

Piotr PACHURA, Tomasz NITKIEWICZ  
Politechnika Częstochowska  
Wydział Zarządzania

## **MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA METODY DATA ENVELOPMENT ANALYSIS DO OCENY EFEKTYWNOŚCI WYBRANYCH KOMPONENTÓW KAPITAŁU INTELEKTUALNEGO REGIONÓW**

**Streszczenie.** Pojęcie kapitału intelektualnego, oprócz oczywistej konotacji z przedsiębiorstwami jest coraz częściej rozpatrywane na poziomie regionów. W pracy zostaje zaproponowana metodologia, która może posłużyć do dokonania oceny porównawczej wybranych komponentów kapitału intelektualnego regionów. Do tej oceny wykorzystana została metoda granicznej analizy danych w odniesieniu do regionalnych zasobów niematerialnych. Metodologię zastosowano do oceny porównawczej poszczególnych województw w Polsce. W ramach przeprowadzonego badania uwzględniono wskaźniki, obrazujące komponenty składowe poszczególnych kategorii kapitału intelektualnego. W procesie doboru zmiennych do modelu posłużono się przede wszystkim systemami klasyfikacji kapitału intelektualnego prezentowanymi przez autorów rozpatrujących powyższą koncepcję z perspektywy krajów i regionów. Przeprowadzona analiza ma na celu zobrazowanie możliwości wykorzystywania metody granicznej analizy danych do oceny efektywności wykorzystywania zasobów intelektualnych w regionach.

**Słowa kluczowe:** kapitał intelektualny, wskaźniki kapitału intelektualnego, data envelopment analysis.

## **DEA-BASED EFFICIENCY EVALUATION OF INTELLECTUAL CAPITAL COMPONENTS IN REGIONS**

**Summary.** The concept of intellectual capital becomes more widely used and spreads out not only on different kind of enterprises and organizations but also on countries and regions. Still, the need of instruments and tools for its evaluation, especially in regional scale, is not satisfied. Authors use Data Envelopment Analysis for the purpose of evaluating intellectual capital in regions. The choice of variables

was determined by commonly accepted classification systems of intellectual capital suitable for regions. These variables are limited to those which are measured in physical units. Incorporating such variables into DEA models is quite straightforward, but the composition of the models is more complex issue. Therefore decomposition models are implemented in order to evaluate efficiency of only given components of intellectual capital and not intellectual capital as a whole. The analysis aims at presenting efficiency of chosen components of intellectual capital used in regions. To verify the models data on Polish regions is introduced. Concerning the DEA methodology used for evaluation it is important to point out that it still needs development but at the same time is very promising to be used to measure efficiency of regional intellectual capital.

**Key words:** intellectual capital, IC indicators, data envelopment analysis.

## 1. Wprowadzenie

W warunkach gospodarki opartej na wiedzy koniecznością dla osiągnięcia przewag konkurencyjnych staje się posiadanie wystarczających zasobów intelektualnych i umiejętność ich wykorzystywania. Konkurencyjne podmioty gospodarcze uwzględniają w strategiach rozwoju kluczowe czynniki sukcesu, bazujące głównie na kapitale ludzkim i wiedzy organizacyjnej. Systemy zarządzania wzbogacone zostały o rozwiązania z zakresu koncepcji kapitału intelektualnego i zarządzania wiedzą, co w efekcie pozwala na bardziej efektywne czerpanie wartości z zasobów niematerialnych organizacji.

Pojęcie kapitału intelektualnego, które pierwotnie obejmowało swoim zakresem przedsiębiorstwa, stopniowo znajduje coraz szersze zastosowanie. Jednym z kierunków tej ewolucji jest poszukiwanie możliwości sklasyfikowania kapitału intelektualnego i poszczególnych jego komponentów na poziomie regionów. Poza ustaleniem komponentów składowych i właściwych mierników regionalnego kapitału intelektualnego należy zwrócić szczególną uwagę na produktywność procesów transformacji zasobów intelektualnych w określoną wartość.

W pracy zostaje podjęta próba dokonania oceny porównawczej wybranych komponentów kapitału intelektualnego regionów na przykładzie poszczególnych województw w Polsce. Do oceny potencjału rozwojowego regionów wykorzystana zostaje metoda granicznej analizy danych (DEA – Data Envelopment Analysis) w odniesieniu do regionalnych zasobów niematerialnych. W ramach przeprowadzonego badania uwzględniono wskaźniki, obrazujące komponenty składowe poszczególnych kategorii kapitału intelektualnego. W procesie doboru zmiennych do modelu posłużono się przede wszystkim systemami klasyfikacji kapitału intelektualnego prezentowanymi przez autorów rozpatrujących powyższą koncepcję z perspektywy krajów i regionów. Analiza wybranych zasobów intelektualnych ma na celu

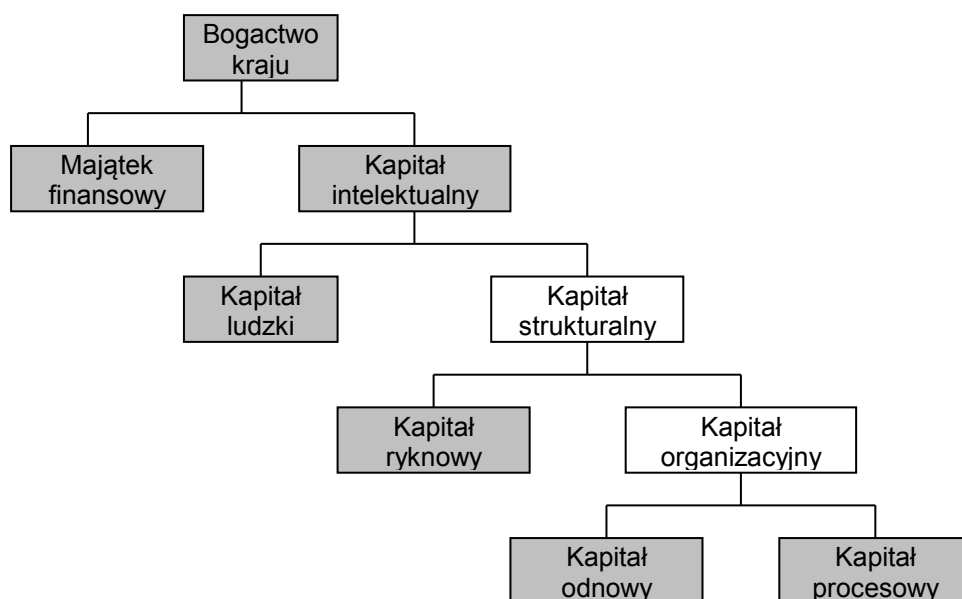
zobrazowanie efektywności ich wykorzystywania i wskazanie regionów o największym potencjale rozwojowym.

## 2. Metody oceny kapitału intelektualnego regionów

Podstawowym etapem w procesie budowania regionów wiedzy jest ocena ich potencjału rozwojowego. Podobnie jak w przypadku podmiotów gospodarczych, również potencjał rozwojowy krajów i regionów opiera się na zasobach niematerialnych i ukrytych zdolnościach. Według Druckera (1999) jedynym znaczącym zasobem jest wiedza, natomiast tradycyjne czynniki produkcji mają znaczenie drugorzędne. Wiedza jest postrzegana jako użyteczność i środek do osiągnięcia społecznych i ekonomicznych rezultatów. Podstawowy zasób wykorzystywany do wprowadzania systematycznych innowacji. Edvinsson et al. (2004) wskazuje, że w warunkach gospodarki wiedzy, wartość krajów, regionów, organizacji i jednostek indywidualnych jest bezpośrednio związana z ich wiedzą i kapitałem intelektualnym. Zatem, kluczową kwestią wydaje się ukazanie czynników niematerialnych kreujących wartość dla regionu i decydujących o jego konkurencyjności.

Wypracowane dotychczas systemy obrazujące dane statystyczne i klasyfikujące komponenty kapitału intelektualnego kraju lub regionu w znacznej mierze opierają się na zmodyfikowanym Nawigatorze Skandii. Sprawdzony w praktyce gospodarczej Nawigator kapitału intelektualnego znajduje zastosowanie w ocenie potencjału intelektualnego krajów i regionów. Zmodyfikowany model Nawigatora autorstwa Edvinssona wykorzystuje między innymi Bontis w celu konstrukcji indeksu kapitału intelektualnego kraju. Zastosowany przez autora model klasyfikacji poszczególnych kategorii kapitału intelektualnego przedstawia rysunek 1.

Przedstawiona klasyfikacja, pierwotnie odnosząca się do przedsiębiorstw, została przełożona na potrzeby nowego modelu kapitału intelektualnego kraju. Wartość rynkowa organizacji została zastąpiona bogactwem kraju, natomiast kapitał finansowy odpowiada majątkowi finansowemu danego kraju. Kapitał intelektualny kraju zostaje zdefiniowany przez wyróżnienie czterech komponentów: kapitału ludzkiego, kapitału procesowego, kapitału rynkowego i kapitału odnowy. Zatem, pierwotne kategorie kapitału klienckiego i kapitału innowacji wyróżnione w ramach drzewa wartości Skandii zostały zastąpione odpowiednio przez kapitał rynkowy i kapitał odnowy.



Rys. 1. Model klasyfikacji kapitału intelektualnego kraju

Fug. 1. Intellectual capital of nations

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Bontis N.: National Intellectual Capital Index.

A United Nations initiative for the Arab region. Journal of Intellectual Capital 2004, no 1, vol. 5, p. 15.

Bontis proponuje wiele mierników w ramach poszczególnych kategorii kapitału intelektualnego i jednocześnie zaznacza istotny brak danych statystycznych, pozwalających na pełne zobrazowanie wszystkich zasobów niematerialnych krajów będących przedmiotem badania. Bontis (2004), tworząc skonsolidowany indeks kapitału intelektualnego krajów arabskich, posługuje się następującymi grupami wskaźników:

1. Kapitał ludzki

- wskaźnik analfabetyzmu,
- liczba szkół wyższych,
- odsetek nauczycieli w poszczególnych rodzajach szkół,
- liczba studentów w stosunku do liczby mieszkańców,
- liczba absolwentów szkół wyższych.

2. Kapitał procesowy

- liczba linii telefonicznych w stosunku do liczby mieszkańców,
- liczba komputerów osobistych przypadająca na jednego mieszkańca,
- liczba osób korzystających z Internetu,
- liczba telefonów komórkowych, odbiorników radiowych i telewizyjnych w stosunku do liczby mieszkańców.

### 3. Kapitał odnowy

- ogólne wydatki poniesione na badania i rozwój jako procent PKB (wskaźnik GERD/PKB),
- liczba pracowników w sferze badawczo-rozwojowej,
- nakłady poniesione na szkolnictwo wyższe jako procent publicznych wydatków na edukację w kraju.

### 4. Kapitał rynkowy

- wartość eksportu towarów wysokich technologii jako procent PKB,
- liczba patentów przyznanych przez międzynarodowe biura patentowe,
- liczba konferencji i imprez międzynarodowych w danym kraju.

Podobnej oceny kapitału intelektualnego na poziomie krajów dokonuje Bounfour (2005), który posługuje się własnym modelem pomiaru wyników tego kapitału. Autor określa wykorzystywany model jako narzędzie, pozwalające zobrazować dynamiczną wartość kapitału intelektualnego organizacji i krajów. Podstawą autorskiego modelu oceny kapitału intelektualnego – IC-dVAL (Intellectual capital dynamic value) – jest zestaw wskaźników ujętych w trzech wymiarach: zasobów, procesów i rezultatów. Jednocześnie autor przyjmuje podział kapitału intelektualnego na kapitał ludzki i kapitał strukturalny, którym także przypisuje wskaźniki wyników. Zgodnie z przyjętym modelem Bounfour podejmuje próbę oceny kapitału intelektualnego krajów Unii Europejskiej. Wybrane grupy wskaźników wykorzystane przez autora przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Wskaźniki oceny kapitału intelektualnego krajów według modelu IC-dVAL

<b>Wskaźniki zasobów</b>
- wydatki publiczne na badania i rozwój/PKB - wydatki przedsiębiorstw na badania i rozwój/PKB - kapitał wysokiego ryzyka/PKB
<b>Wskaźniki procesów</b>
- małe i średnie przedsiębiorstwa prowadzące samodzielnie działalność innowacyjną (%) - małe i średnie przedsiębiorstwa prowadzące działalność innowacyjną we współpracy z innymi przedsiębiorstwami - dostęp gospodarstw domowych do Internetu (%) - rynek technologii informacyjnych i komunikacyjnych/PKB - wartość dodana w sektorze wysokich technologii - długoterminowy wzrost produktywności siły roboczej

cd. tabeli 1

<b>Wskaźniki rezultatów</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- wartość eksportu produktów innowacyjnych w stosunku do ogólnej sprzedaży w ujęciu procentowym</li> <li>- stopa bezrobocia</li> <li>- odsetek nowych produktów wprowadzonych na rynek</li> <li>- PKB/mieszkańca</li> <li>- wzrost PKB na przestrzeni ostatnich kilku lat</li> </ul>
<b>Wskaźniki aktywów</b>
<b>Kapitał strukturalny</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- liczba publikacji naukowych/liczba mieszkańców</li> <li>- liczba patentów w zakresie wysokich technologii zgłoszonych w międzynarodowych biurach patentowych/liczba mieszkańców</li> </ul>
<b>Kapitał ludzki</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- liczba absolwentów szkół wyższych w stosunku do grupy mieszkańców w wieku 20-29 lat</li> <li>- ludność z wykształceniem wyższym (%)</li> <li>- liczba dorosłych mieszkańców kontynuujących kształcenie</li> </ul>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Bounfour A.: Assessing Performance of European Innovation Systems: An Intellectual Capital Indexes Perspective. [w:] Bounfour A., Edvinsson L. (red.): Intellectual Capital for Communities, Nations, Regions, and Cities, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford 2005, p. 103.

Przedstawione powyżej koncepcje mierników kapitału intelektualnego na poziomie krajowym można przenieść na poziom regionalny, nie tracąc nic z ich wartości poznawczej. W niniejszej pracy zdecydowano się na ocenę efektywności wykorzystanie niektórych elementów kapitału intelektualnego, opisywanych przez przedstawione wcześniej wskaźniki.

### **3. Metoda granicznej analizy danych jako narzędzie oceny efektywności wykorzystania kapitału intelektualnego**

Odpowiednim narzędziem do pomiaru różnych aspektów efektywności mogą być skonstruowane na podstawie technologii granicznej analizy danych modele analityczne. Graniczna analiza danych, znana szerzej pod angielską nazwą Data Envelopment Analysis (DEA), która służy do oceny produktywności i efektywności, w przypadku kiedy mamy do czynienia z wieloma kategoriami nakładów i efektów.

Metoda nieparametryczna DEA została opracowana przez Charnesa, Coopera, Rhodesa (1978). Zastosowali oni programowanie matematyczne do estymacji miar efektywności technicznej i stworzyli pierwszy model znany w literaturze jako CCR od pierwszych liter

nazwisk autorów tej metody. Autorzy metody DEA, bazując na koncepcji produktywności sformułowanej przez Debreu (1951) i Farrella (1956), definiującej miarę efektywności jako iloraz pojedynczego efektu i pojedynczego nakładu, zastosowali tę metodę do sytuacji wielowymiarowej, w której możemy dysponować więcej niż jednym nakładem i więcej niż jednym efektem. Za pomocą metody DEA efektywność obiektu jest mierzona względem innych obiektów z badanej grupy. W przypadku obiektów leżących na krawędzi zbioru możliwości produkcyjnych (ang. best practice frontier) ich współczynnik efektywności wynosi jeden. Jest to sytuacja, w której obiekty są efektywne. W przypadku obiektów leżących poniżej krawędzi zbioru możliwości produkcyjnych, wielkość współczynnika jest mniejsza niż jeden i wskazuje ich poziom nieefektywności.

Za miarę efektywności technicznej w metodzie DEA przyjmuje się miarę Debreu-Farella, której pierwotna definicja określa ją jako różnicę pomiędzy poziomem 1 a maksymalną możliwą redukcją nakładów, przy której jest technologicznie możliwa produkcja określonej wielkości nakładów (zob. Fried et al., 1993). Tak zdefiniowana efektywność przybiera wartości z przedziału (0,1).

Banker et al. (1984) zaproponował rozwinięcie modelu przy założeniu stałych efektów skali (z ang. constant return-to-scale – CRS DEA) do modelu przy założeniu zmiennych efektów skali (z ang. variable return-to-scale – VRS DEA). Model ten w literaturze oznaczany jest jako BCC, podobnie jak poprzedni od nazwisk autorów (Banker, Charnes i Cooper). Model ten nie identyfikuje jednak efektów skali i dopiero Färe et al. (1985) zmodyfikowali model BCC o dodatkowe założenie, dotyczące wypukłości, co doprowadziło do powstania modelu przy założeniu nierosnących efektów skali (z ang. non-increasing return-to-scale – NIRS DEA). W niniejszym artykule wykorzystano modele CRS i VRS w takiej formie, jak to przedstawia Cooper et al. (2001).

W podejściu zastosowanym w konstrukcji modeli DEA niewymagane jest, by użytkownik sam przypisywał wagi do każdego rodzaju wkładów i efektów, jak w przypadku tradycyjnych metod indeksowych. Podejście to nie wymaga również wyznaczania funkcji danego zjawiska, co zwykle jest niezbędne przy wykorzystaniu statystycznych i ekonometrycznych funkcji regresji. Metoda DEA wykorzystuje technikę matematycznego programowania liniowego, które jest w stanie uporać się z dużą ilością zmiennych i relacji między nimi. Co więcej, zaproponowana w DEA metodologia pozwala na analizę nakładów i efektów wyrażonych w dowolnych jednostkach. Ma to szczególne znaczenie w przypadku oceny efektywności z zakresu kapitału intelektualnego, którego poszczególne elementy składowe są wyrażane w zróżnicowanych jednostkach.

W metodzie DEA jako obiekty analizy służą tzw. jednostki decyzyjne DMU (ang. Decision Making Units). Przedmiotem analizy jest efektywność, z jaką dana DMU

transformuje posiadane nakłady na wyniki. Definicja DMU nie jest ścisła, co pozwala na elastyczność w wykorzystaniu tej metody do rozmaitych celów (Cooper et al., 2001, s. 22). Ogólnie rzecz biorąc, mianem DMU określa się wyodrębnioną jednostkę organizacyjną, która jest odpowiedzialna za transformację określonych nakładów w pożądane efekty i który to proces jest obiektem przeprowadzanej analizy. Ważne jest, aby badane DMU posiadały identyczną strukturę nakładów i efektów.

Leitner et al. (2005) jako jeden z pierwszych zastosował metodologię DEA do oceny kapitału intelektualnego. Przedmiotem oceny były jednostki szkolnictwa wyższego, a konkretnie wydziały austriackich uniwersytetów i uczelni wyższych. Autorzy udowodnili, iż metoda DEA nadaje się do oceny kapitału intelektualnego, oraz postawili tezę, że z powodzeniem można ją stosować także do oceny efektywności kapitału intelektualnego w jednostkach innych niż uczelnie wyższe i ich wydziały (zob. Leitner et al., 2005, s. 541).

W niniejszym artykule podjęto się oceny efektywności w wybranych obszarach kapitału intelektualnego na poziomie regionalnym, zatem za DMU przyjęto poszczególne województwa. Można się spierać, czy rzeczywiście województwa spełniają podstawowy warunek przeprowadzenia wiarygodnej analizy za pomocą metody DEA, tj. czy są wystarczająco jednorodne pod względem badanej technologii. Biorąc pod uwagę fakt, iż badaniu została poddana efektywność przekształcania nakładów w efekty w zakresie szeroko pojętego kapitału intelektualnego, opisywana technologia dotyczy właśnie procesu tworzenia kapitału intelektualnego i jego wpływu na inne rodzaje kapitału. Ten proces na poziomie regionalnym nie jest opisany i zidentyfikowany w wystarczającym stopniu, by dało się zdefiniować zamknięty zbiór możliwości technologicznych. W związku z wątpliwościami opisanej powyżej natury przyjęto w pracy następujące założenia badawcze:

1. zależności pomiędzy poszczególnymi nakładami w zakresie kapitału intelektualnego a efektami poniesienia tych nakładów zdefiniowano na podstawie obecnego stanu wiedzy w tym obszarze,
2. badaniu poddano efektywność przekształcania nakładów w efekty, zgodnie z powyżej zidentyfikowanymi zależnościami,
3. skonstruowane modele służą do obliczania cząstkowych wskaźników efektywności, gdyż do ich konstrukcji wykorzystano tylko niektóre ze zmiennych, opisujących kształtowanie się kapitału intelektualnego na poziomie województw,
4. wykorzystane w modelach zmienne nie opisują w pełni badanych procesów.

Pierwsze z założeń wiąże się przede wszystkim z ciągle niekompletną wiedzą w zakresie procesu kształtowania się kapitału intelektualnego na poziomie regionalnym oraz dużą liczebnością czynników, które na ten proces wpływają i mogą wpływać. W przeprowadzonym badaniu zdecydowano się na wykorzystanie tylko tych czynników, pomiędzy którymi zależność



jest oczywista albo powszechnie uznana. Z drugiej strony, przedstawione badania mają charakter poznawczy, i mogą przyczynić się do zidentyfikowania podobnych zależności, które do tej pory nie były objęte badaniami i nie są powszechnie uznane.

Drugie założenie wynika bezpośrednio z pierwszego założenia, wprowadzając jedynie pomiar efektywności przekształcania efektów w nakłady jako podstawowy cel niniejszej pracy. Świadomie zrezygnowano z wprowadzenia do oceny efektywności większej liczby czynników, kładąc nacisk na opisanie i analizę zależności wskazanych w pierwszym z założeń. Pozwoli to na dokładne zidentyfikowanie efektywności tych zależności, nie umieszczając ich jednak w bardziej kompleksowych układach nakładów i efektów.

Wreszcie trzecie z założeń wiąże się ze specyfiką metody DEA i jej wrażliwością na liczebność próby oraz ilość wykorzystanych zmiennych. W związku z ograniczoną liczebnością próby badawczej (16 województw) należało ograniczyć liczebność zmiennych w poszczególnych modelach. Leitner et al. (2005, s. 536) przyjmuje, że dla uzyskania wiarygodnych rezultatów konieczne jest zachowanie następujących proporcji pomiędzy zmiennymi w modelach a liczebnością próby:

$$m + k \leq \frac{n}{3} \quad (1)$$

gdzie:  $m$  i  $k$  to liczba zmiennych odpowiednio nakładów i efektów w modelu, a  $n$  to liczebność badanej próby. Wiedząc, że  $n$  jest równe 16 przyjęto, iż poszczególne modele nie będą obejmowały więcej niż 5 zmiennych.

Województwa, jako badane jednostki decyzyjne, wykorzystują znacznie więcej nakładów, które kształtują lub mogą kształtować kapitał intelektualny, niż to uwzględniono w przeprowadzonym badaniu. Podobnie jest z osiąganymi przez województwa efektami w tym zakresie. Czwarte z przyjętych założeń wiąże się z tym, iż uwzględnienie wszystkich tych czynników, po pierwsze, nie było możliwe, a po drugie, nie było to celem przeprowadzonego badania.

Podsumowując poczynione założenia, należy podkreślić, iż mają one na celu podkreślenie nowatorskie czy może nawet eksperymentalne podejście do realizowanego zadania badawczego. Dlatego jego celem jest bardziej sprawdzenie użyteczności zastosowanej metodologii i odpowiednie jej przystosowanie do potrzeb badawczych niż przeprowadzenie wiarygodnej oceny efektywności kształtowania kapitału intelektualnego w poszczególnych województwach. Oczywiście, w toku przeprowadzonej analizy otrzymano wskaźniki efektywności, ale posłużą one głównie do sprawdzenia metodologii i właściwego przygotowania wykorzystywanych narzędzi do przeprowadzenia właściwej oceny w kolejnym etapie.

#### 4. Dekompozycja efektywności wykorzystania wybranych komponentów kapitału intelektualnego

Aby dokonać oceny kapitału intelektualnego w województwach, zmodyfikowano podstawową metodologię DEA przez wprowadzenie tzw. modeli dekompozycyjnych. Opracowane przez Fare et al. (1996) modele dekompozycyjne służą wyodrębnieniu efektywności poszczególnych czynników z efektywności ogólnej badanych jednostek. Autorzy koncepcji modeli dekompozycyjnych wykorzystują ją do analizy efektywności środowiskowej badanych jednostek (elektrowni ciepłych), ale elastyczność metodologii DEA oraz uniwersalność przyjętych założeń pozwala na zastosowanie jej do wyodrębnienia efektywności dowolnych czynników, w tym też związanych z kapitałem intelektualnym.

Podstawowym narzędziem wykorzystanym przez Fare et al. (1996, s. 163) do stworzenia modeli dekompozycyjnych są funkcje dystansu nakładów, przy założeniu ich rozdzielności. Charnes et al. (1994, s. 257) mianem funkcji dystansu określa funkcję odwrotną do wskaźników efektywności. Wskaźniki zdekomponowanej efektywności  $W(x_{iC})$  otrzymuje się przez obliczenie relacji:

$$W(x_{iC}) = \frac{D_{iIC}(x + x_{iC}, y)}{D_i(x, y)} \quad (2)$$

gdzie:  $x$  i  $y$  oznaczają odpowiednio nakłady i efekty bazowe, natomiast  $x_{iC}$  oznacza nakład, którego efektywność jest wyznaczana. W relacji występują dwie funkcje dystansu:  $D_i$  oraz  $D_{iIC}$ . Funkcja  $D_i$  obejmuje podstawowe efekty i nakłady kształtujące kapitał intelektualny, natomiast funkcja  $D_{iIC}$  uwzględnia dodatkowo jeden nakład, którego efektywność wykorzystania podlega ocenie. W przeprowadzonej analizie skonstruowano kilka takich wskaźników, z których każdy obejmuje efektywność wykorzystania innego nakładu. Indeks  $i$  wskazuje na orientację funkcji dystansu na nakłady.

Wskaźnik  $W(x_{iC})$  przyjmie wartości mniejsze lub równe 1, odpowiadające odpowiednio nieefektywności i efektywności badanych jednostek względem danego nakładu. Oczywiście, pojęcie efektywności i nieefektywności wynika z dokonanych obserwacji w zbiorze badanych jednostek, i jest wielkością relatywną a nie absolutną. Zatem, interpretacja otrzymanych wskaźników efektywności będzie miała charakter oceny benchmarkingowej badanych województw.

Do konstrukcji poszczególnych funkcji dystansu wykorzystano dane statystyczne w ujęciu wojewódzkim za rok 2004, które obejmowały następujące kategorie:

I. nakłady:

1. liczba ludności,
2. produkcja sprzedana (w mln zł),
3. nakłady na badania i rozwój (w mln zł),
4. nakłady na działalność innowacyjną przedsiębiorstw (w mln zł),
5. wielkość zatrudnienia w zakresie działalności badawczo-rozwojowej (liczba pracowników),
6. liczba szkół wyższych,
7. liczba nauczycieli akademickich,
8. liczba uczestników studiów podyplomowych,

II. efekty:

1. wielkość PKB przypadająca na mieszkańca (w zł per capita),
2. produkcja sprzedana wyrobów nowych i zmodernizowanych (w mln zł),
3. liczba zgłoszonych wynalazków krajowych,
4. liczba zgłoszonych wzorów użytkowych,
5. liczba nadanych stopni doktora.

Jak wynika z powyższego zestawienia oraz z przyjętych założeń badawczych, grupy zmiennych nakładów i efektów są niekompletne, ale wystarczające do celów oceny. Wielkości wszystkich zmiennych przedstawiono w tabeli 2.



## 5. Ocena efektywności wykorzystania nakładów z zakresu kapitału intelektualnego

W przeprowadzonych badaniach wykorzystano dwie funkcje bazowe do dekompozycji wybranych czynników. Pierwsza z nich,  $D_{iA}$ , obejmuje liczbę ludności i wielkość produkcji sprzedanej jako zmienne nakładów oraz dochody ludności oraz produkcję sprzedaną wyrobów nowych jako zmienne efektów. Można zatem uznać, iż funkcja  $D_{iA}$  oraz skonstruowane na jej podstawie wskaźniki przedstawiają rynkowe aspekty kształtowania kapitału intelektualnego.

Natomiast druga funkcja,  $D_{iB}$ , jako zmienne nakładów wykorzystuje liczbę szkół wyższych oraz nauczycieli akademickich (obie wielkości w przeliczeniu na jednego mieszkańca), a jako zmienne efektów liczbę zgłoszonych wzorów użytkowych i wynalazków (potraktowane wspólnie jako jedna zmienna) oraz liczbę nadanych stopni doktora. Funkcja  $D_{iB}$  i obliczone na jej podstawie wskaźniki efektywności koncentrują się na ludzkich aspektach kształtowania się kapitału intelektualnego, kładąc nacisk zwłaszcza na środowisko akademickie.

Obie funkcje bazowe zostały skonstruowane na podstawie założenia stałych efektów skali i są zorientowane na nakłady. Przyjmuje się założenie, że nakłady są silnie dyspozycyjne (ten sam poziom efektów może być produkowany przy zaangażowaniu większej ilości nakładów) oraz że efekty są silnie dyspozycyjne (mniejsze ilości efektów mogą być produkowane przy wykorzystaniu tej samej ilości nakładów bez ponoszenia dodatkowych kosztów). Następnie dla każdej funkcji bazowej skonstruowano funkcje uwzględniające czynniki, których efektywność podlega dekompozycji. Dla funkcji  $D_{iA}$  są to funkcje  $D_{iICA1}$ ,  $D_{iICA2}$  oraz  $D_{iICA3}$ , które oprócz tego, że uwzględniają wszystkie zmienne nakładów i efektów z funkcji bazowej, wprowadzają kategorię nakładów szczególnych. Właśnie efektywność wykorzystania tych nakładów będzie poddawana ocenie. Za takie nakłady uznano odpowiednio nakłady na badania i rozwój (funkcja  $D_{iICA1}$ ), nakłady na działalność innowacyjną przedsiębiorstw ( $D_{iICA2}$ ) oraz wielkość zatrudnienia w zakresie działalności badawczo-rozwojowej ( $D_{iICA3}$ ). Nakłady szczególne uwzględniono przy założeniu ich słabej dyspozycyjności, uznając, że dążenie do ich minimalizacji w poszukiwaniu poprawy efektywności jest niewskazane.

Analogicznie, dla funkcji bazowej  $D_{iB}$  skonstruowano funkcje  $D_{iICB1}$ ,  $D_{iICB2}$ ,  $D_{iICB3}$  oraz  $D_{iICB4}$ , obejmujące odpowiednio nakłady na badania i rozwój, nakłady na działalność innowacyjną przedsiębiorstw, wielkość zatrudnienia w zakresie działalności badawczo-rozwojowej oraz liczbę uczestników studiów podyplomowych jako zmienne nakładów szczególnych. Uzasadnieniem potraktowania liczby uczestników studiów podyplomowych

jako nakładu szczególnego jest fakt, iż z punktu widzenia zwiększania kapitału intelektualnego, kontynuacja kształcenia na tego typu studiach jest jak najbardziej pożądana.

W kolejnym kroku, po obliczeniu wskaźników efektywności ze wszystkich funkcji bazowych, skonstruowano wskaźniki efektywności, tak jak to przedstawiono we wzorze (2). Dla każdej pary funkcji dystansu obliczono wskaźniki efektywności, a uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 3. Wskaźniki  $W_{A1}$ ,  $W_{A2}$  i  $W_{A3}$  powstały na bazie „rynkowej” funkcji bazowej, natomiast wskaźniki  $W_{B1}$ ,  $W_{B2}$ ,  $W_{B3}$  oraz  $W_{B4}$  na podstawie funkcji „akademickiej”.

Tabela 3

Uzyskane wskaźniki efektywności dla poszczególnych województw

	$W_{A1}$	$W_{A2}$	$W_{A3}$	$W_{B1}$	$W_{B2}$	$W_{B3}$	$W_{B4}$
Dolnośląskie	0,831	0,708	0,662	0,677	0,677	0,677	0,923
Kujawsko-pomorskie	0,824	0,697	0,716	0,963	0,991	0,931	0,927
Lubelskie	0,802	0,915	0,802	0,728	0,728	0,728	0,728
Lubuskie	1,000	1,000	1,000	0,163	0,637	0,894	0,857
Łódzkie	1,000	1,000	1,000	0,995	0,615	0,868	0,615
Małopolskie	0,411	0,499	0,379	0,973	0,973	0,973	0,973
Mazowieckie	0,485	0,485	0,485	0,930	0,965	0,930	0,930
Opolskie	1,000	1,000	1,000	0,174	0,744	0,955	0,789
Podkarpackie	0,847	0,564	0,880	0,877	0,591	0,764	0,684
Podlaskie	1,000	1,000	1,000	0,429	0,789	0,945	0,603
Pomorskie	0,784	0,763	0,714	0,974	0,791	0,988	0,956
Śląskie	0,985	0,679	0,908	1,000	1,000	1,000	1,000
Świętokrzyskie	0,847	0,948	0,847	0,071	0,710	0,071	0,519
Warmińsko-mazurskie	1,000	1,000	1,000	0,697	0,945	0,888	0,772
Wielkopolskie	0,759	0,547	0,555	0,995	0,828	0,997	0,987
Zachodniopomorskie	0,976	0,802	0,904	0,302	0,983	0,302	0,926

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych z GUS ([www.stat.gov.pl](http://www.stat.gov.pl)).

Przystępując do interpretacji otrzymanych wskaźników efektywności, należy przede wszystkim pamiętać o specyfice metodologii DEA. Po pierwsze, w zastosowanych funkcjach dystansu wykorzystano modele CRS, operujące przy założeniu stałych efektów skali. Z pewnością ma to wpływ na uzyskane wyniki przez poszczególne województwa, zwłaszcza, jeżeli weźmie się pod uwagę fakt, iż w procedurze DEA poszczególne jednostki są porównywane między sobą w poszukiwaniu optymalnej efektywności procesu transformacji nakładów w efekty. Po drugie, badania zostały przeprowadzone na stosunkowo nielicznej populacji (16 jednostek), co implikuje stosunkowo niewielką grupę referencyjną dla kolejnych ocenianych województw. Wydaje się jednak, że, oprócz wskazanych niedogodności, interpretacja uzyskanych wskaźników ma znaczący wkład w ocenę efektywności wybranych aspektów kształtowania się kapitału intelektualnego

w województwach. Powyższe stwierdzenie jest tym bardziej prawdziwe, jeżeli weźmie się pod uwagę, iż zabieg dekompozycji przynajmniej częściowo niweluje niedostatek w zakresie grup odniesienia, pozwalając na pomiar efektywności przy uwzględnieniu rzeczywistych warunków funkcjonowania danej jednostki.

Otrzymane wskaźniki przedstawiają, z jaką efektywnością dany nakład szczególny jest przekształcany w efekty. Zatem, interpretacja otrzymanych wskaźników będzie dotyczyć bezpośrednio tych zmiennych, których oddziaływanie jest przedmiotem dekompozycji. W przypadku trzech takich zmiennych, tj. nakładów na badania i rozwój, nakładów na działalność innowacyjną przedsiębiorstw oraz wielkości zatrudnienia w zakresie działalności badawczo-rozwojowej wskaźniki efektywności pojawiają się dwukrotnie, raz w kontekście modeli „rynkowych”, a raz w kontekście modeli „akademickich”.

Wśród badanych województw widać wyraźnie jednostki efektywne lub tylko w niewielkim stopniu nieefektywne we wszystkich kategoriach. Wśród województw o najwyższym poziomie PKB na mieszkańca należy wymienić tutaj przede wszystkim województwo śląskie, w pełni efektywne w 4 kategoriach, oraz województwo łódzkie w 3. Województwo warmińsko-mazurskie osiąga natomiast pełną efektywność w 3 kategoriach, będąc jednym z województw o najniższym PKB per capita. Z województw o niskim PKB na mieszkańca również lubuskie, opolskie i podlaskie osiągają pełną efektywność w 3 kategoriach, ale w 4 pozostałych osiągają zdecydowanie wyższy stopień nieefektywności.

Najgorzej pod względem efektywności wypada województwo świętokrzyskie, zwłaszcza w zakresie wskaźników opartych na funkcji „akademickiej”. Województwo mazowieckie, w którym można zaobserwować najwyższy poziom PKB na mieszkańca, wypada słabo właśnie pod względem ekonomicznym. Podobnie rzecz się ma w przypadku innych województw o stosunkowo wysokim PKB per capita, tj. małopolskim i dolnośląskim.

Biorąc pod uwagę fakt, iż zastosowanie metodologii DEA do oceny efektywności kształtowania kapitału intelektualnego ma charakter nowatorski, interpretację otrzymanych wskaźników można chwilowo ograniczyć do wychwycenia ogólnych tendencji, pozostawiając bardziej szczegółowe analizy do przeprowadzenia w przyszłych badaniach. Już w tym momencie można wskazać te obszary, które mogą być przyczyną nieefektywnego wykorzystania kapitału intelektualnego w poszczególnych województwach.

W przypadku najbardziej efektywnego pod tym względem województwa śląskiego, jedynym obszarem wyraźnej nieefektywności jest wykorzystanie nakładów na działalność innowacyjną przez przedsiębiorstwa (wskaźnik  $W_{A2}$ ). Dlatego też rekomendacją, wynikającą z uzyskanych wyników, dla tych przedsiębiorstw oraz dla władz samorządowych jest zaangażowanie się w poprawę efektywności wykorzystania nakładów na innowacje, a przede wszystkim zadbanie o zwiększenia stopnia ich komercjalizacji. Warto zwrócić uwagę na fakt,

iż w modelu „akademickim” wskaźnik  $W_{B2}$  jest na poziomie pełnej efektywności. Może to skłonić do wyciągnięcia wniosku, że nie jest problemem opracowywanie innowacji przemysłowych, ale właśnie ich wdrażanie i komercjalizacja.

## Podsumowanie

Analizy otrzymanych wskaźników efektywności można by dokonać w znacznie szerszym zakresie, ale biorąc pod uwagę, że głównym celem niniejszego opracowania było sprawdzenie przydatności metodologii DEA do oceny procesów związanych z kapitałem intelektualnym, nie wydaje się to być w tym miejscu konieczne.

Podsumowując przeprowadzone badania, można stwierdzić, iż:

- metodologia DEA sprawdza się przy ocenie efektywności wykorzystania kapitału intelektualnego, biorąc jednak pod uwagę pewne ograniczenia z tym związane i przyjmując na wstępie odpowiednie założenia,
- w związku z brakiem kompleksowych modeli input-output w zakresie kapitału intelektualnego, za uzasadnione można uznać autorytatywne tworzenie modeli cząstkowych,
- otrzymane w drodze dekompozycji wskaźniki informują o efektywności przekształcania nakładów w efekty z perspektywy danego nakładu szczególnego, będącego jednym z komponentów kapitału intelektualnego w regionach,
- efektywność i nieefektywność poszczególnych jednostek odnosi się do badanej populacji, i nie może stanowić wartości absolutnej, ale raczej wartość referencyjną,
- interpretacja otrzymanych wskaźników wiąże się przede wszystkim ze zmienną, której oddziaływanie podlega dekompozycji.

Kształtowanie się kapitału intelektualnego w regionach jest procesem bardzo złożonym i z pewnością trudnym do opisania. Metodologia granicznej analizy danych, dzięki swojej elastyczności, może w znaczącym stopniu przyczynić się do oceny efektywności procesów zachodzących w obrębie kapitału intelektualnego, zwłaszcza w zakresie wybranych jego komponentów. Wymaga to oczywiście zastosowania własnej interpretacji zachodzących zjawisk oraz dobrania odpowiadających temu zmiennych. Uzyskane w ten sposób wskaźniki z pewnością nie mogą zostać traktowane jako absolutne wyznaczniki efektywności, ale z pewnością stanowią istotną informację w procesie zarządzania kapitałem intelektualnym na poziomie regionów. Każda taka informacja jest istotna, zwłaszcza w przypadku tak trudno kwantyfikowalnej rzeczywistości kapitału intelektualnego.



**Bibliografia**

1. Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W.: Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science* 1984, no 9, vol. 30.
2. Bontis N.: National Intellectual Capital Index. A United Nations initiative for the Arab region, *Journal of Intellectual Capital* 2004, no 1, vol. 5.
3. Bounfour A., Edvinsson L. (red.): *Intellectual Capital for Communities, Nations, Regions, and Cities*, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford 2005.
4. Charnes, A., Cooper W.W., Lewin A.Y., Seiford L.M.: *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Application*. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts 1994.
5. Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K.: *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*. Kluwer, Dordrecht 2001.
6. Drucker P.F.: *Spółczeństwo pokapitalistyczne*. PWN, Warszawa 1999.
7. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes A.: Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research* 1978, no 2(6).
8. Debreu G.: The Coefficient of Recourse Utilization. *Econometrica* 1951, no 19(3).
9. Edvinsson L., Bounfour A.: Assessing national and regional value creation. *Measuring Business Excellence* 2004, no 1, vol. 8.
10. Fare R., Grosskopf S., Lovell C.A.K.: *The Measurement of Efficiency of Production*. Kluwer-Nijhoff Publ., Boston 1985.
11. Fare R., Grosskopf S., Tyteca D.: An activity analysis model of the environmental performance of firms – application to fossil-fuel-fired electric utilities. *Ecological Economics* 1996, no 18.
12. Farrell M.J.: The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society* 1956, Series A, vol. 120(3).
13. Fried H.O., Knox Lovell C.A., Schmidt S.S.: *The Measurement of Productive Efficiency Techniques and Applications*. Oxford University Press, Oxford, New York 1993.
14. Leitner K.H., Schaffhauser-Linzatti M., Stowasser R., Wagner K.: Data envelopment analysis as method for evaluating intellectual capital. *Journal of Intellectual Capital* 2005, no 4, vol. 6.
15. [www.stat.gov.pl](http://www.stat.gov.pl)