

Iwona Skrodzka

Uniwersytet w Białymstoku

MODELOWANIE MIĘKKIE ZALEŻNOŚCI MIĘDZY KAPITAŁEM LUDZKIM A ROZWOJEM GOSPODARCZYM

Streszczenie: W artykule zaprezentowano zastosowanie modelowania miękkiego do badania zależności zachodzących między kapitałem ludzkim a poziomem rozwoju gospodarczego polskich województw. Kapitał ludzki oraz poziom rozwoju gospodarczego są zmiennymi nieobserwowalnymi bezpośrednio, co utrudnia ich pomiar. Stąd wybór metody modelowania miękkiego, umożliwiającej badanie zależności między zmiennymi nieobserwowalnymi (zmiennie ukryte). Głównym wnioskiem wypływającym z artykułu jest to, że kapitał ludzki ma dodatni, istotny statystycznie wpływ na poziom rozwoju gospodarczego polskich województw. W opracowaniu przedstawiono również uporządkowanie województw pod względem zasobów kapitału ludzkiego oraz pod względem poziomu rozwoju gospodarczego.

Słowa kluczowe: rozwój gospodarczy województw, zmiennie nieobserwowalne, modelowanie miękkie.

Wprowadzenie

W dobie współczesnej globalizacji oraz gospodarki opartej na wiedzy, istotnego znaczenia nabiera zasób i jakość czynnika ludzkiego. Wiąże się to ze wzrostem zainteresowania badaniami na temat analizy wpływu kapitału ludzkiego na procesy rozwoju gospodarczego krajów oraz regionów. Wiele współczesnych teorii wzrostu podkreśla istotną rolę kapitału ludzkiego dla wzrostu i rozwoju gospodarczego [Lucas 1988; Mankiw, Romer i Weil 1992].

Tymczasem pomiar kapitału ludzkiego oraz empiryczne badanie zależności pomiędzy kapitałem ludzkim a rozwojem gospodarczym przysparza wielu problemów. Pomiar utrudnia przede wszystkim to, że kapitał ludzki jest zmienną bezpośrednio nieobserwowalną (nie ma swojego odpowiednika wśród zmiennych

mierzalnych). Ponadto w literaturze brak jednoznacznej, akceptowanej przez wszystkich definicji kapitału ludzkiego. Do komponentów związanych z kapitałem ludzkim bywają włączane: wykształcenie, zasób wiedzy, posiadane umiejętności, doświadczenie zawodowe, zasób zdrowia [Domański 1993, s. 9; Marciniak 2000, s. 157–158]. Niektórzy autorzy rozszerzają to pojęcie o takie elementy, jak: światopogląd, wrodzone predyspozycje i inne [Florczak 2007, s. 112; Szafraniec 2006, s. 17].

Kapitał ludzki jest zatem zjawiskiem wielowymiarowym, co pociąga za sobą konieczność opisywania go za pomocą syntetycznego miernika utworzonego ze zbioru indyktorów dobranych w taki sposób, aby uwzględniały wszelkie aspekty kapitału ludzkiego.

W wielu klasycznych modelach ekonometrycznych, analizujących zależność między kapitałem ludzkim a rozwojem gospodarczym proponuje się pomiar kapitału ludzkiego za pomocą jednego wskaźnika, na przykład poziomu wykształcenia społeczeństwa [Romer 2000, s. 149]. Z kolei metody taksonomiczne¹ z jednej strony rozwiązują problem wielowymiarowości zjawiska, jakim jest kapitał ludzki, umożliwiając utworzenie miernika syntetycznego, z drugiej jednak strony wymagają arbitralnego ustalania wag dla poszczególnych komponentów kapitału ludzkiego [Uramek 2006].

Celem artykułu jest zastosowanie modelowania miękkiego do pomiaru zależności, jakie występują między kapitałem ludzkim a poziomem rozwoju gospodarczego.

Model miękkie [Wold 1980, Rogowski 1990] umożliwia badanie powiązań między zmiennymi, które nie są bezpośrednio obserwowalne (tzw. zmienne ukryte). Wartości takich zmiennych nie mogą być wprost zmierzone na przykład z powodu braku ogólnie przyjętej definicji lub braku jednoznacznego sposobu ich pomiaru.

Każdy model miękkie składa się z dwóch podmodeli: wewnętrznego (relacje teoretyczne) i zewnętrznego (model miary). Model wewnętrzny to układ zależności między zmiennymi ukrytymi, który opisuje relacje wynikające z przyjętej teorii ekonomicznej. Model zewnętrzny natomiast zawiera definicje zmiennych ukrytych za pomocą zmiennych obserwowalnych, zwanych indykatorami. Indykatory pozwalają na pośrednie obserwowanie zmiennych ukrytych [Rogowski 1990, s. 33]. Są dobierane na podstawie określonej teorii lub intuicji badacza. Zmienna nieobserwowalna może być zdefiniowana za pomocą indykatorów na dwa sposoby. Pierwszy sposób nosi nazwę definicji indukcyjnej i opiera się na założeniu, że indykatory wpływają na zmienne ukryte, tworząc je (indykatory tworzące). Drugi sposób nosi nazwę definicji dedukcyjnej i opiera się na założeniu, że indykatory odzwierciedlają swoje pojęcia teoretyczne (indykatory odbija-

¹ Metody taksonomiczne do pomiaru kapitału ludzkiego stosuje między innymi K. Uramek [2006].

jące). W obu wypadkach zmienne ukryte są szacowane jako sumy ważone swoich indikatorów. Jeżeli założymy, że indykatory odzwierciedlają zmienną ukrytą, to powinny się one charakteryzować wysoką korelacją między sobą. Natomiast w przypadku definicji indukcyjnej indykatory powinny być nieskorelowane [Rogowski 1990, s. 25–26].

Zmienne obserwowalne można traktować jako zmienne ukryte mające jeden indikator, tożsamy z tą właśnie zmienną. Nazywamy je zmiennymi quasi-nieobserwowalnymi. W związku z tym modelowanie miękkie można potraktować jako uogólnienie klasycznych metod modelowania [Rocki 2007, s. 2].

Konstruowanie modelu miękkiego przebiega w sposób zbliżony do konstruowania klasycznych modeli ekonometrycznych. Pierwszy etap polega na specyfikacji zmiennych występujących w modelu wewnętrznym. W drugim etapie określa się zbiór indikatorów tworzących i/lub odbijających dla każdej zmiennej ukrytej. W trzecim etapie dokonuje się estymacji ocen parametrów za pomocą częściowej metody najmniejszych kwadratów, ang. *Partial Least Squares*². Ostatnim etapem modelowania miękkiego jest weryfikacja merytoryczna i statystyczna modelu.

Oceny parametrów relacji zewnętrznych i wewnętrznych muszą być zgodne z przyjętym opisem teoretycznym. Do weryfikacji statystycznej można zastosować kwadrat współczynnika korelacji wielorakiej lub odchylenia standardowe estymatorów parametrów. Jeżeli ponadto estymatory ładunków czynnikowych relacji zewnętrznych potraktujemy jako stopień dopasowania indikatorów do definiowanej przez nie zmiennej, to na podstawie wymienionych mierników można wyciągnąć wnioski na temat jakości modelu miękkiego [Rogowski 1990, s. 46].

Weryfikacji statystycznej modelu dokonuje się również za pomocą testu Stone'a-Geissera, który mierzy stopień odtwarzalności obserwacji indikatorów danej zmiennej ukrytej. Statystyki testu przyjmują wartości z przedziału $(-\infty, 1]$. Wartość testu dla modelu idealnego wynosi 1, a ujemne wartości wskazują na słabe własności modelu. Statystykę S-G oblicza się zarówno dla całego modelu, jak i dla poszczególnych indikatorów [Rogowski 1990, s. 47–53].

W niniejszym artykule zbudowano dwa modele miękkie, uwzględniające zależność między kapitałem ludzkim a rozwojem gospodarczym. Modele oszacowano na podstawie danych przekrojowych odnoszących się do szesnastu polskich województw. Pierwszy model będzie się odnosił do 2000 roku, drugi zaś do 2008 roku³. W artykule dokonano również analizę porównawczą wyników uzyskanych z obu modeli.

² Z metodą można się zapoznać w: [Rogowski 1990].

³ Wybór okresu badawczego był uzależniony od dostępności danych statystycznych.

1. Specyfikacja relacji wewnętrznych modeli miękkich

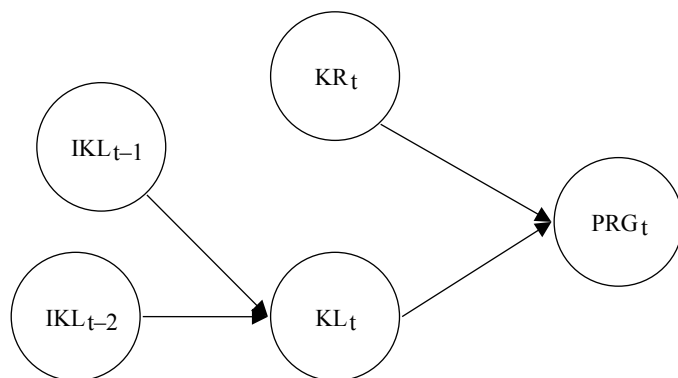
Każdy z modeli składa się z dwóch następujących równań:

$$\text{PRG}(t) = \alpha_{10} + \alpha_{11}\text{KR}(t) + \alpha_{12}\text{KL}(t) + \zeta_1(t), \quad (1)$$

$$\text{KL}(t) = \alpha_{20} + \alpha_{21}\text{IKL}(t) + \alpha_{22}\text{IKL}(t-1) + \zeta_2(t). \quad (2)$$

Pierwsze z nich posłuży do zbadania siły i kierunku zależności, jaka zachodziła pomiędzy zasobem kapitału ludzkiego a poziomem rozwoju gospodarczego w polskich województwach. W równaniu zostanie również uwzględniony kapitał rzeczowy w celu zweryfikowania, która z dwóch form kapitału: ludzki czy rzeczowy, miała silniejszy wpływ na poziom rozwoju gospodarczego w województwach. Drugie z równań ma na celu zbadanie, w jaki sposób inwestycje w kapitał ludzki oddziaływały na jego zasób.

Schemat modelu relacji wewnętrznych został zobrazowany również na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat relacji wewnętrznych modelu miękkiego

2. Specyfikacja relacji zewnętrznych modeli miękkich

Równania uwzględniają pięć zmiennych ukrytych. Zmienne: „poziom rozwoju gospodarczego” (PRG), „zasób kapitału ludzkiego” (KL), „inwestycje w kapitał ludzki” (IKL) są bezpośrednio nieobserwowalne i każda z nich zostanie opisana za pomocą zbioru indykatorów. Zmienną „zasób kapitału rzeczowego” (KR) można potraktować jako zmienną quasi-nieobserwowalną oraz zdefiniować za pomocą jednego indykatora.

Pierwotny zbiór danych statystycznych, odnoszących się do wszystkich zmiennych ukrytych, zawierał 50 indykatorów. Były one dobierane na podstawie literatury, tzn. charakteryzowały się powszechnym uznaniem w badaniach empirycznych. Wszystkie indykatory poddano weryfikacji statystycznej, polegającej na odrzuceniu zmiennych quasi-stałych⁴. Ostatecznie do modelu zostały zakwalifikowane 22 indykatory. Prezentuje je tabela 1.

Tabela 1. Indykatory zmiennych ukrytych występujących w modelu miękkim

Zmienna ukryta	Symbol indykatora	Nazwa indykatora
KL _t	W01	odsetek ludności z wykształceniem wyższym
	W03	odsetek pracujących z wykształceniem wyższym
	W05	liczba nauczycieli akademickich, przypadających na 1 tys. studentów
	W07	liczba zatrudnionych w sektorze B+R, przypadających na 10 tys. mieszkańców
	W08	liczba pracowników naukowo-badawczych, przypadających na 10 tys. mieszkańców
	U02	odsetek gospodarstw domowych wyposażonych w komputery z dostępem do Internetu
	Z10	liczba przypadków zachorowań na niektóre choroby zakaźne i zatrucia na 10 tys. mieszkańców
	Z15	liczba poszkodowanych w wypadkach przy pracy na 1 tys. pracujących
	J01	przeciętne miesięczne wynagrodzenie brutto
IKL _{t-1} , IKL _t	I01	nakłady na edukację na mieszkańca
	I02	nakłady na B+R na mieszkańca
	I03	nakłady na zdrowie na mieszkańca
	I04	nakłady na ochronę środowiska na mieszkańca
KR _t	KR01	wartość brutto środków trwałych na mieszkańca
PRG _t	PRG01	produkt krajowy brutto na mieszkańca
	PRG02	wartość dodana brutto na pracującego
	PRG03	techniczne uzbrojenie pracy
	PRG04	dochody do dyspozycji na osobę
	PRG05	udział rolnictwa w tworzeniu wartości dodanej brutto
	PRG06	nakłady inwestycyjne w przedsiębiorstwach na mieszkańca
	PRG07	podmioty zarejestrowane w rejestrze REGON na 10 tys. mieszkańców
	PRG08	nakłady inwestycyjne na mieszkańca

Zmienna ukryta KL została zdefiniowana za pomocą dziewięciu indykatorów. Pięć z nich reprezentuje wykształcenie i wiedzę społeczeństwa w województwie. Są to: „odsetek mieszkańców z wykształceniem wyższym”, „odsetek pracujących

⁴ Współczynnik zmienności poniżej 10%.

z wykształceniem wyższym”, „liczba nauczycieli akademickich, przypadających na tysiąc studentów”, „liczba zatrudnionych w sektorze B+R, przypadających na dziesięć tysięcy mieszkańców”, „liczba pracowników naukowo-badawczych, przypadających na 10 tysięcy mieszkańców”. Każdy z powyższych indykatorów jest stymulantą zmiennej KL, tzn. jego wyższa wartość świadczy o wyższym zasobie kapitału ludzkiego w województwie. Indykator „odsetek gospodarstw domowych wyposażonych w komputery z dostępem do Internetu” odnosi się do umiejętności, jakimi charakteryzuje się społeczeństwo i również jest stymulantą zmiennej KL. Aspekt zdrowia społeczeństwa reprezentują indykatory: „liczba przypadków zachorowań na niektóre choroby zakaźne i zatrucia na dziesięć tysięcy mieszkańców” oraz „liczba poszkodowanych w wypadkach przy pracy na tysiąc pracujących”. Są one destymulantami zmiennej KL, tzn. ich wyższa wartość świadczy o niższym zasobie kapitału ludzkiego w województwie. Ostatni wskaźnik: „przeciętne miesięczne wynagrodzenie brutto” można interpretować jako wskaźnik jakości kapitału ludzkiego w województwie. Pracodawcy poprzez ustalenie wynagrodzeń dokonują wyceny jakości kapitału ludzkiego, biorąc pod uwagę między innymi poziom wykształcenia, kwalifikacje, kompetencje, doświadczenie zawodowe. Indykator jest stymulantą.

Zmienną ukrytą IKL definiują cztery indykatory. Uwzględniają one takie formy inwestycji w kapitał ludzki, jak: inwestycje w edukację, zdrowie, działalność badawczo-rozwojową oraz ochronę środowiska. Wszystkie są stymulantami zmiennej IKL.

Zmienna ukryta PRG została opisana za pomocą ośmiu indykatorów. „Produkt krajowy brutto na mieszkańca” oraz „wartość dodana brutto na pracującego” są wymienianymi w pierwszej kolejności przez literaturę miernikami odzwierciedlającymi poziom rozwoju gospodarczego. „Nakłady inwestycyjne w przedsiębiorstwach na mieszkańca” oraz „nakłady inwestycyjne na mieszkańca” informują o potencjale gospodarczym województwa, o ocenie stanu gospodarki przez inwestorów i ocenie perspektyw rozwoju. Wskaźnik „podmioty gospodarcze zarejestrowane w rejestrze REGON na dziesięć tysięcy mieszkańców” charakteryzuje poziom przedsiębiorczości, jaki występuje w województwie. Opisane powyżej indykatory są stymulantami zmiennej PRG.

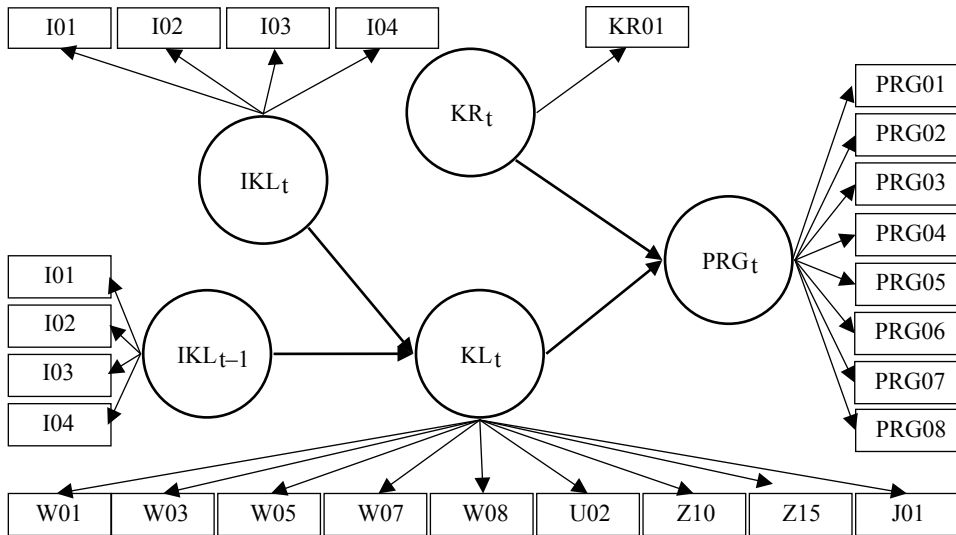
Wysoki udział rolnictwa, leśnictwa i rybołówstwa w tworzeniu wartości dodanej brutto jest charakterystyczny dla gospodarek o niskim poziomie rozwoju gospodarczego. Zatem indykator „udział rolnictwa w tworzenie wartości dodanej brutto” jest destymulantą zmiennej PRG.

Zmienna ukryta KR została przedstawiona za pomocą jednego indykatora – „wartość brutto środków trwałych na mieszkańca”, który powinien być stymulantą.

Wszystkie zmienne ukryte zostały zdefiniowane za pomocą indykatorów na podstawie podejścia dedukcyjnego, tzn. indykatory odbijają swoje zmienne ukry-

te. Zatem po oszacowaniu parametrów modelu zewnętrznego interpretacji będą podlegać ładunki czynnikowe (współczynniki korelacji między oszacowaniem zmiennej ukrytej a jej indykatorem).

Schemat modelu miękkiego, uwzględniający zarówno relacje modelu wewnętrznego, jak i modelu zewnętrznego, został przedstawiony na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat relacji zewnętrznych modelu miękkiego

3. Estymacja i weryfikacja modelu miękkiego dla roku 2000

Równania (1) i (2) zostały poddane estymacji częściową metodą najmniejszych kwadratów. Oszacowania parametrów relacji zewnętrznych zmiennych ukrytych „poziom rozwoju gospodarczego” (PRG), „zasób kapitału ludzkiego” (KL), „zasób kapitału rzeczowego” (KR), „inwestycje w kapitał ludzki” (IKL) w modelu dla 2000 roku wraz z błędami szacunku zawiera tabela 2.

Wyniki estymacji ładunków czynnikowych, co do znaku, są zgodne z oczekiwaniami. Indykatory, od których oczekiwano, że będą stymulantami mają dodatnie ładunki czynnikowe, a indykatory, od których oczekiwano, iż będą destymulantami mają ujemne ładunki czynnikowe.

Wszystkie parametry relacji zewnętrznych modelu dla 2000 roku są istotnie różne od zera (reguła „2s”⁵).

⁵ Badając istotność parametrów stosuje się tzw. regułę „2s”, według której parametr jest istotnie różny od zera, jeżeli podwojone odchylenie standardowe nie przekracza wartości estymatora danego parametru.

Tabela 2. Oszacowania parametrów relacji zewnętrznych modelu miękkiego dla 2000 roku

Zmienna ukryta	Symbol indykatora	Ładunek czynnikowy	Błąd szacunku
KL _t	W01	0,7979	0,0049
	W03	0,8133	0,0022
	W05	0,7641	0,0027
	W07	0,9288	0,0026
	W08	0,9321	0,0023
	U02	0,7830	0,0058
	Z10	-0,4473	0,0045
	Z15	-0,1123	0,0107
	J01	0,7814	0,0016
IKL _{t-1}	I01	0,6932	0,0013
	I02	0,8573	0,0008
	I03	0,4938	0,0002
	I04	0,4730	0,0039
IKL _t	I11	0,7007	0,0014
	I12	0,8864	0,0012
	I13	0,0502	0,0021
	I14	0,5738	0,0036
KR _t	KR01	1,0000	0,0000
PRG _t	PRG01	0,9727	0,0972
	PRG02	0,9133	0,1417
	PRG03	0,8660	0,1366
	PRG04	0,9426	0,1419
	PRG05	-0,6042	0,0757
	PRG06	0,9196	0,1246
	PRG07	0,7927	0,1451
	PRG08	0,9316	0,0970

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników modelu miękkiego.

Wśród dziewięciu indykatorów zmiennej ukrytej KL najsilniejszą korelacją odznaczają się: „liczba pracowników naukowo-badawczych, przypadających na dziesięć tysięcy mieszkańców” (0,9321), „liczba zatrudnionych w sektorze B+R, przypadających na dziesięć tysięcy mieszkańców” (0,9288), oraz „odsetek pracujących z wykształceniem wyższym” (0,8133). Najslabiej związane ze zmienną ukrytą KL są indykatory odnoszące się do komponentu zdrowia: „liczba przypadków zachorowań na niektóre choroby zakaźne i zatrucia na dziesięć tysięcy mieszkańców” (-0,4473) oraz „liczba poszkodowanych w wypadkach przy pracy na tysiąc pracujących” (-0,1123).

W przypadku zmiennej ukrytej IKL najsilniej związany ze zmienną jest indyktor „nakłady na działalność badawczo-rozwojową” (1999 r.: 0,8573, 2000 r.: 0,8864).

Spośród ośmiu indyktorów zmiennej ukrytej PRG, sześć z nich odzwierciedla swoją zmienną w stopniu co najmniej wysokim (ładunki czynnikowe powyżej 0,8). Zmienną PRG najsilniej odbijają: „produkt krajowy brutto na mieszkańca” (0,9727), „dochody do dyspozycji na osobę” (0,9426), „nakłady inwestycyjne na mieszkańca” (0,9316), „nakłady inwestycyjne w przedsiębiorstwach na mieszkańca” (0,9196), „wartość dodana brutto na pracującego” (0,9133), „techniczne uzbrojenie pracy” (0,8660), Natomiast najsłabszy wpływ na zmienną ukrytą PRG ma „udział rolnictwa w tworzeniu wartości dodanej brutto” (−0,6042).

Oszacowania parametrów relacji wewnętrznych przedstawiają równania (3)–(4), przy czym pod oszacowaniami parametrów zapisano standardowe błędy szacunku, otrzymane metodą cięć Tukeya.

$$\hat{P}RG_t = 1,1100 + 0,5824KR_t + 0,3757KL_t$$

$$(0,3796) \quad (0,0598) \quad (0,0427) \quad (3)$$

$$R^2 = 0,8023$$

$$\hat{K}L_t = 2,5356 + 0,5266IKL_{t-1} + 0,4158IKL_t$$

$$(0,0516) \quad (0,0011) \quad (0,0011) \quad (4)$$

$$R^2 = 0,8299$$

W przypadku obu równań współczynnik determinacji R^2 przyjmuje wysokie wartości, można zatem stwierdzić, że równania są dobrze dopasowane do oszacowanych wartości zmiennych ukrytych, czyli model wewnętrzny „współgra” z modelem miary. Znaki oszacowanych parametrów są zgodne z oczekiwaniami. Zarówno zależność między kapitałem rzeczowym a poziomem rozwoju gospodarczego, jak i zależność między kapitałem ludzkim a poziomem rozwoju gospodarczego jest dodatnia. Oznacza to, że w 2000 roku województwa o wyższych zasobach kapitału ludzkiego odznaczały się wyższym poziomem rozwoju gospodarczego oraz województwa o wyższym zasobie kapitału rzeczowego odznaczały się wyższym poziomem rozwoju gospodarczego, przy czym wpływ kapitału rzeczowego na rozwój gospodarczy był wyższy (0,5824) w porównaniu z wpływem kapitału ludzkiego (0,3757).

Równanie (4) pokazuje, że inwestycje w kapitał ludzki w 1999 roku oraz w 2000 roku dodatkowo wpływały na wielkość zasobu tego kapitału w 2000 roku. Jednakże większe znaczenie dla zwiększenia zasobów kapitału ludzkiego miały inwestycje poniesione w 1999 roku (0,5266) niż inwestycje poniesione w 2000 roku (0,4158).

Ogólna wartość testu Stone'a-Geissera dla zmiennej ukrytej PRG wynosi 0,4454, zatem wartość prognostyczna modelu jest dość wysoka. Wartości testów S-G dla poszczególnych indykatorów zmiennych ukrytych również są większe od zera. Otrzymane wyniki można uznać za zadowalające.

4. Estymacja i weryfikacja modelu miękkiego dla 2008 roku

Oszacowania parametrów relacji zewnętrznych zmiennych ukrytych w modelu dla 2008 roku wraz z błędami szacunku zawiera tabela 3.

Tabela 3. Oszacowania parametrów relacji zewnętrznych modelu miękkiego dla 2008 roku

Zmienna ukryta	Symbol indykatora	Ładunek czynnikowy	Błąd
KL _t	W01	0,7402	0,0062
	W03	0,8620	0,0028
	W05	0,7467	0,0015
	W07	0,9344	0,0012
	W08	0,9369	0,0014
	U02	0,5840	0,0063
	Z10	-0,3545	0,0037
	Z15	-0,0769	0,0093
	J01	0,9047	0,0009
IKL _{t-1}	I01	0,7158	0,0010
	I02	0,9307	0,0009
	I03	0,7270	0,0003
	I04	0,1857	0,0032
IKL _t	I11	0,6583	0,0017
	I12	0,8986	0,0011
	I13	0,5147	0,0008
	I14	0,2259	0,0028
KR _t	KR01	1,0000	0,0000
PRG _t	PRG01	0,9655	0,0790
	PRG02	0,9564	0,1093
	PRG03	0,8798	0,1270
	PRG04	0,9312	0,1233
	PRG05	-0,5490	0,0738
	PRG06	0,9220	0,1275
	PRG07	0,8759	0,1110
	PRG08	0,9536	0,0907

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników modelu miękkiego.

Ponownie wyniki estymacji ładunków czynnikowych, co do znaku, są zgodne z oczekiwaniami. Indykatory, od których oczekiwano, że będą stymulantami, mają dodatnie ładunki czynnikowe, a od zmiennych od których oczekiwano, iż będą destymulantami, mają ujemne ładunki czynnikowe. Ponadto wszystkie parametry relacji zewnętrznych modelu dla 2008 roku są istotnie różne od zera.

Wśród dziewięciu indykatorów zmiennej ukrytej KL najsilniejszą korelacją odznaczają się: „liczba pracowników naukowo-badawczych, przypadających na dziesięć tysięcy mieszkańców” (0,9369), „liczba zatrudnionych w sektorze B+R, przypadających na dziesięć tysięcy mieszkańców” (0,9344), „przeciętne miesięczne wynagrodzenie brutto” (0,9047), oraz „odsetek pracujących z wykształceniem wyższym” (0,8620). Najsłabiej związane ze zmienną ukrytą KL są indykatory odnoszące się do komponentu zdrowia: „liczba przypadków zachorowań na niektóre choroby zakaźne i zatrucia na dziesięć tysięcy mieszkańców” (−0,4473) oraz „liczba poszkodowanych w wypadkach przy pracy na tysiąc pracujących” (−0,0769).

W przypadku zmiennej ukrytej IKL najsilniej związany ze zmienną jest indykator „nakłady na działalność badawczo-rozwojową” (2007 r.: 0,9307, 2008 r.: 0,8986).

Siedem indykatorów zmiennej ukrytej PRG odzwierciedla swoją zmienną w stopniu wysokim. Indykator „udział rolnictwa w tworzeniu wartości dodanej brutto” ma najsłabszy wpływ na zmienną ukrytą PRG (−0,5490).

Oszacowania parametrów relacji wewnętrznych modelu dla 2008 roku przedstawiają równania (5)–(6). Pod oszacowaniami parametrów zostały zapisane standardowe błędy szacunku.

$$\begin{aligned} \hat{PRG}_t = & 1,9303 + 0,533IKR_t + 0,3375KL_t \\ & (0,4697) \quad (0,0469) \quad (0,0460) \end{aligned} \quad (5)$$

$$R^2 = 0,7135$$

$$\begin{aligned} \hat{KL}_t = & 3,2000 + 0,1944IKL_{t-1} + 0,7645IKL_t \\ & (0,0219) \quad (0,0014) \quad (0,0015) \end{aligned} \quad (6)$$

$$R^2 = 0,8908$$

Wyniki estymacji modelu dla 2008 roku są zbliżone do wyników uzyskanych dla modelu z 2000 roku. Współczynniki determinacji przyjmują wysokie wartości. Znaki oszacowanych parametrów są zgodne z oczekiwaniami. Zarówno zależność między kapitałem rzeczowym a poziomem rozwoju gospodarczego, jak i zależność między kapitałem ludzkim a poziomem rozwoju gospodarczego jest dodatnia. Ponownie kapitał rzeczowy wykazywał silniejszy wpływ na rozwój gospodarczy (0,5331), w porównaniu z wpływem kapitału ludzkiego (0,3375). Po-

nadto inwestycje w kapitał ludzki dodatnio wpływały na zasób tego kapitału oraz większe znaczenie dla zwiększenia zasobów kapitału ludzkiego miały inwestycje poniesione w 2008 roku (0,7645) niż inwestycje poniesione w 2007 roku (0,1944).

Ogólna wartość testu Stone'a-Geissera dla zmiennej ukrytej PRG wynosi 0,4801, zatem wartość prognostyczna modelu jest dość wysoka. Wartości testów S-G dla poszczególnych indyktorów zmiennych ukrytych również są większe od zera. Zatem otrzymane wyniki też można uznać za zadowalające.

5. Analiza porównawcza otrzymanych wyników

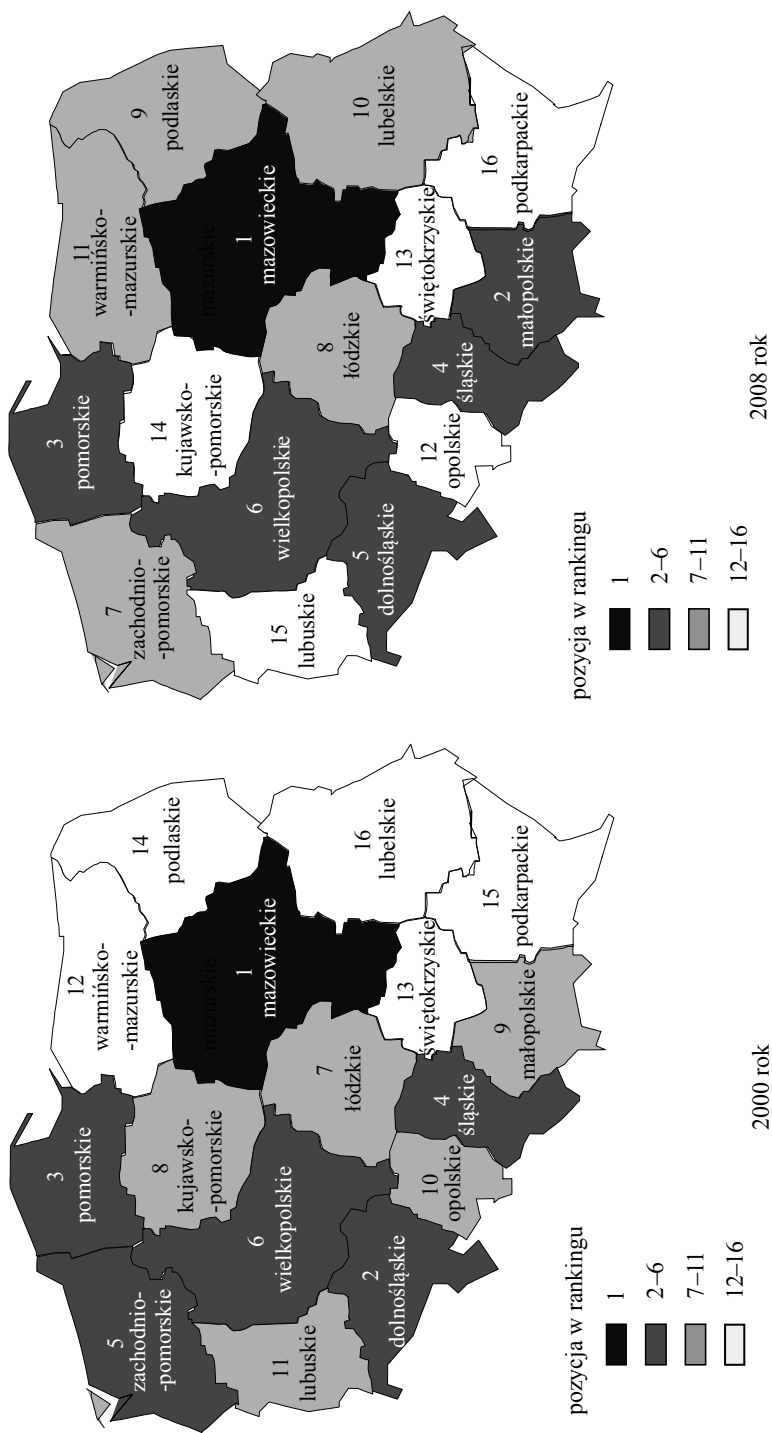
W wyniku zastosowania częściowej metody najmniejszych kwadratów do szacowania parametrów modelu uzyskuje się oszacowania wartości zmiennych ukrytych (sumy ważone indyktorów). Liczby te nie mają merytorycznej interpretacji, ale mogą być zastosowane między innymi do liniowego porządkowania badanych obiektów (w tym przypadku województw).

Uporządkowanie województw według poziomu rozwoju gospodarczego w 2000 roku oraz 2008 roku prezentuje rysunek 3.

Województwa zostały podzielone na cztery grupy. Do pierwszej grupy zarówno w 2000 roku, jak i w 2008 roku zostało zakwalifikowane jedynie województwo mazowieckie, gdyż to właśnie dla tego województwa większość indyktorów opisujących zmienną ukrytą PRG uzyskiwało najwyższe wartości. W drugiej grupie województw najlepiej rozwiniętych w 2000 roku znalazły się województwa: dolnośląskie, pomorskie, śląskie, zachodniopomorskie i wielkopolskie, a w 2008 roku województwa: małopolskie, pomorskie, śląskie, dolnośląskie i wielkopolskie. Najniższym poziomem rozwoju gospodarczego charakteryzowały się w 2000 roku województwa: warmińsko-mazurskie, świętokrzyskie, podlaskie, podkarpackie oraz lubelskie, czyli województwa położone we wschodniej części Polski, a w 2008 roku województwa: opolskie, świętokrzyskie, kujawsko-pomorskie, lubuskie, podkarpackie.

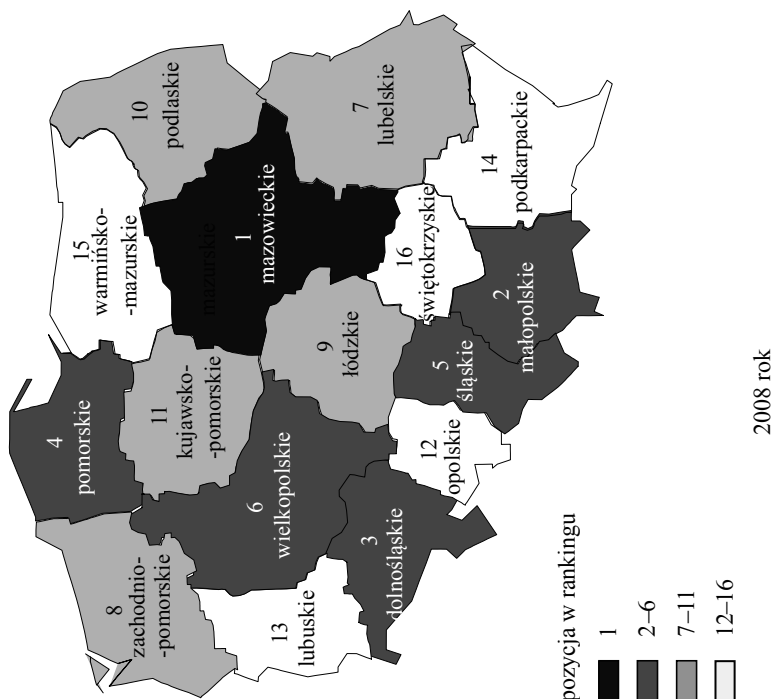
Rysunek 4 prezentuje uporządkowanie województw pod względem zasobów kapitału ludzkiego w latach 2000 oraz 2008.

Najwyższym zasobem kapitału ludzkiego dysponowało w 2000 roku oraz 2008 roku województwo mazowieckie. Wysokim zasobem kapitału ludzkiego w 2000 roku charakteryzowały się województwa: małopolskie, pomorskie, dolnośląskie, zachodnio-pomorskie oraz łódzkie, a w 2008 roku województwa: małopolskie, dolnośląskie, pomorskie, śląskie oraz wielkopolskie. Województwami o najniższych zasobach kapitału ludzkiego w 2000 roku były województwa: śląskie, opolskie, warmińsko-mazurskie, podkarpackie oraz świętokrzyskie, a w 2008 roku województwa: opolskie, lubuskie, podkarpackie, warmińsko-mazurskie, świętokrzyskie.



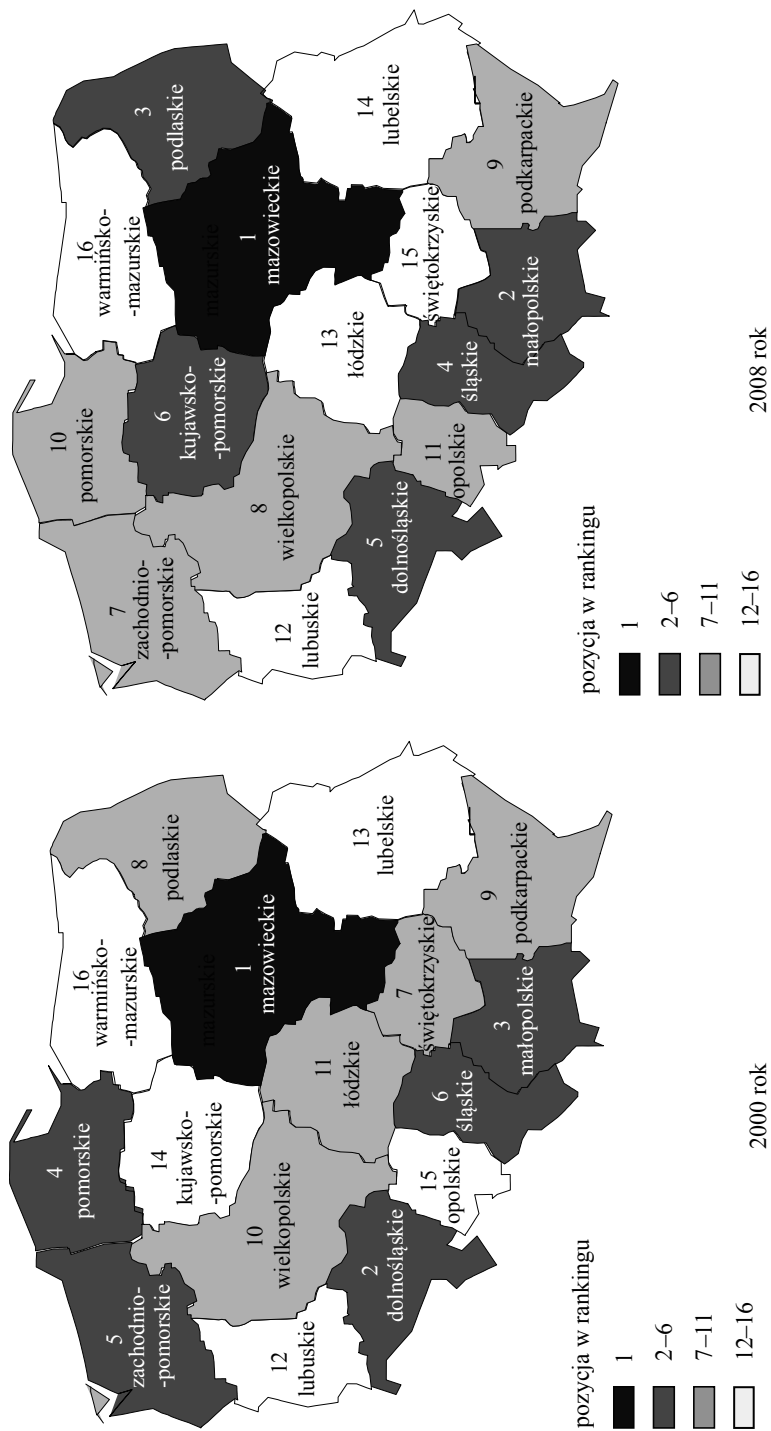
Rys. 3. Województwa w Polsce według poziomu rozwoju gospodarczego

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelu miękkiego



Rys. 4. Województwa w Polsce według zasobów kapitału ludzkiego

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelu miękkiego



Rys. 5. Województwa w Polsce według inwestycji w kapitał ludzki

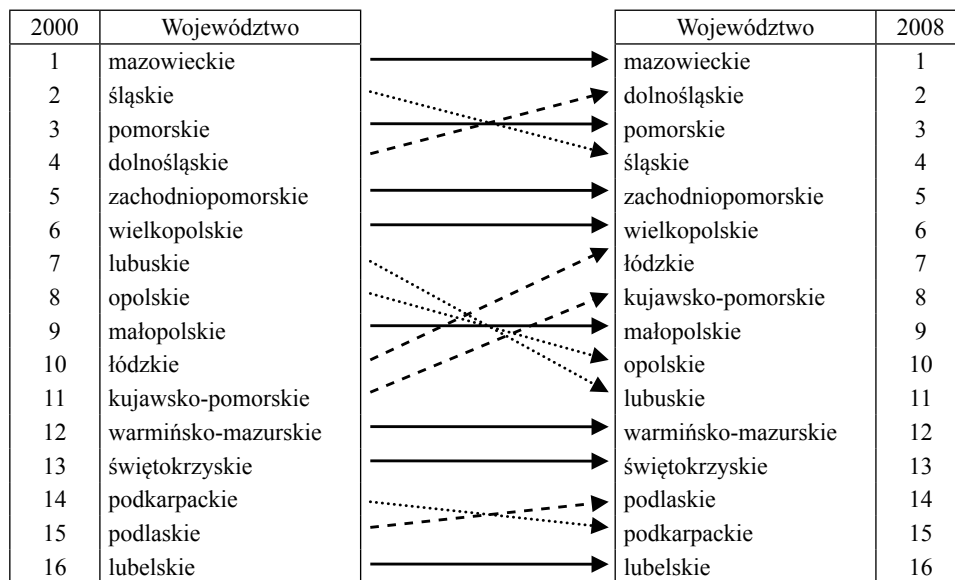
Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelu miękkiego

Rysunek 5 prezentuje, w jaki sposób w 2000 roku oraz 2008 roku przedstawiał się układ województw pod względem inwestowania w kapitał ludzki. Po raz trzeci województwo mazowieckie okazało się liderem zarówno ze względu na inwestycje w 2000 roku, jak i w 2008 roku. Wysokie nakłady na kapitał ludzki w 2000 roku ponosiły ponadto województwa: dolnośląskie, małopolskie, pomorskie, zachodniopomorskie i łódzkie, a w roku 2008 województwa: małopolskie, dolnośląskie, pomorskie, śląskie oraz wielkopolskie. Najniższe inwestycje w 2000 roku wystąpiły w województwach: lubuskim, lubelskim, kujawsko-pomorskim, opolskim, warmińsko-mazurskim, a w 2008 roku w województwach lubuskim, łódzkim, lubelskim, świętokrzyskim, warmińsko-mazurskim.

Na podstawie wyników modelowania zostały utworzone rankingi województw prezentujące uporządkowania pod względem wartości poszczególnych zmiennych ukrytych.

Poniżej przedstawiono rankingi poziomu rozwoju gospodarczego, jakim charakteryzowały się województwa w latach 2000 i 2008 oraz przesunięcia w pozycjach rankingowych.

Uporządkowanie województw ze względu na poziom rozwoju gospodarczego w latach 2000 i 2008



Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników modelu miękkiego.

Analiza uporządkowania województw pod względem poziomu rozwoju gospodarczego w r 2008 oku w porównaniu z 2000 rokiem pokazuje, że spośród

szesnastu województw cztery: dolnośląskie, łódzkie, kujawsko-pomorskie, podlaskie podwyższyły swoją pozycję rankingową. Sześć województw: mazowieckie, zachodniopomorskie, wielkopolskie, małopolskie, warmińsko-mazurskie, świętokrzyskie, lubelskie utrzymało się na tej samej pozycji, a cztery województwa: śląskie, lubuskie, opolskie, podkarpackie znalazły się na niższej pozycji.

Poniżej zaprezentowano rankingi województw ze względu na zasób kapitału ludzkiego.

Uporządkowanie województw ze względu na zasób kapitału ludzkiego w latach 2000 i 2008

2000	Województwo		Województwo	2008
1	mazowieckie	→	mazowieckie	1
2	małopolskie	→	małopolskie	2
3	pomorskie	→	dolnośląskie	3
4	dolnośląskie	→	pomorskie	4
5	zachodniopomorskie	→	śląskie	5
6	łódzkie	→	wielkopolskie	6
7	wielkopolskie	→	lubelskie	7
8	lubelskie	→	zachodniopomorskie	8
9	lubuskie	→	łódzkie	9
10	podlaskie	→	podlaskie	10
11	kujawsko-pomorskie	→	kujawsko-pomorskie	11
12	śląskie	→	opolskie	12
13	opolskie	→	lubuskie	13
14	warmińsko-mazurskie	→	podkarpackie	14
15	podkarpackie	→	warmińsko-mazurskie	15
16	świętokrzyskie	→	świętokrzyskie	16

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników modelu miękkiego.

Siedem województw: dolnośląskie, wielkopolskie, lubelskie, śląskie, opolskie, podkarpackie znalazło się w 2008 roku w porównaniu do 2000 roku na wyższej pozycji. Pięć województw: mazowieckie, małopolskie, podlaskie, kujawsko-pomorskie oraz świętokrzyskie zachowały niezmienną pozycję. Województwa pomorskie, zachodniopomorskie, łódzkie, lubuskie, warmińsko-mazurskie obniżyły swoją pozycję rankingową.

Ostatni ranking województw dotyczy inwestycji w kapitał ludzki. Województwa: małopolskie, śląskie, podlaskie, wielkopolskie, kujawsko-pomorskie, opolskie awansowały w 2008 roku na wyższą pozycję w porównaniu z 2000 rokiem. Województwa: mazowieckie, podkarpackie, lubuskie, warmińsko-mazurskie pozostały na tych samych pozycjach. Natomiast województwa: dolnośląskie, po-

morskie, zachodniopomorskie, świętokrzyskie, łódzkie, lubelskie zajęły niższe miejsca.

Uporządkowanie województw ze względu na wielkość inwestycji w kapitał ludzki w latach 2000 i 2008

2000	Województwo	Województwo	2008
1	mazowieckie	mazowieckie	1
2	dolnośląskie	małopolskie	2
3	małopolskie	podlaskie	3
4	pomorskie	śląskie	4
5	zachodniopomorskie	dolnośląskie	5
6	śląskie	kujawsko-pomorskie	6
7	świętokrzyskie	zachodniopomorskie	7
8	podlaskie	wielkopolskie	8
9	podkarpackie	podkarpackie	9
10	wielkopolskie	pomorskie	10
11	łódzkie	opolskie	11
12	lubuskie	lubuskie	12
13	lubelskie	łódzkie	13
14	kujawsko-pomorskie	lubelskie	14
15	opolskie	świętokrzyskie	15
16	warmińsko-mazurskie	warmińsko-mazurskie	16

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników modelu miękkiego.

Podsumowanie

Zaprezentowane w artykule modele miękkie posłużyły do zbadania zależności, jakie zachodziły pomiędzy kapitałem ludzkim a poziomem rozwoju gospodarczego w polskich województwach w latach 2000 oraz 2008.

Model zewnętrzny umożliwił pomiar kapitału ludzkiego z uwzględnieniem takich jego aspektów, jak: wiedza, wykształcenie, umiejętności, zdrowie, jakość. Definiowanie kapitału ludzkiego za pomocą indyktorów odbyło się bez wcześniejszego ustalania wag. Wyniki estymacji pokazały, które ze zmiennych mierzalnych (indyktorów) były najsilniej związane ze swoją zmienną ukrytą. W przypadku zmiennej „zasób kapitału ludzkiego” były to indykatory odnoszące się do wiedzy i wykształcenia. W przypadku zmiennej „inwestycje w kapitał ludzki” – indykator „nakłady na działalność B+R na mieszkańca”. W przypadku zaś zmiennej „poziom rozwoju gospodarczego” większość z wybranych indykatorów odzwierciedlała swoją zmienną w stopniu co najmniej wysokim.

Model wewnętrzny pozwolił na oszacowanie zależności zachodzących między kapitałem ludzkim, kapitałem rzeczowym a poziomem rozwoju gospodarczego oraz między inwestycjami w kapitał ludzki a jego zasobami. Analiza wyników pokazała, że zarówno w 2000 roku jak i w 2008 roku obie formy kapitału: rzeczowy i ludzki miały dodatni, istotny statystycznie wpływ na poziom rozwoju gospodarczego województw, przy czym silniejszy wpływ wywierał kapitał rzeczowy oraz że inwestycje w kapitał ludzki wpływały dodatnio na zasób kapitału ludzkiego.

Zastosowanie modelowania miękkiego umożliwiło również utworzenie rankingów województw dotyczących poziomu rozwoju gospodarczego, zasobów kapitału ludzkiego oraz inwestycji w kapitał ludzki. Uporządkowania dla lat 2000 i 2008 pokazało, że na czele rankingów znajduje się województwo mazowieckie. Wysokie pozycje zajmowały również województwa: dolnośląskie, zachodniopomorskie, wielkopolskie, pomorskie. W niekorzystnej sytuacji znajdowały się natomiast województwa podlaskie, podkarpackie, warmińsko-mazurskie oraz świętokrzyskie, które zajmowały ostatnie pozycje.

Bibliografia

- Domański, S.R., 1993, *Kapitał ludzki i wzrost gospodarczy*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Florczak, W., 2007, *Kapitał ludzki a rozwój gospodarczy*, w: W. Welfe (red.), *Gospodarka oparta na wiedzy*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Lucas, R.E.J., 1988, *On the mechanics of economic development*, Journal of Monetary Economics, vol. 22 (1).
- Mankiw, N.G., Romer, D., Weil, D.N., 1992, *A contribution to the empirics of economic growth*, Quarterly Journal of Economics vol. 107 (21).
- Marciniak, S., 2000, *Innowacje i rozwój gospodarczy*, Kolegium Nauk Społecznych i Administracji Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Rocki, M., 2007, *Miękkie wskaźniki stanu gospodarki*, referat na konferencję: Ogólnopolska Konferencja Naukowa Koniunktura gospodarcza – 20 lat doświadczeń IRG SGH, Warszawa.
- Rogowski, J., 1990, *Modele miękkie. Teoria i zastosowanie w badaniach ekonomicznych*, Wydawnictwo Filii UW w Białymstoku, Białystok.
- Romer, D., 2000, *Makroekonomia dla zaawansowanych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Szafraniec, K. (red.), 2006, *Kapitał społeczny i zasoby społeczne wsi. Ludzie – Społeczność lokalna – Edukacja*, PAN, Warszawa.
- Uramek, K., 2006, *Taksonomiczne wskaźniki kapitału ludzkiego w niektórych krajach OECD*, Wiadomości statystyczne nr 2.
- Wold H., 1980, *Soft Modelling: Intermediate between Traditional Model Building and Data Analysis*, Banach Centre Publication 6, Mathematical Statistics.

SOFT MODELING OF THE RELATIONSHIP BETWEEN HUMAN CAPITAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT

Summary: The article presents the usage of soft modeling to research relationship between human capital and level of economic development in Polish regions. Human capital and level of economic development are unobserved variables and it is difficult to measure them. Hence the choice of soft modeling method which enables to research relationship between unobserved variables (latent variables). The main conclusion of the article is that human capital has a positive and statistically significant influence on economic development of the Polish regions. The article also shows the order of regions in terms of the stock of human capital and the level of economic development.