszerzenia analizy o kolejne wartości zmiennej czasowej, bez konieczności prognozowania wartości zmiennych objaśniających.

## Literatura

- Dittmann Paweł, Szabela-Pasierbińska Ewa, Dittmann Iwona, Szpulak Aleksandra. 2011. *Prognozowanie w zarządzaniu sprzedażą i finansami przedsiębiorstwa*. Warszawa: Wolters Kluwer Polska.
- GUS. 2008. *Spółeczeństwo informacyjne w Polsce. Wyniki badań statystycznych z lat 2004-2006*. Warszawa.
- GUS. 2012. *Spółeczeństwo informacyjne w Polsce. Wyniki badań statystycznych z lat 2007-2011*. Warszawa.
- GUS. 2015. *Spółeczeństwo informacyjne w Polsce. Wyniki badań statystycznych z lat 2011-2015*. Warszawa.
- KPMG. 2013. *Działalność badawczo-rozwojowa przedsiębiorstw w Polsce*.
- Haber Lesław Henryk (red.). 2011. *Komunikowanie i zarządzanie w społeczeństwie informacyjnym. Wybrane zagadnienia*. Kraków: NOMOS.
- Kaczmarczyk Paweł. 2015. *Analizy statystyczne i techniki predykcyjne rynku telekomunikacyjnego*. Płock: Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Płocku.
- Kaczmarczyk Paweł. 2016. Analiza wybranych aspektów rozwoju społeczeństwa informacyjnego w województwie mazowieckim na tle Polski. W *Lokalna aktywność społeczna w Polsce w latach 1990–2015*, red. Andrzej Kansy, s. 45-64. Płock: Towarzystwo Naukowe Płockie.
- Kuszewski Tomasz. 2004a. Weryfikacja jednorodnościowego liniowego modelu ekonometrycznego - zakres podstawowy. W *Ekonometria*, red. Marek Gruszczyński i Maria Podgórska, s. 39-75. Warszawa: Szkoła Główna Handlowa.
- Kuszewski Tomasz. 2004b. Weryfikacja jednorodnościowego liniowego modelu ekonometrycznego – uzupełnienia. W *Ekonometria*, red. Marek Gruszczyński i Maria Podgórska, s. 76-98. Warszawa: Szkoła Główna Handlowa.
- Luszniwicz Andrzej, Słaby Teresa. 2008. *Statystyka z pakietem komputerowy Statistica PL. Teoria i zastosowania*. Warszawa: C.H. Beck.
- OECD. 2002. *Frascati Manual 2002. Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development*.
- OECD. 2014. *OECD Science, Technology and Industry Outlook*.
- Olszak Celina. 2007. Wyzwania ery wiedzy. W *Strategie i modele gospodarki elektronicznej*, red. Celina Olszak, Ewa Ziemia, s. 17-40. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- Piotrkowski Kazimierz, Świątkowski Marek (red.). 2009. *Zarządzanie w gospodarce postindustrialnej*. Warszawa: ALMAMER Wyższa Szkoła Ekonomiczna.
- Przybyszewski Roman. 2007. *Kapitał ludzki w procesie kształtowania gospodarki opartej na wiedzy*. Warszawa: Difin.



- Rocki Marek. 2000. *Ekonometria praktyczna*. Warszawa: Szkoła Główna Handlowa.
- Zeliaś Aleksander, Pawełek Barbara, Wanat Stanisław. 2004. *Prognozowanie ekonomiczne. Teoria, przykłady, zadania*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- [www 1] Olszewska Karolina. *Sektor technologii informacyjnych i komunikacyjnych (ICT) w podnoszeniu międzynarodowej konkurencyjności gospodarki na przykładzie Chin*. [http://www.bibliotekacyfrowa.pl/Content/37115/07\\_Karolina\\_Olszewska.pdf](http://www.bibliotekacyfrowa.pl/Content/37115/07_Karolina_Olszewska.pdf) (dostęp: 10.03.2016).

## **ECONOMETRIC ANALYSIS OF RESEARCH AND DEVELOPMENT ACTIVITIES GROWTH OF POLISH ICT SECTOR IN 2007-2014**

### **Summary:**

The aim of the study is to analyze the growth of research and development activities of Polish ICT sector in 2007-2014. The theoretical part presents the issues related to the concept and classification of ICT sector, and the importance of research and development of ICT sector for socio-economic development. The empirical part presents the econometric analysis of expenditures on research and development of Polish ICT sector in the period of 2007-2014. On the basis of the data from the Central Statistical Office sixteen potential explanatory variables were defined. There were estimated three econometric models. In the best fitted model two variables were included finally: net sales in the ICT sector and net export sales in the ICT services.

**Keywords:** ICT sector, research and development activities, economic growth.