

Anna Bartkowiak

Akademia Ekonomiczna we Wrocławiu

ZASTOSOWANIE MODELI STRUKTURALNYCH DO WERYFIKACJI ZAŁOŻEŃ PROGRAMÓW UNIJNYCH

1. Wstęp

Członkostwo Polski w Unii Europejskiej umożliwia korzystanie ze środków pieniężnych dostępnych w ramach funduszy unijnych. Wsparcie finansowe daje ogromne możliwości rozwoju gospodarczego i społecznego kraju, pod warunkiem efektywnego wykorzystania funduszy. Efektywność ta wymaga dokładnego określenia obowiązków, jakie musi spełnić beneficjent, oraz stworzenia strategii rozwojowej kraju.

Warunkiem niezbędnym do korzystania ze środków pomocowych Wspólnoty Europejskiej jest zatwierdzenie przez nią dokumentów, w których przedstawione są plany dotyczące realizacji działań rozwojowych danego kraju. Zaplanowane działania powinny przyczynić się do osiągnięcia wyznaczonych dla kraju celów rozwojowych. Narzędziem umożliwiającym osiągnięcie każdego z wyznaczonych celów jest tzw. Program Operacyjny (PO), czyli dokument, w którym przedstawione są priorytetowe założenia (priorytety) obejmujące podejmowane w programie, pogrupowane, działania oraz konkretne cele będące podstawą późniejszego monitoringu i przyszłej oceny, a także wskaźniki odnoszące się do wytypowanych priorytetów.

W obecnym okresie realizacji planu rozwojowego Polski, czyli w latach 2004-2006, stworzonych zostało pięć programów operacyjnych. W każdym określono jego główny (strategiczny) cel oraz zawarto spójny zestaw priorytetów zawierających działania wieloletnie (więcej w [11]). Zakłada się, że cel strategiczny ma być osiągnięty dzięki działaniom wytypowanym dla poszczególnych priorytetów danego PO. Do określenia stopnia realizacji celów wyznaczone zostały wskaźniki monitoringu i oceny programu. Bardzo ważne jest dokonanie odpowiedniej weryfikacji spójności priorytetów z celami oraz adekwatności wskaźników dobranych do poszczególnych priorytetów, której brak jest w przygotowywanych przez wyznaczone organizacje rządowe dokumentach. Statystyczna weryfikacja założeń pozwala na uniknięcie konieczności ponoszenia dodatkowych kosztów operacyjnych związanych ze zbieraniem i przetwarzaniem danych oraz prowadzeniem działań

nieprzyczyniających się bezpośrednio do osiągnięcia celów programu. Specyfika celów i założeń programów operacyjnych wykazuje dużą zgodność z konfirmacyjnym modelem strukturalnym. W literaturze przedmiotu znane są odpowiednie metody analizy takiego modelu.

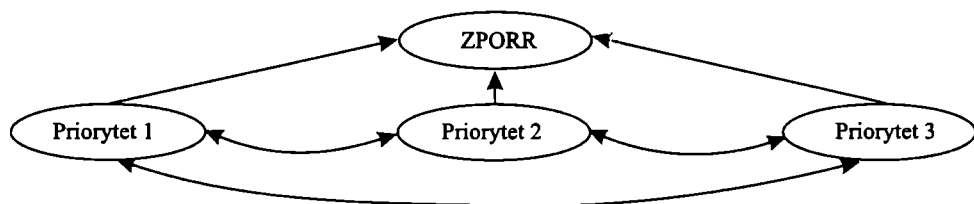
W artykule przedstawiono zastosowanie modelu strukturalnego do weryfikacji założeń PO na podstawie Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego (ZPORR).

2. Idea i założenia Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego

Jednym z programów funduszy strukturalnych jest ZPORR. Jego podstawą jest podział środków między 16 województw Polski, w których realizowane są strategie rozwoju oparte na możliwościach danego województwa, co ma pozwolić na wdrożenie spójnej strategii globalnego rozwoju kraju. Głównym jego celem jest tworzenie warunków wzrostu konkurencyjności regionów oraz przeciwdziałanie marginalizacji niektórych obszarów w taki sposób, aby sprzyjało to długofalowemu rozwojowi gospodarczemu kraju, jego spójności ekonomicznej, społecznej i terytorialnej oraz integracji z Unią Europejską. Zakłada się, że cel ten będzie osiągany dzięki wyszczególnionym 4 priorytetom:

- 1) rozbudowie i modernizacji infrastruktury służącej wzmocnieniu konkurencyjności regionów,
- 2) wzmocnieniu rozwoju zasobów ludzkich w regionach,
- 3) rozwojowi lokalnemu,
- 4) pomocy technicznej.

Dokładny opis priorytetów ZPORR można znaleźć w [13]. Zakłada się, że osiągnięcie celów wytypowanych w ramach priorytetów powinno się przyczynić do osiągnięcia głównego celu danego programu, ponadto wymaga zintegrowanego oddziaływania między priorytetami. Osiąganie celów cząstkowych poszczególnych priorytetów nie jest odizolowane od osiągania celów innych priorytetów, a raczej jest jego uzupełnieniem. Założenia te można przedstawić na grafie (rys. 1):



Rys. 1. Powiązania między celami priorytetów i programu

Źródło: opracowanie własne.

Ze względu na charakter czysto techniczny priorytet 4 nie zostanie uwzględniony w modelu.

Cel główny ZPORR oraz cele priorytetów mają charakter jakościowy, co powoduje trudność w określeniu stopnia ich realizacji oraz stopnia powiązań między nimi. Dlatego też, na podstawie charakteru programu oraz działań wytypowanych dla każdego z priorytetów, wyznaczano wskaźniki, które mają być odzwierciedleniem każdego celu zawartego w programie. Są one miarą celów, jakie mają zostać osiągnięte. Zakłada się, że wytypowane wskaźniki mierzą stopień realizacji celu programu i priorytetów. W wersji ZPORR zatwierdzonej przez Komitet Integracji Europejskiej w lutym 2003 r. zaproponowano szczegółową listę podstawowych wskaźników monitoringu i oceny programu. Jednakże lista ta została zakwestionowana przez Komisję Europejską. Komisja nakazała także wprowadzenie zmian dotyczących proponowanych w programie działań. W związku z tym konieczne było stworzenie nowego ZPORR, który ostatecznie został zatwierdzony i jest obecnie realizowany. Lista wskaźników jest zawarta w [13]. Okazuje się natomiast, że wskaźniki przyporządkowane priorytetom są powtórzeniem wskaźników dla celu głównego programu, a wskaźniki dla priorytetu 1 i 3 są identyczne, czyli niosą tę samą informację. Taki dobór wskaźników wskazuje także na jednoznaczne powiązanie między priorytetami i celem strategicznym ZPORR, co uniemożliwia określenie, czy faktycznie realizacja działań podejmowanych w ramach priorytetów przyczynia się do osiągnięcia celu głównego programu. Z tego powodu w artykule do weryfikacji założeń programu przyjęto listę wskaźników zawartą w aneksie ZPORR z lutego 2003 r. zmodyfikowaną tak, by była ona zgodna ze zmianami, jakich dokonano w ramach zamiany działań w obrębach priorytetów. Ponadto konieczne było również pominięcie wskaźników, których do

Tabela 1. Zredukowany zbiór wskaźników

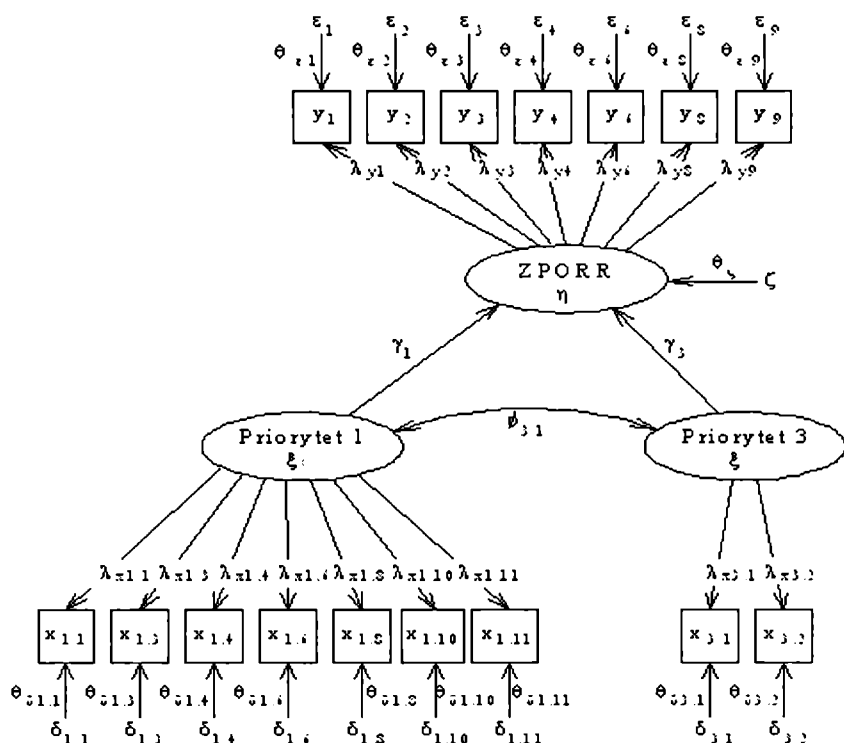
Cel strategiczny	
0.1	PKB na 1 mieszkańca
0.2	Wskaźnik zatrudnienia
0.3/0.4	Zatrudnienie wg sektorów gospodarki (I/II)
0.6	Stopa bezrobocia
0.8/0.9	Poziom wykształcenia (średnie/wyższe)
Cel priorytetu 1	
1.1	Transport (ofiary śmiertelne)
1.3	Ludność w miastach korzystająca z kanalizacji jako % ogółu
1.4	Odpady komunalne wywiezione w ciągu roku stałe
1.6	Odpady komunalne wyselekcjonowane
1.8	Całkowita emisja dwutlenku azotu
1.10	Przeciętne zatrudnienia w sekcji EKD „Hotele i restauracje”
1.11	Ruch turystyczny: korzystający z noclegów w obiektach noclegowych turystyki
Cel priorytetu 3	
3.1	Nakłady inwestycyjne MŚP
3.2	Liczba MŚP

Źródło: opracowanie własne na podstawie [12; 13].

tej pory nie uwzględniano w statystykach państwowych. Postępowanie takie nie zakłóci osiągnięcia celu tego artykułu, jakim jest zastosowanie narzędzia statystycznego do weryfikacji założeń programów operacyjnych. Dodatkowo pozwoli to na skorygowanie początkowo proponowanej przez Komitet Integracji Europejskiej listy wskaźników podstawowych dla ZPORR. Ostatecznie przyjętą, na potrzeby artykułu, listę wskaźników przedstawiono w tab. 1.

Opisane wcześniej postępowanie tworzenia listy wskaźników spowodowało, iż usunięte zostały wskaźniki dla priorytetu 2. Zachowanie tych wskaźników wymagałoby usunięcia kolejnych 8 wskaźników, w tym także wskaźnika PKB, który jest głównym wskaźnikiem odzwierciedlającym rozwój gospodarczy regionów. Z tych powodów ostatecznie zdecydowano się na rezygnację z priorytetu 2 i przyjęcie do weryfikacji założeń ZPORR wskaźników zawartych w tab. 1.

Każdy ze wskaźników może być obarczony pewnym błędem pomiaru, ponadto trzeba brać pod uwagę wpływ wskaźników drugorzędnych, które nie zostały uwzględnione w systemie wskaźników podstawowych. Błąd pomiarowy i wpływ wskaźników drugorzędnych na grafie jest umieszczony w kółku i oznaczony literą ε dla wskaźników ZPORR oraz literą δ dla wskaźników priorytetów. Graf z rys. 1



Rys. 2. Przyjęty do weryfikacji model pomiarowy przedstawiający założenia ZPORR

Źródło: opracowanie własne.

można uzupełnić o zmienne obserwowalne (wskaźniki) oraz błędy losowe. Ostatecznie przyjęty do weryfikacji model powstały na podstawie wytycznych ZPORR można przedstawić w postaci pełnego grafu (rys. 2).

Z raportu systemu monitoringu i oceny PO w Polsce wynika, że brak jest statystycznej weryfikacji przyjętych założeń. Analiza procesu budowy grafu na podstawie wytycznych programu prowadzi do spostrzeżenia, że powstały model można przedstawić w języku modeli równań strukturalnych. Dzięki analizie statystycznej takiego modelu można byłoby zweryfikować założenia programu.

3. Krótki opis modelu strukturalnego

W modelu strukturalnym uwzględnia się powiązania między zmiennymi ukrytymi (latentnymi). Są to zmienne, które nie są bezpośrednio mierzalne, o ich znaczeniu można się dowiedzieć z badania pewnych wskaźników bezpośrednio mierzalnych (obserwowalnych). Zmienne obserwowalne są odzwierciedleniem zmiennej ukrytej, która może mieć inną siłę wpływu na każdy mierzalny wskaźnik. Ustalenie wartości siły tego wpływu wskazuje na istotność danego czynnika dla danej cechy ukrytej. Jeżeli rozwój gospodarczy najbardziej wśród innych wskaźników wpływa na wskaźnik zatrudnienia, to działania prowadzące do wzrostu zatrudnienia powinny stać się głównym celem dla poprawy rozwoju regionalnego.

Analizę modelu strukturalnego powinna poprzedzać konstrukcja hipotez, które określają relacje między zmiennymi. Założenia te powinny być oparte na wiedzy na temat badanego zjawiska. Przyjęte założenia weryfikuje się metodami statystycznymi. Podejście, w którym budowę modelu poprzedza się analizą danych oraz zdobyciem wiedzy na temat badanego zjawiska, a następnie na podstawie próby losowej estymuje się parametry modelu opartego na układzie hipotez dotyczących badanego zjawiska, nazywa się podejściem confirmacyjnym. Możliwe jest jeszcze podejście eksploracyjne, w którym chodzi o wyestymowanie parametrów modelu najlepiej dopasowanego do danych. Oba podejścia dają różne rozwiązania. Po wyznaczeniu modelu za pomocą analizy confirmacyjnej można sprawdzić, które elementy teorii zawarte w hipotezach powodują znaczne pogorszenie dopasowania modelu do danych w próbie. Może to wskazywać na hipotezy, które są w niedostatecznym stopniu potwierdzone przez próbę, co z kolei powinno być przedmiotem dalszych badań nad przyczyną niezgodności wiedzy teoretycznej z wynikami próby (por. [9]).

Jednym z modeli równań strukturalnych jest uogólniony model równań liniowych, zwany LISREL. Składa się on z modelu struktury (1) oraz modeli pomiarowych (2):

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta, \quad (1)$$

$$y = \Lambda_y \eta + \varepsilon, \quad (2)$$

$$x = \Lambda_x \xi + \delta. \quad (3)$$

Wektor zmiennych endogenicznych przyjęto oznaczać literą η , egzogenicznych literą ξ , a wektor ukrytych błędów losowych w modelu strukturalnym symbolem ζ . Macierz $\mathbf{B}$ ($p \times p$) jest macierzą parametrów współczynników regresji zmiennych wchodzących w skład wektora η taką, że elementy diagonalne są równe zero, $\mathbf{\Gamma}$ jest ($p \times q$) macierzą parametrów współczynników regresji współrzędnych wektora η względem współrzędnych wektora ξ . Ponadto dla modelu (1) przyjmuje się, że wartości oczekiwane błędów losowych wynoszą 0, ζ jest nieskorelowany z ξ , składowe wektora ζ są homoscedastyczne i bez autokorelacji, natomiast między sobą mogą być skorelowane i nie mieć jednakowych wariancji. Ponadto przyjmuje się oznaczenia: $\text{Cov}(\xi) = \Phi$, $\text{Cov}(\zeta) = \Psi$, $\text{Cov}(\eta) = \Omega$.

Wektor zmiennych obserwowalnych, będących empirycznymi wskaźnikami odzwierciedlającymi zmienną ukrytą, przyjęto się oznaczać dla ukrytej zmiennej egzogenicznej przez $\mathbf{x}$ ($n \times 1$), natomiast dla ukrytej zmiennej endogenicznej $\mathbf{y}$ ($m \times 1$). Błąd losowy zmiennej $\mathbf{x}$ w modelu pomiarowym oznacza się przez δ , a błąd losowy zmiennej $\mathbf{y}$ przez ε . W modelu pomiarowym macierz współczynników oznacza się przez Λ (Λ_x, Λ_y). Dla modeli pomiarowych (2) przyjmuje się, że $E(\varepsilon) = \mathbf{0}$, $E(\delta) = \mathbf{0}$, ε jest nieskorelowany z η, ξ, δ , a δ jest nieskorelowany z η, ξ, ε oraz $\text{Cov}(\varepsilon) = \Theta_\varepsilon$, $\text{Cov}(\delta) = \Theta_\delta$.

Pełny model równań strukturalnych (model struktury i modele pomiarowe) można przedstawić na grafie, na którym są zilustrowane wszystkie hipotezy dotyczące powiązań między zmiennymi.

Estymacja parametrów w modelach równań strukturalnych jest oparta na relacji między macierzą estymatorów kowariancji zmiennych ($\mathbf{S}$) a macierzą kowariancji będącą funkcją parametrów strukturalnych ($\Sigma(\theta)$). Zamiast macierzy kowariancji można rozpatrywać macierz korelacji (więc w [3]). Zastosowanie macierzy korelacji dodatkowo powoduje wystandaryzowanie zmiennych do tej samej skali, co ułatwia interpretację wyników analizy. Więcej o estymacji parametrów modelu strukturalnego można znaleźć np. w [2] i [6].

Po wyestymowaniu parametrów modelu należy zweryfikować zgodność modelu z ustalonymi wcześniej założeniami oraz ocenić jakość modeli pomiarowych i modelu strukturalnego. Zanim przystąpi się do oceny dopasowania modelu, należy przeanalizować otrzymane parametry modelu (np. czy nie pojawiła się ujemna wariancja). Jeśli otrzymane współczynniki są teoretycznie poprawne, można przystąpić do sprawdzenia dopasowania modelu.

Weryfikując dopasowanie modelu, można się posłużyć tzw. ogólnymi miarami dopasowania opartymi na macierzy reszt $\mathbf{S} - \Sigma(\hat{\theta})$, gdzie $\hat{\theta}$ jest estymatorem θ otrzymanym jedną z metod estymacji. Miary te pozwalają zarówno na określenie dopasowania całego modelu, jak i na wskazanie nieodpowiedniości w dopasowaniu poszczególnych komponentów modelu. W celu określenia dopasowania modelu

stosuje się m.in. wskaźniki, takie jak wskaźnik dobroci dopasowania (GFI), adiurowany wskaźnik dobroci dopasowania (AGFI) czy nieunormowany wskaźnik dopasowania (NNFI). Więcej na temat wymienionych wskaźników dopasowania oraz innych można znaleźć w [2], [6] i [10].

Najprostszą miarą dopasowania jest macierz reszt $S - \Sigma(\hat{\theta})$. Inną miarą dopasowania komponentów modelu jest współczynnik determinacji. Wyróżnia się współczynnik determinacji dla modelu strukturalnego i modeli pomiarowych (więcej np. w [2], [6] i [9]).

W przypadku złego dopasowania modelu do danych i wykrycia błędnych specyfikacji modelu należy przeanalizować przyjęte założenia i dokonać ewentualnej poprawy wyjściowego modelu.

4. Model strukturalny dla ZPORR

Cele zawarte w ZPORR dotyczą m.in. wzrostu konkurencyjności, atrakcyjności regionów, aktywizacji społecznej i gospodarczej. Nie istnieje konkretny wskaźnik pozwalający na określenie, czy dany cel został osiągnięty. Takie cechy, jak atrakcyjność, aktywizacja czy konkurencyjność, są cechami ukrytymi, nie można ich w bezpośredni sposób zmierzyć. Dla każdego celu wytypowane zostały zbiory wskaźników pozwalających na monitoring i ocenę ich realizacji. Uwzględniając charakter strategicznego celu ZPORR oraz celów realizacji priorytetów, przyjęto, iż są to zmienne ukryte. W ostatecznie przyjętym modelu, powstałym na bazie wytycznych ZPORR, przedstawionym na rys. 2, zmienne oznaczono odpowiednio przez η (ZPORR), ξ_1 (Priorytet 1), ξ_3 (Priorytet 3), a ich odzwierciedleniem (zmienne jawne) są wskaźniki oceny z tab. 1. Zakłada się dodatkowo, że każda zmienna obserwowalna mierzona jest z błędem pomiarowym.

Uwzględniając wytyczne ZPORR w modelu postawiono hipotezy:

- 1) zmienne ξ_1 oraz ξ_3 wpływają stymulująco na zmienną η ,
- 2) zmienne ξ_1 oraz ξ_3 nie są ze sobą powiązane przyczynowo, ale mogą być skorelowane,
- 3) zmienna η wpływa destymulująco na zmienną y_6 , a stymulująco na zmienne $y_1, \dots, y_4$ i y_8 oraz y_9 ,
- 4) zmienna ξ_1 wpływa destymulująco na zmienne $x_{1,1}$ oraz $x_{1,8}$ i wpływa stymulująco na zmienne $x_{1,3}, \dots, x_{1,6}$ oraz $x_{1,10}, x_{1,11}$,
- 5) zmienna ξ_3 wpływa stymulująco na zmienne $x_{3,1}$ oraz $x_{3,2}$,
- 6) błędy losowe w modelach pomiarowych są nieskorelowane ze sobą oraz ze zmiennymi latentnymi.

Zakłada się także, iż wartości oczekiwane egzogenicznych zmiennych ukrytych wynoszą 0, $E(\zeta) = 0$, ζ jest nieskorelowany z egzogenicznymi zmiennymi latent-

nymi oraz $E(\varepsilon_i) = 0$, $i = 1, \dots, 4, 6, 8, 9$; $E(\delta_{1,j}) = 0$, $j = 1, 3, 4, 6, 8, 10, 11$; $E(\delta_{3,j}) = 0$, $j = 1, 2$.

Przyjęty do weryfikacji model przedstawiono na rys. 2. Zadanie polega na wyestymowaniu parametrów modelu:

$$\eta = \Gamma\xi + \zeta,$$

$$\mathbf{y} = \Lambda_y\eta + \varepsilon, \quad \mathbf{x} = \Lambda_x\xi + \delta,$$

czyli wyznaczeniu macierzy parametrów Γ , Λ_y , Λ_x , macierzy kowariancji między egzogenicznymi zmiennymi ukrytymi Φ , macierzy kowariancji błędów w modelu strukturalnym i modelach pomiarowych Ψ , Θ_ε , Θ_δ odpowiednio.

4.1. Estymacja parametrów i weryfikacja modelu

Dokonano estymacji parametrów modelu przedstawionego na rys. 2, używając programów AMOS 5.0 oraz STATISTICA 6.0 i opiera się na macierzy korelacji. Dane pochodzą ze strony internetowej Głównego Urzędu Statystycznego, uwzględniono wartości zmiennych z 2002 r. według województw.

Przed przystąpieniem do estymacji należy wybrać metodę estymacji. Metodą, która daje estymatory o najlepszych własnościach, jest metoda największej wiarygodności, jednakże jej zastosowanie wymaga spełnienia kilku warunków, które w tym przypadku nie zostały spełnione. Zatem do estymacji wykorzystano metodę uogólnionych najmniejszych kwadratów (GLS), która w wielu przypadkach daje wyniki zbliżone do wyników uzyskanych dzięki metodzie ML. Estymatory parametrów θ uzyskuje się przez minimalizację funkcji daną wzorem $F_{\text{GLS}}(\mathbf{S}, \Sigma(\theta)) = 1/2\text{tr}\left\{\left[\mathbf{I} - \Sigma(\theta)\mathbf{S}^{-1}\right]^2\right\}$. Oceny parametrów modelu po standaryzacji przedstawiono w tab. 2.

Najpierw należy sprawdzić, czy otrzymane wyniki są zgodne z zakładanymi w punkcie 4 hipotezami. Estymatory $\hat{\gamma}$ świadczą o tym, że egzogeniczne zmienne ukryte wpływają stymulująco na endogeniczną zmienną ukrytą. Estymator $\hat{\phi}_{31}$ potwierdza skorelowanie zmiennych ξ_1 oraz ξ_3 . Zakładano, że jedynie wartości λ_{y6} , $\lambda_{x1,1}$ powinny być ujemne, a pozostałych – dodatnie. Przypuszczenie to zostało potwierdzone. Zatem otrzymane wartości estymatorów λ potwierdzają postawione hipotezy. Ponadto wartości estymatorów nie są sprzeczne z wartościami, jakie mogą przyjmować.

Oceny parametrów λ są wartościami współczynników korelacji między zmiennymi jawnymi i ukrytymi, a oceny parametrów wartości γ są współczynnikami korelacji między zmiennymi ukrytymi egzogenicznymi i endogenicznymi.

Ocena parametru ϕ jest korelacją między egzogenicznymi zmiennymi ukrytymi. Podniesione do kwadratu wartości $\hat{\lambda}$ dają wyjaśnioną część zmienności obserwowalnych zmiennych. Niewyjaśniona zmienność jest równa wariancji błędu odpowiedniego wskaźnika, czyli jest równa ocenie parametru θ dla tego wskaźnika. Ocena parametru ζ wyznacza niewyjaśnioną zmienność ukrytej zmiennej endogenicznej. Wartości estymatorów parametrów $\theta_{\delta 1,1}$, $\theta_{\delta 1,3}$, $\theta_{\delta 1,10}$, $\theta_{\delta 1,11}$, $\theta_{\varepsilon 2}$, $\theta_{\varepsilon 4}$, $\theta_{\varepsilon 6}$, $\theta_{\varepsilon 8}$, $\theta_{\varepsilon 9}$ są wysokie, co świadczy o tym, że niewyjaśniona zmienność jawnych zmiennych odpowiadających tym parametrom jest wysoka, zatem istnieją istotne wskaźniki nie uwzględnione w modelu. Najwięcej niewyjaśnionej wariancji błędów występuje w modelu pomiarowym endogenicznej zmiennej ukrytej. W przypadku otrzymania niskich wartości oceny parametrów λ należałoby prze-testować istotność tych parametrów. Jednakże w omawianym przypadku nie można było podać asymptotycznej macierzy kowariancji parametrów, co umożliwiłoby sprawdzenie istotności parametrów (więcej w [8]).

Tabela 2. Oceny parametrów modelu z rys. 2

Parametr	Ocena	Parametr	Ocena	Parametr	Ocena	Parametr	Ocena
$\lambda_{x1,1}$	-0,346	λ_{y1}	0,999	ϕ_{31}	0,583	$\theta_{\delta 3,2}$	0,412
$\lambda_{x1,3}$	0,018	λ_{y2}	0,03	$\theta_{\delta 1,1}$	0,88	$\theta_{\varepsilon 1}$	0,001
$\lambda_{x1,4}$	0,973	λ_{y3}	0,469	$\theta_{\delta 1,3}$	0,999	$\theta_{\varepsilon 2}$	1,000
$\lambda_{x1,6}$	0,793	λ_{y4}	0,271	$\theta_{\delta 1,4}$	0,053	$\theta_{\varepsilon 3}$	0,780
$\lambda_{x1,8}$	0,893	λ_{y6}	-0,066	$\theta_{\delta 1,6}$	0,453	$\theta_{\varepsilon 4}$	0,926
$\lambda_{x1,10}$	0,348	λ_{y8}	0,317	$\theta_{\delta 1,8}$	0,203	$\theta_{\varepsilon 6}$	0,926
$\lambda_{x1,11}$	0,159	λ_{y9}	0,362	$\theta_{\delta 1,10}$	0,879	$\theta_{\varepsilon 8}$	0,899
$\lambda_{x3,1}$	0,98	γ_1	0,479	$\theta_{\delta 1,11}$	0,975	$\theta_{\varepsilon 9}$	0,869
$\lambda_{x3,2}$	0,767	γ_3	0,457	$\theta_{\delta 3,1}$	0,039	ζ	0,306

Źródło: opracowanie własne, obliczenia za pomocą programu AMOS 5.0.

Zanim jednak będzie można przystąpić do pełniejszej interpretacji otrzymanych wartości wyestymowanych parametrów, należy ocenić dopasowanie modelu. W przypadku otrzymania modelu źle dopasowanego interpretacja wyników nie ma sensu i należy przejść do etapu poprawy modelu lub teorii. Oceny modelu dokonano na podstawie kilku miar dopasowania, których wartości są następujące: GFI=0,379, AGFI=0,163, NNFI=0,086. Dla wszystkich miar dopasowania wartości bliskie 1 świadczą o dobrym dopasowaniu modelu do danych. Otrzymane wartości miar świadczą o nie najlepszym dopasowaniu analizowanego modelu.

Wartość współczynnika GFI oznacza, że struktura modelu objaśnia 37,9% całkowitej wariancji wyjściowej. Miara AGFI, która uwzględnia dodatkowo liczbę stopni swobody, wskazuje, że struktura wyjaśnia jedynie 16,3% tej wariancji. Może to oznaczać, że w modelu nie zostały uwzględnione wszystkie występujące powiązania. Niska wartość wskaźnika NNFI świadczy o tym, że rezygnacja z pewnych ograniczeń wprowadzonych na parametry modelu może znacznie polepszyć dopasowanie. W takim przypadku należałoby sprawdzić, które hipotezy są najsłabsze, w którym miejscu pojawiają się największe odstępstwa.

W dalszym etapie konieczne jest przeanalizowanie poszczególnych komponentów modelu w celu wykrycia, które konkretnie elementy modelu pogarszają jego dopasowanie. W tym celu najpierw przeanalizowano macierz reszt korelacyjnych $\mathbf{R} - \hat{\Sigma}$. Okazało się, że dla uzyskanej macierzy reszt najmniejszy błąd dopasowania wynosi $-0,718$, a największy $0,797$. Wartości te są dość znaczne, co świadczy o nie najlepszym dopasowaniu modelu. Największa wartość reszty korelacyjnej odpowiadała zmiennym y_2 oraz y_3 , a najniższa zmiennym y_2 oraz y_4 . Analiza wartości miar dopasowania wskazywała na to, iż dobroć dopasowywania modelu można by było poprawić, gdyby odpowiednie parametry ustalone przyjąć za nieustalone. W omawianym modelu przyjęto założenie o braku korelacji między błędami losowymi. Zatem należałoby rozważyć jako swobodne parametry korelacji między błędami ε_2 a ε_3 oraz ε_4 . Dalsza analiza reszt korelacyjnych wskazuje na możliwość rozpatrywania jako parametrów swobodnych także następujących parametrów: $\theta_{\varepsilon_6\varepsilon_2}$, $\theta_{\varepsilon_2\varepsilon_9}$ oraz $\theta_{\delta_{1,10}\delta_{1,11}}$.

Dla zmiennych obserwowalnych endogenicznej zmiennej ukrytej η , poza zmienną y_1 , wartości reszt korelacyjnych są w większości znaczące i świadczą o złym dopasowaniu odpowiadających im danych do modelu pomiarowego. Wysoki współczynnik korelacji występuje także między zmienną „wskaźnik zatrudnienia” a zmiennymi: „wskaźnik zatrudnienia wg sektora I i II”, „stopa bezrobocia” oraz „poziom wykształcenia wyższego”. Wskaźnik zatrudnienia oraz stopa bezrobocia są obarczone wspólnym błędem pomiaru liczby osób pracujących. GUS pozyskuje liczbę osób pracujących ze sprawozdawczości zakładów pracy oraz z szacunków [5]. Zatem uzasadnione byłoby wprowadzenie do modelu korelacji między ε_2 a ε_3 , ε_4 , ε_6 .

Analiza macierzy reszt korelacyjnych dla modelu pomiarowego zmiennej ukrytej „Priorytet 1” potwierdza dobre dopasowanie modelu do danych. Jedynie reszta korelacyjna odpowiadająca powiązaniu między zmiennymi $x_{1,10}$ a $x_{1,11}$ jest wyraźnie wyższa niż pozostałe. Między tymi zmiennymi występuje istotna korelacja. W celu poprawienia dopasowania można spróbować zidentyfikować, czy nie istnieje inna zmienna ukryta mająca istotny wpływ na te zmienne, lub można spróbować wprowadzić do modelu powiązanie między błędami losowymi

odpowiadającymi tym zmiennym. Wszystkie wartości reszt korelacyjnych dla modelu pomiarowego zmiennej ukrytej „Priorytet 3” są bliskie zeru, zatem można uznać ten model pomiarowy za „dobrze” dopasowany.

W celu wyszukania wskaźników, które dają słabe objaśnienie modelu, obliczono wartości współczynników determinacji (tab. 3).

Tabela 3. Wartości współczynników determinacji modeli pomiarowych

Model pomiarowy egzogenicznych zmiennych ukrytych	Współczynnik determinacji	Model pomiarowy endogenicznej zmiennej ukrytej	Współczynnik determinacji	Model strukturalny	Współczynnik determinacji
$R^2_{x1,1}$	0,12	R^2_{y1}	0,81	R^2_{η}	0,54
$R^2_{x1,3}$	0,002	R^2_{y2}	0,007		
$R^2_{x1,4}$	0,954	R^2_{y3}	0,294		
$R^2_{x1,6}$	0,545	R^2_{y4}	0,148		
$R^2_{x1,8}$	0,79	R^2_{y6}	0,47		
$R^2_{x1,10}$	0,127	R^2_{y8}	0,15		
$R^2_{x1,11}$	0,024	R^2_{y9}	0,08		
$R^2_{x3,1}$	1				
$R^2_{x3,2}$	0,629				

Źródło: obliczenia własne.

Wartość współczynnika determinacji modelu strukturalnego wynosząca 0,54 świadczy o tym, że model jest w średnim stopniu objaśniony przez zmienne. Zła specyfikacja modelu pojawia się przede wszystkim w modelu pomiarowym ukrytej zmiennej endogenicznej. Może to być spowodowane nieuwzględnieniem w tym modelu pomiarowym jakichś brakujących zmiennych.

Dla modelu endogenicznej zmiennej ukrytej największą wartość współczynnika R^2 otrzymano dla zmiennej „PKB”. Zmienna „ZPORR” w 82% wyjaśnia zmienność zmiennej „PKB”. Dla pozostałych zmiennych w tym modelu pomiarowym uzyskane wartości współczynników determinacji są zdecydowanie mniejsze. Oznacza to, że zmienne te są w niewielkim stopniu objaśnione przez zmienną η . Zatem istnieje możliwość występowania innej ukrytej zmiennej objaśniającej te zmienne.

Zmienna ξ_1 w znikomym stopniu (0,1%) wyjaśnia zmienność zmiennej $x_{1,3}$ oraz w niewielkim stopniu ($\hat{\lambda}_{x1,3}=0,018$) wpływa na nią, oznacza to, że w modelu

strukturalnym zmiennej tej można by było nie rozpatrywać. W małym stopniu wyjaśniane są także zmienne „ruch turystyczny” oraz „przeciętne zatrudnienia w sekcji EKD »Hotele i restauracje«”. Analiza reszt korelacyjnych również wskazywała na błędne dopasowania tych zmiennych. Wysokie wartości $\hat{\theta}_{\delta 1,10}$ oraz $\hat{\theta}_{\delta 1,11}$ świadczą o występowaniu nie uwzględnionej zmiennej ukrytej mającej wpływ na te zmienne.

Zmienna ξ_3 całkowicie wyjaśnia zmienność zmiennej „nakłady inwestycyjne MŚP” oraz w 62,9% zmienność zmiennej „liczba MŚP”. Potwierdza to wcześniejsze wnioski, że model pomiarowy egzogenicznej zmiennej ukrytej „Priorytet 3” jest dobrze dopasowany.

Model powstały na wytycznych ZPORR okazał się źle dopasowany do danych. Dane nie potwierdzają przyjętej teorii. Na podstawie takiej specyfikacji modelu nie można zatem sprawdzić, czy ZPORR spełnia swoją funkcję. Wnioski wynikające z wyników weryfikacji modelu jednoznacznie sugerują dokonanie nowej specyfikacji modelu w celu poprawy jego jakości. Główne problemy w dopasowaniu pojawiają się w modelu pomiarowym endogenicznej zmiennej ukrytej oraz egzogenicznej zmiennej ukrytej „Priorytet 1”. W tych modelach teoria nie została potwierdzona przez dane. Analiza komponentów modelu sugeruje, że mogą występować nie uwzględnione zmienne. Zatem należałoby przyjrzeć się przyjętym założeniom i upewnić co do poprawności przyjętej teorii. Następnie trzeba spróbować poprawić model o nie uwzględnione elementy. Być może pominięte zostały pewne istotne czynniki. Zidentyfikowanie takich elementów nie jest jednak możliwe bez konsultacji eksperckich.

W dalszej części zaproponowano kierunki zmian w założeniach ZPORR na podstawie analizy eksploracyjnej.

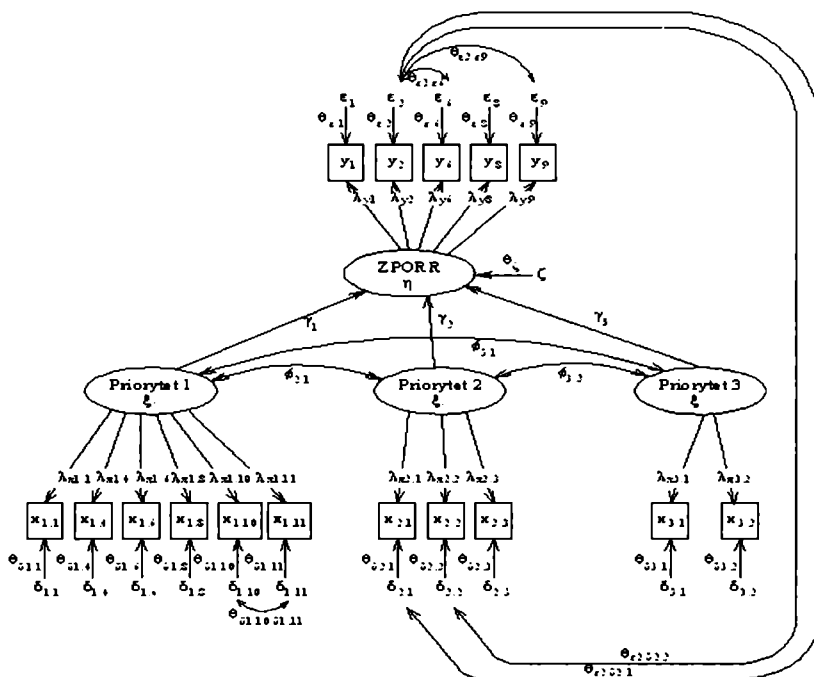
4.2. Analiza eksploracyjna

W modelu poddanym analizie eksploracyjnej wprowadzono 4 zmienne ukryte oraz zmienne obserwowalne zamieszczone w tab. 1 i zmienną „nakłady na działalność badawczą i rozwojową” ($x_{2,3}$). Zmienna $x_{2,3}$ wcześniej w ogóle nie była uwzględniana w modelu, gdyż była jedyną zmienną pozostałą, po usunięciu zmiennych redundantnych, do pomiaru zmiennej latentnej „Priorytet 2”. Ponadto zgodnie z założeniami ZPORR wszystkie priorytety są ze sobą powiązane, zatem powiązanie to zostało także uwzględnione w proponowanym modelu. Najpierw wyestymowano model z możliwymi powiązaniami między zmiennymi ukrytymi a zmiennymi obserwowalnymi, a następnie dokonywano modyfikacji tego modelu, usuwając powiązania nieistotne. Ostatecznie, wykorzystując podejście eksploracyjne, stworzono model o jak najlepszym dopasowaniu i sensownej interpretacji, odzwierciedlający ogólny charakter działań wytypowanych przez ekspertów dla poszczególnych priorytetów programu. W ten sposób powstał model, w którym do

nie uwzględnianej wcześniej zmiennej ukrytej przyporządkowane zostały zmienne obserwowalne y_3 i y_4 oraz $x_{2,3}$. Dodatkowa zmienna ukryta może być interpretowana jako Priorytet 2, gdyż wytypowane dla niej wskaźniki są zgodne z celem tego priorytetu.

Weryfikacja tak skonstruowanego modelu sugerowała jednak wprowadzenie dalszych zmian. Zmian tych dokonywano na podstawie tzw. indeksów modyfikacji (więcej w [2] i [6]), rezygnując po kolei z ustalonych na sztywno parametrów modelu aż do uzyskania modelu o jak najlepszym dopasowaniu do danych. Model ten wymagał wprowadzenia dodatkowych parametrów swobodnych, a tym samym dodatkowych założeń, wynikających z analizy macierzy reszt oraz indeksów modyfikacji. Zatem dodatkowo do modelu wprowadzono założenia o korelacji następujących zmiennych resztkowych: ε_2 a $\delta_{2,1}$, $\delta_{2,2}$, ε_6 , ε_9 , ε_3 a ε_6 oraz $\delta_{1,10}$ a $\delta_{1,11}$.

Proponowany model przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Proponowany model dla ZPORR

Źródło: opracowanie własne.

Oceny estymatorów tak skonstruowanego proponowanego modelu dla ZPORR przedstawiono w tab. 5.

Tabela 5. Oceny parametrów proponowanego modelu dla ZPORR

Parametr	Ocena	Parametr	Ocena	Parametr	Ocena	Parametr	Ocena
$\lambda_{x1,1}$	-0,352	λ_{y1}	0,98	$\theta_{\delta 1,1}$	0,876	$\theta_{\varepsilon 1}$	0,03
$\lambda_{x1,4}$	0,868	λ_{y2}	0,135	$\theta_{\delta 1,4}$	0,246	$\theta_{\varepsilon 2}$	0,982
$\lambda_{x1,6}$	0,582	λ_{y6}	-0,142	$\theta_{\delta 1,6}$	0,661	$\theta_{\varepsilon 6}$	0,98
$\lambda_{x1,8}$	0,838	λ_{y8}	0,376	$\theta_{\delta 1,8}$	0,298	$\theta_{\varepsilon 8}$	0,859
$\lambda_{x1,10}$	0,447	λ_{y9}	0,302	$\theta_{\delta 1,10}$	0,8	$\theta_{\varepsilon 9}$	0,909
$\lambda_{x1,11}$	0,741	γ_1	0,351	$\theta_{\delta 1,11}$	0,451	θ_{ς}	0,03
$\lambda_{x2,1}$	-0,398	γ_2	0,287	$\theta_{\delta 2,1}$	0,842	$\theta_{\varepsilon 2,\varepsilon 9}$	0,536
$\lambda_{x2,2}$	0,297	γ_3	0,358	$\theta_{\delta 2,2}$	0,911	$\theta_{\varepsilon 2,\varepsilon 6}$	-0,862
$\lambda_{x2,3}$	0,829	ϕ_{21}	0,987	$\theta_{\delta 2,3}$	0,312	$\theta_{\varepsilon 2,\delta 2,1}$	0,836
$\lambda_{x3,1}$	0,864	ϕ_{31}	0,994	$\theta_{\delta 3,1}$	0,254	$\theta_{\varepsilon 2,\delta 2,2}$	-0,748
$\lambda_{x3,2}$	1	ϕ_{32}	0,999	$\theta_{\delta 3,2}$	0	$\theta_{\delta 1,10,\delta 1,11}$	0,437

Źródło: opracowanie własne, obliczenia za pomocą programu AMOS 5.0.

Zmienna „ZPORR” wpływa ujemnie tylko na zmienną y_6 . Wynika stąd, że za czynnik hamujący rozwój regionalny można uznać bezrobocie. Wpływ zmiennej ukrytej na pozostałe zmienne z modelu pomiarowego endogenicznej zmiennej latentnej jest dodatni. W największym stopniu przez zmienną „ZPORR” wyjaśniany jest wskaźnik PKB, natomiast w niewielkim stopniu zmienna „wskaźnik zatrudnienia”. Najwyraźniej poziom rozwoju regionalnego odzwierciedla się w wielkości produkcji krajowej. Osiągnięcie głównego celu programu w średnim stopniu odzwierciedla poziom wykształcenia. Wysokie wartości wpływów zmiennych resztkowych świadczą o istnieniu innych zmiennych mających wpływ na dane zmienne obserwowalne, zatem należałoby dokonać próby określenia tych zmiennych. Otrzymane wartości parametrów modelu pomiarowego dla endogenicznej zmiennej ukrytej sugerują wprowadzenie zmian globalnych wskaźników ZPORR.

Zmienna „Priorytet 1” wpływa ujemnie jedynie na zmienną „transport (ofiary śmiertelne)”. W tym modelu pomiarowym w największym stopniu zmienna latentna wyjaśnia 75,3% zmienności zmiennej „odpady komunalne wywiezione w ciągu roku”, 70% zmienności „całkowita emisja dwutlenku azotu”, a w najmniejszym, bo jedynie w 20% zmienności zmiennej – „przeciętne zatrudnienie w sekcji EKD »Hotele i restauracje«”. Wynika stąd, że najwyraźniej osiągnięcie celu: „poprawa jakości i poziomu infrastruktury” jest odzwierciedlone we wskaźnikach dotyczących odpadów komunalnych i ruchu turystycznego.

Zmienna „Priorytet 2” wpływa ujemnie na zmienną „wskaźnik zatrudnienia w sektorze I” i wyjaśnia jej zmienność w 16%. Wpływ tej zmiennej latentnej na pozostałe wskaźniki jej odpowiadające jest dodatni i wyjaśnia ona 9% zmienności „wskaźnik zatrudnienia w sektorze II” oraz 68,7% zmienności zmiennej „nakłady na działalność badawczą i rozwojową”.

Egzogeniczna zmienna latentna „Priorytet 3” wyjaśnia w dużym stopniu zmienność obu zmiennych obserwowalnych z tego modelu pomiarowego. Zarówno nakłady inwestycyjne MŚP, jak i liczba MŚP w wysokim stopniu odzwierciedlają cel tego priorytetu, który obejmuje rozwój mikroprzedsiębiorstw. Występuje silne skorelowanie między zmiennymi ukrytymi „Priorytet 1” i „Priorytet 2”, „Priorytet 1” i „Priorytet 3” oraz „Priorytet 2” i „Priorytet 3”, co potwierdza zakładaną w dokumencie ZPORR komplementarność działań podejmowanych w ramach wszystkich priorytetów programu. Wpływ zmiennej „Priorytet 1” na zmienną „ZPORR” wynosi 0,351, zmiennej „Priorytet 2” na „ZPORR” wynosi 0,287 a zmiennej „Priorytet 2” wynosi 0,358, co świadczy o tym, że realizacje wszystkich priorytetów w miarę jednakowo przyczyniają się do osiągnięcia głównego celu ZPORR. Wartości parametrów γ potwierdzają także założenie, że cele operacyjne mają się przyczynić do osiągnięcia celu głównego.

Indeksy dopasowania proponowanego modelu są następujące: GFI=0,894, AGFI=806, NNFI=0,931. Wartości te świadczą o tym, że proponowany model jest znacznie lepiej dopasowany do danych niż model wyjściowy. Przy możliwym zestawie zmiennych obserwowalnych nie było możliwe uzyskanie jeszcze lepszej specyfikacji modelu bez konsekwencji utraty jednej ze zmiennych ukrytych odnoszących się do priorytetów ZPORR. Proponowane zmiany doprowadziły do uzyskania modelu w miarę dobrze dopasowanego do danych z jednoczesną możliwością zachowania „Priorytetu 2”. Wprawdzie wprowadzenie zmiennych $x_{2,1}$ oraz $x_{2,2}$ nie dało dobrego odzwierciedlenia zmiennej „Priorytet 2”, jednakże umożliwiło rozpatrywanie jej w modelu.

Rozważany model bazował jedynie na wskaźnikach bardzo ogólnych, jego weryfikacja pozwoliła na wybranie spośród nich tylko tych wskaźników, które okazały się istotne przy weryfikacji modelu opartego na założeniach ZPORR. Po realizacji programu będzie możliwe wyselekcjonowanie istotnych wskaźników spośród tych, które do tej pory nie były dostępne.

Zastosowanie modelu strukturalnego do weryfikacji i modyfikacji założeń programów operacyjnych umożliwia dobór wskaźników monitoringu i oceny programów, co wpływa na koszty gromadzenia danych oraz prowadzenia działań wytypowanych dla PO. Nieistotne wskaźniki wytypowane dla danego działania wskazują na to, że jego realizacja nie ma znaczącego wpływu na osiągnięcie wyznaczonych celów, a podejmowanie takiego działania zwiększa koszty. Zastosowanie modelu strukturalnego umożliwia dobór priorytetów i działań do danego programu, a także ocenę stopnia oddziaływania realizacji priorytetów na realizację celu strategicznego programu.

Literatura

- [1] Arbuckle J., Wothke W., *Amos 4.0 User's Guide*, SmallWaters Corporation, USA, 1999.
- [2] Bollen K.A., *Structural Equations with Latent Variables*, John Wiley & Sons, New York 1989.
- [3] Cudeck R., *Analysis of Correlations Matrices using Covariance Structure Models*, „Psychological Bulletin” 1989 nr 105, s. 317-327.
- [4] Hoaglin D., Mosteller F., Tukey J., *Understanding Robust and Exploratory Data Analysis*, John Wiley & Sons, New York 2000.
- [5] Jędrzejek M., *Uwagi o pomiarze bezrobocia*, „Ekonomia Matematyczna” 6, AE, Wrocław 2002.
- [6] Jöreskog K.G., Sörbom D., *Lisrel & User's Reference Guide*, Mooresville 1989.
- [7] Konarski R., *Regresja wielokrotna: diagnostyka i selekcja modelu regresji*, <http://www.wns-stat.strony.univ.gda.pl/artykuly/art3.pdf>, 10.2004.
- [8] Konarski R., *Model cechy latentnej w analizie psychometrycznej testów i pozycji testowych*, [w:] red. B. Niemiecko, H. Szaleniec, *Standardy wymagań i normy testowe w diagnostyce edukacyjnej*, Polskie Towarzystwo Diagnostyki Edukacyjnej, Kraków 2004.
- [9] Miszczak W., *LISREL w analizie jakości życia*, [w:] red. W. Ostasiewicz, *Ocena i analiza jakości życia*, AE, Wrocław 2004, s. 324-407.
- [10] Mueller R.O., *Basic Principles of Structural Equation Modeling*, Springer-Verlag, New York 1996.
- [11] *Narodowy Plan Rozwoju 2004-2006*, Ministerstwo Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej, Warszawa 2003.
- [12] *Zintegrowany Program Operacyjny Rozwoju Regionalnego*, Ministerstwo Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej, Warszawa 2003.
- [13] *Zintegrowany Program Operacyjny Rozwoju Regionalnego*, Ministerstwo Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej, Warszawa 2004.

VERIFICATION OF ASSUMPTIONS OF EUROPEAN UNION PROGRAMMES BY USING STRUCTURAL EQUATIONS MODELS

Summary

European Union Programmes consist of general objective and operational objectives. For verification of achievement of these objectives European Integration Committee choose monitoring indicators for each objective. Union's Programmes also assume that achievement of operational objectives influences achievement of general objective. Assumption of influence and choice of indicators is only intuitional and it is any statistical verification. Nature of programmes assumptions suggests possibility of use of one of latent variables model. In my article I verify choice of indicators and influence objectives by using SEM.