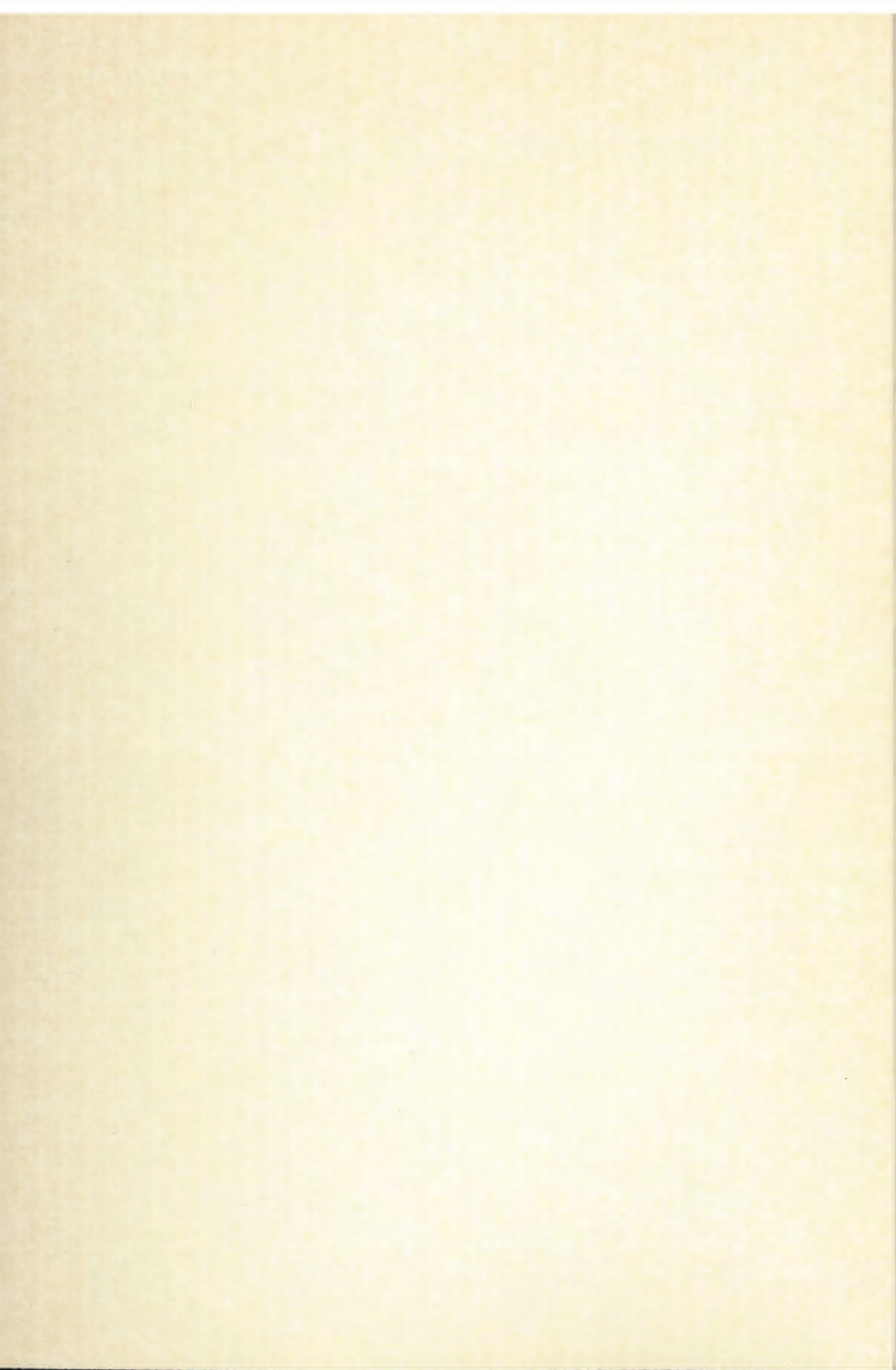




**POLSKA AKADEMIA NAUK**  
**Instytut Badań Systemowych**

**WSPOMAGANIE INFORMATYCZNE  
ROZWOJU  
SPOŁECZNO-GOSPODARCZEGO  
I OCHRONY ŚRODOWISKA**

**Redakcja:**  
**Jan Studziński**  
**Ludostław Drelichowski**  
**Olgierd Hryniewicz**





**WSPOMAGANIE INFORMATYCZNE  
ROZWOJU  
SPOŁECZNO-GOSPODARCZEGO  
I OCHRONY ŚRODOWISKA**

Polska Akademia Nauk Instytut Badań Systemowych

**Seria: BADANIA SYSTEMOWE**

**tom 36**

---

**Redaktor naukowy:**

**Prof. dr hab. Jakub Gutenbaum**

Warszawa 2004

**WSPOMAGANIE INFORMATYCZNE  
ROZWOJU  
SPOŁECZNO-GOSPODARCZEGO  
I OCHRONY ŚRODOWISKA**

Redakcja:

Jan Studziński  
Ludosław Drelichowski  
Olgierd Hryniewicz

**Książka wydana dzięki dotacji KOMITETU BADAŃ NAUKOWYCH**

Książka zawiera wybór artykułów poświęconych omówieniu aktualnego stanu badań w kraju w zakresie rozwoju modeli, technik i systemów zarządzania oraz ich zastosowań w różnych dziedzinach gospodarki narodowej. Wyodrębnioną grupę stanowią artykuły omawiające aplikacyjne wyniki projektów badawczych i celowych KBN.

Recenzenci artykułów:

Dr Lucyna Bogdan  
Prof. dr hab. inż. Olgierd Hryniewicz  
Dr Grażyna Petriczek  
Prof. dr hab. inż. Andrzej Straszak  
Dr inż. Jan Studziński



Senia 45187

Komputerowa edycja tekstu: Anna Gostyńska

© Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 2004

**Wydawca: Instytut Badań Systemowych PAN**  
**ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa**

Sekcja Informacji Naukowej i Wydawnictw IBS PAN  
tel. 836-68-22

Druk: Zakład Poligraficzny Urzędu Statystycznego w Bydgoszczy  
Nakład 110 egz.

**ISBN 83-85847-92-8**  
**ISSN 0208-8028**

# METODY ILOŚCIOWE W ANALIZIE GOSPODARNOŚCI JEDNOSTEK SAMORZĄDU TERYTORIALNEGO

**Ryszard Budziński\*, Aneta Becker \*\***

\*Uniwersytet Szczeciński, Instytut Informatyki w Zarządzaniu,  
Politechnika Szczecińska, Instytut Systemów Informatycznych,  
<R.Budziński@man.szczecin.pl>

\*\*Akademia Rolnicza w Szczecinie, Katedra Statystyki Matematycznej

*The author has attempted to describe the problem of economy of provinces (identified with regions) by quantitative methods. This paper has a methodological character; it verifies verify legitimacy of application of econometric analysis and methods of artificial intelligence in such research. The main problem to solve is to determine values of national income that should be generated in each province in comparison with actual income values.*

**Keywords:** Economy of provinces, methods of objective estimation of economy levels, econometric analysis, methods of artificial intelligence.

## 1. Wstęp

Artykułu podejmuje próbę ujęcia problemu gospodarności województw (utożsamianych umownie z regionami) przy pomocy metod ilościowych. Problem oceny gospodarności w regionie to przede wszystkim dobór odpowiednich metod obiektywizacji poziomu gospodarowania. Inaczej gospodaruje się tam, gdzie zastano dobrą infrastrukturę, w porównaniu ze stanem gdzie tej infrastruktury nie ma. Przykładowo, uzyskanie przez dwa przedsiębiorstwa takiego samego dochodu wcale nie świadczy o tym, że są one jednakowo gospodarne, bowiem mogą działać w różnych – nawet ekstremalnych – warunkach produkcji. Można odwrócić sytuację i zastanowić się nad faktem, jak wytłumaczyć, że jedno przedsiębiorstwa w podobnych warunkach uzyskuje lepsze inne gorsze rezultaty? Najprawdopodobniej „zadziałał” tu ważny czynnik, jakim jest talent w zarządzaniu przedsiębiorstwem. W szerszym ujęciu chodzi o mierzenie racjonalności działania na przestrzeni przyjętego okresu czasu (np. na tle ukształtowanych tendencji rozwojowych), w którym gmina, województwo działa.

Praca ma charakter metodyczny, wskazując zasadność stosowania analizy ekonometrycznej i metod sztucznej inteligencji w tego rodzaju badaniach poznawczych. W pracy wykorzystano wyniki badań własnych oraz porównano uzyskane rozwiązania z wynikami metod sztucznej inteligencji opracowanymi na tych samych danych źródłowych.

## 2. Dylematy obiektywizacji w ocenie gospodarności

W praktyce gospodarczej występują różne klasyfikacje ze względu na różnorodność kryteriów przestrzeni, celu i zakresu czasowego danych. Przy tym, coraz częściej zdajemy sobie sprawę z niedoskonałości miar ekonomicznych, np. zysku (dochodu narodowego), które nie są w pełni miarami typu uniwersalnego. Oceniając uzyskiwane wyniki ekonomiczne (i nie tylko) prawie zawsze zastanawiamy się: dlaczego tyle jest (ile wykazano), a ile być powinno? Wyraźnie rysuje się podział na informacje twarde (wynikowe, stanowiące podstawę funkcjonowania układu) i miękkie (kontekstowe, uzupełniające), które dodatkowo wyjaśniają status uzyskanego wyniku (kryterium oceny).

Gospodarność to inaczej ogólnie lepsze, w stosunku do innych wykorzystanie potencjału czynników warunkujących wypracowanie, np. wyniku finansowego (dochodu). Zatem chodzi tu o przyrównanie stanu rzeczywistego (wykazanego) do rozwiązania wzorcowego w danych warunkach działania, mianowicie

$$\text{STAN} - \text{WZORZEC} = \text{GOSPODARNOŚĆ} \quad (1)$$

Można przy tym założyć następującą klasyfikację gospodarności:

NN	↔	niezwykle niska	2%,
N	↔	niska	15%,
P	↔	przeciętna	66%,
W	↔	wysoka	15%,
WW	↔	wyjątkowo wysoka	2%,

wyliczoną na podstawie funkcji gęstości prawdopodobieństwa  $N(0, 1)$  z oznakowanymi wartościami granicznymi. Dla dalszych rozważań istotna jest metoda określania WZORCA dla przyjętego kryterium oceny. WZORZEC może przyjąć postać średniej arytmetycznej (ocena ekonomiczna). Może to być wartość oczekiwana (nadzieja matematyczna), oszacowana dla  $j$ -tego obiektu przy pomocy stosownego równania regresji (ocena ekonometryczna) lub też może być oparty na „wyprognozowanych” wartościach oczekiwanych dla  $j$ -tego obiektu za pomocą, np. sztucznych sieci (Becker, 2002). Ostatnio, do klasyfikacji „gospodarnościowej” używa się zbiorów przybliżonych, logiki rozmytej, teorii grafów, metod klasteryzacyjnych, a także klasycznej metody wielowymiarowej analizy porównawczej (Korzeń, 2004).

W ujęciu ekonometrycznym zależność „gospodarnościową” dla  $j$ -tego obiektu sformułujemy za Budzińskim i Kopeciem (1981) następująco

$$y_j - \hat{y}_j = \hat{u}_j \quad (2)$$

gdzie:

$\hat{u}_j$  – miara gospodarności rozpatrywanego procesu dla  $j$ -tego obiektu,



$y_j$  – wykazana, rzeczywista wartość kryterium celu (np. dochodu) uzyskana przez dany obiekt,

$\hat{y}_j$  – wartość wzorcowa, którą  $j$ -ty obiekt mógłby osiągnąć prowadząc racjonalnie działalność ekonomiczną (zgodnie z oszacowaną funkcją regresji dla ocenianej populacji).

Trzeba wyjaśnić, kiedy oszacowana wartość  $\hat{y}_j$  istotnie różni się od wartości rzeczywistej  $y_j$ . Można sprawdzić hipotezę  $H_0 : y_j = \hat{y}_j$  wobec  $H_1 : y_j \neq \hat{y}_j$ . Statystyka testująca ma wtedy postać

$$\frac{y_j - \hat{y}_j}{S_e} \quad \text{dla } j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

gdzie  $S_e$  jest szacunkiem odchylenia standardowego składnika losowego. Rozważana statystyka ma rozkład t-Studenta, a wartości krytyczne  $t_\alpha$  odczytywane są z tablic rozkładu dla poziomu istotności  $n-k-1$  stopni swobody.

Rozważany test tworzy następujące klasy sprawności (lub skuteczności, jeżeli za wzorec przyjmimy średnią arytmetyczną), mianowicie:

NN	(niezwykle niska)	$y_j - \hat{y}_j \leq -S_e t_\alpha$	2%	(4)
----	-------------------	--------------------------------------	----	-----

N	(niska)	$-S_e t_\alpha < y_j - \hat{y}_j \leq -S_e$	15%	(5)
---	---------	---	-----	-----

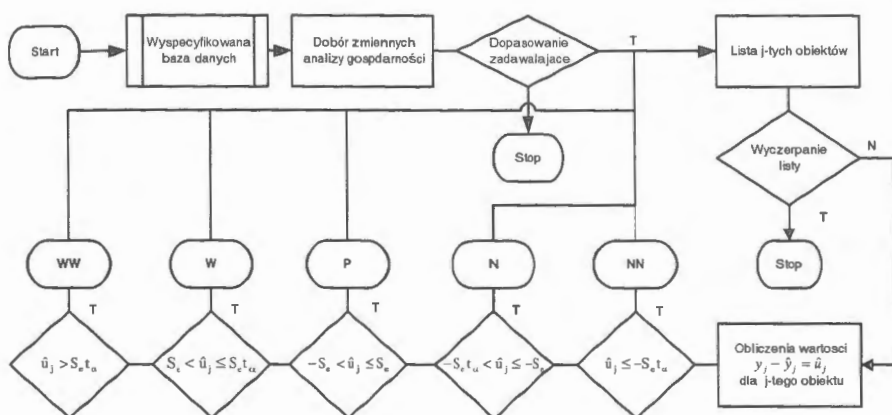
P	(przeciętna)	$-S_e < y_j - \hat{y}_j \leq S_e$	66%	(6)
---	--------------	-----------------------------------	-----	-----

W	(wysoka)	$S_e < y_j - \hat{y}_j \leq S_e t_\alpha$	15%	(7)
---	----------	---	-----	-----

WW	(wyjątkowo wysoka)	$y_j - \hat{y}_j > S_e t_\alpha$	2%	(8)
----	--------------------	----------------------------------	----	-----

Przedstawione ujęcie klasyfikacji sprawności zależy od resztowego odchylenia standardowego  $S_e$ . Przy założeniu normalnego rozkładu reszt  $y_j - \hat{y}_j$ , około 66% całej ich populacji mieści się w przedziale  $(-S_e, S_e)$ , a blisko 96% w przedziale  $(-2S_e, 2S_e)$ .

Można uogólnić podejście „ile jest, a ile być powinno” tworząc **multimetodę** jednoczesnego badania skuteczności (przyrównanie do średniej – ocena ekonomiczna) i sprawności (przyrównanie do wartości oczekiwanej – ocena ekonometryczna). Przyjmijmy, że  $y_j - \hat{y}_j = S_p$ , a  $y_j - \bar{y}_j = S_k$  oraz  $K$  to ranga dla skuteczności i  $P$  ranga dla sprawności.



**Rysunek 1.** Algorytm wyznaczania gospodarności przy pomocy analizy ekonometrycznej

Ważone kryterium oceny efektywności można zapisać w następującej formie:

$$(NN) \quad KS_k + PS_p \leq -(PS_e t_\alpha + KS_y t^* \alpha) \quad (9)$$

$$(N) \quad -(PS_e t_\alpha + KS_y t^* \alpha) < KS_k + PS_p \leq -(PS_e + KS_y) \quad (10)$$

$$(P) \quad -(PS_e + KS_y) < KS_k + PS_p \leq PS_e + KS_y \quad (11)$$

$$(W) \quad PS_e + KS_y < KS_k + PS_p \leq PS_e t_\alpha + KS_y t^* \alpha \quad (12)$$

$$(WW) \quad KS_k + PS_p > PS_e t_\alpha + KS_y t^* \alpha \quad (13)$$

Należy zwrócić uwagę, że wartości  $K$  i  $P$  są liczbami naturalnymi, a istotne znaczenie ma jedynie ich wzajemny stosunek, który może odzwierciedlać preferencje analityka (decydenta) w ocenie efektywności gospodarowania województw. Przyjęcie odpowiedniej wartości rang  $K$  i  $P$  jest uzależnione od tego, jaki pogląd reprezentuje użytkownik realizujący badania efektywności. Łatwo przy tym zauważyć, że jeśli założy się  $K = 0$  i  $P = 1$ , to jest to badanie sprawności województwa, natomiast dla  $K = 1$  i  $P = 0$  badanie skuteczności, a dla innych przypadków różne warianty pośrednie.

Podstawowym krokiem w procesie uczenia sieci jest umiejętne postawienie problemu, czyli odpowiedni dobór czynników klasyfikujących. Określenie istotności zmienności polega na sporządzeniu wykresów zależności wyjścia modelu od jego odpowiednich wejść. Istotność danego wejścia jest równa wartości sinusa kąta pomiędzy poprowadzoną prostą, a odcinkiem wyznaczonym dla pierwszego podzbioru, który jest równoległy do osi  $OX$ . W każdym z przypadków zbiór próbek należy podzielić na podzbiory o równej ilości wejść, dla których wyznaczany jest środek ciężkości. Po wykonaniu tych czynności na wykres nanoszone są odcinki,

łącznie środki ciężkości poszczególnych podzbiorów. W celu określenia istotności wejścia należy poprowadzić prostą, która połączy początek pierwszego naniesionego odcinka z punktem o wartości wejścia równym 1 (w postaci znormalizowanej). Należy dodać, że suma długości odcinków łączących poszczególne podzbiory musi odpowiadać rozmiarom prostej. Natomiast wyznaczanie błędu bezwzględnego dla każdego wejścia dokonuje się przez zdefiniowanie średniego błędu dla wyodrębnionego wcześniej podzbioru, który jest średnią arytmetyczną błędów poszczególnych próbek w podzbiorze. Jeśli chodzi o błąd pojedynczej próbki, jest on wartością bezwzględną z odległości próbki od prostej, która przechodzi przez środek ciężkości podzbioru. W konsekwencji błąd bezwzględny dla wejścia jest średnią arytmetyczną błędów poszczególnych podzbiorów.

Do modelowania gospodarności województw zastosowano wielowarstwową sieć neuronową. Składa się ona z jednej warstwy wejściowej, mającej za zadanie rozproszanie sygnałów wejściowych do neuronów warstwy ukrytej,  $n$  warstw ukrytych oraz jednej warstwy wyjściowej, na podstawie której generowany jest sygnał wyjściowy. Liczba neuronów w warstwie wejściowej zależy od liczby wejść. Natomiast liczba neuronów wyjściowych najczęściej jest zgodna z ilością wyjść. Liczba neuronów w warstwie ukrytej jest określana jako średnia geometryczna ilości wejść i wyjść

$$n \cong \sqrt{p \cdot l} \quad (14)$$

gdzie:

- $n$  – liczba neuronów w warstwie ukrytej,
- $p$  – liczba wejść,
- $l$  – liczba wyjść.

Zadaniem pojedynczego neuronu jest obliczenie ważonej sumy  $s$  wszystkich wejść neuronu oraz wprowadzenie jej na nieliniowy element z funkcją aktywacji (wartością progową)  $f(s)$ . W ten sposób generuje ona sygnał wyjściowy  $y$  z neuronu. Funkcja sigmoidalna jest najczęściej stosowaną funkcją aktywacji, a jej postać jest następująca

$$f(s) = \frac{1}{1 + e^{-c \cdot s}} \quad (15)$$

gdzie:

- $s$  – ważona suma sygnałów wejściowych,
- $c$  – współczynnik określający nachylenie funkcji sigmoidalnej.

Całość działań, które mają na celu uczenie sieci zostały podzielone na cztery etapy. Pierwszy krok związany jest z nadaniem początkowych wag wszystkich połączeń, przy czym wagi połączeń dla warstwy ukrytej i wyjściowej dobrano w sposób losowy z przedziału (0, 1). Warstwa wejściowa, nie podlegająca uczeniu

i służąca do przetworzenia sygnałów wejściowych doprowadzających do warstwy ukrytej, ma wagi równe 1, z kolei wartość progów wynosi 0. Drugi etap, to określenie pożądanego średniego błędu sieci (w omawianym przypadku na poziomie 10%). Kolejny krok związany jest z przeprowadzeniem obliczeń do momentu osiągnięcia pożądanego błędu. Ostatni etap to sprawdzenie poprawności wyników. Do uczenia sieci skorzystano z gotowego (oprogramowanego) algorytmu wstecznej propagacji błędu, a uzyskane wyniki i analizy osiągnięto dzięki programowi „Tela 1.0”, stworzonemu dla potrzeb zaprezentowanego zadania.

Efektywność gospodarowania można ocenić poprzez porównanie stanu faktycznego PKB i jego prognozy, która została stworzona przez model. W wyniku tych zestawień można stwierdzić, że wysoki poziom gospodarowania jest w województwach, gdzie faktyczna wartość PKB jest większa od prognozowanej. Jeśli chodzi o niski poziom gospodarowania województw sytuacja jest odwrotna.

Ocena jakości uzyskanych wyników opiera się na porównaniu modelu neuronowego i modelu liniowego (ekonometrycznego) gospodarności. W modelu ekonometrycznym efektywność gospodarowania jest podzielona na pięć następujących klas: niezwykle niską (NN), niską (N), przeciętną (P), wysoką (W) i wyjątkowo wysoką (WW). Natomiast na wyjściu modelu neuronowego jest szacowana wartość PKB (produktu krajowego brutto) dla danego województwa. Dlatego też analiza jest przeprowadzona poprzez konfrontację prognozowanych wyników PKB ze stanem faktycznym.

### 3. Przykład praktyczny oceny gospodarności województw

Celem badań empirycznych jest zobrazowanie względności ocen w zależności od zastosowanej metody obiektywizacji. Przyjęto jako kryterium dochód narodowy (tys. zł/1 mieszkańca) wygospodarowywany w poszczególnych województwach Polski, w roku 1996. Dobór obiektu badań jest celowy – który wojewoda jest najlepszy? W założeniach do budowy odpowiednich zależności ekonometrycznych posłużono się najczęściej stosowanym modelem w postaci funkcji

$$Y = f(L, K, N) \quad (16)$$

gdzie:

- $Y$  – produkt krajowy brutto (PKB),
- $f$  – wartość funkcji, przedstawiająca postęp techniczny, określa wielkość produktu jaką można otrzymać przy danej ilości pracy, kapitału i ziemi,
- $L$  – ilość zatrudnionej pracy,
- $K$  – ilość zastosowanego kapitału,
- $N$  – ilość wykorzystanej ziemi (zasobów naturalnych, majątku trwałego).

Zdajemy sobie przy tym sprawę z niedociągnięć przykładu praktycznego, jak: zbyt mały przedział czasu oraz pewną ogólność z jaką potraktowano uwarunkowania tworzenia PKB (chodziło bardziej o przykład do zastosowań praktycznych, niż o wyczerpujące badania poznawcze).

Przeprowadzone badania identyfikacyjne (Budziński, Becker, 2001) doprowadziły do wyselekcjonowania zasadniczych (w zasadzie a priori) czynników, które warunkują tworzenie PKB. Rozważono tylko czynniki wewnętrzne w zawężonym przedziale czasu. W wyniku postępowania identyfikacyjnego przyjęto następujące zmienne stanu (w tys. zł/1 mieszkańca):

- $y$  – produkt krajowy brutto (kryterium),
- $x_1$  – majątek trwały brutto,
- $x_2$  – zużycie pośrednie,
- $x_3$  – osoby pracujące,
- $x_4$  – stopa bezrobocia,
- $x_5$  – przeciętne wynagrodzenie miesięczne,
- $x_6$  – nakłady inwestycyjne,
- $x_7$  – nakłady na działalność innowacyjną w przemyśle.

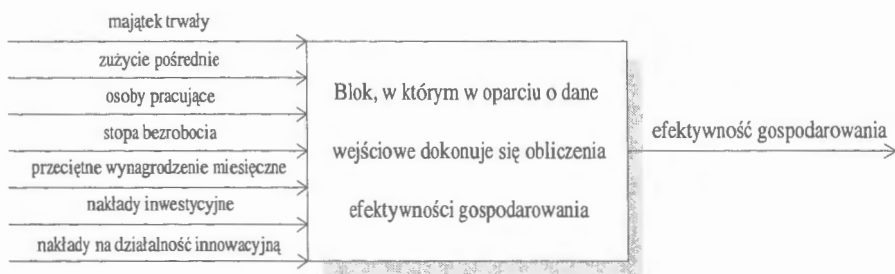
Uzyskano równanie regresji wielorakiej (prostoliniowej) postaci

$$\hat{y} = 470,111 + 0,010x_1 + 0,432x_2 + 34,402x_3 - 9,623x_4 + 0,710x_5 + 1,514x_6 + 1,020x_7 \quad (17)$$

opisane współczynnikiem determinacji  $R^2 = 0,88$  (korelacja wieloraka  $R = 0,939$ ). Uzyskane wyniki świadczą o istnieniu ogólnie pozytywnych prawidłowościach w funkcjonowaniu gospodarki państwa.

W omawianym modelu neuronowym gospodarności województw liczba próbek wynosi 49 (liczba województw w układzie administracyjnym z 1996 r.), dlatego też w celu określenia istotności wejść oraz ich błędów bezwzględnych, zbiór próbek podzielono na 9 podzbiorów po 5 próbek i jeden, zawierający 4. Należy nadmienić, że mniejsza liczba próbek w podzbiorze daje dokładniejsze wyniki.

Badanie istotności zmienności oraz określenie błędu bezwzględnego poszczególnych zmiennych zostało przeprowadzone za pomocą programu „Esencia 1.0”. Na podstawie otrzymanych wyników (tab. 1) nie można określić wejścia, które miałyby największy wpływ na wartość wyjścia. W związku z tym nie można także odrzucić żadnej ze zmiennych i wszystkie one posłużą do skonstruowania modelu neuronowego gospodarności.



**Rysunek 2.** Postać wejść i wyjść dla jednokierunkowego modelu neuronowego

Model neuronowy gospodarności województw ma postać wielowarstwowej sieci perceptronowej o jednej warstwie ukrytej. Warstwa wejściowa zawiera siedem neuronów, czyli tyle ile jest wejść. Natomiast warstwa wyjściowa jest równa liczbie wyjść, zatem obejmuje jeden neuron. Jeśli chodzi o warstwę ukrytą oraz obliczenia liczby neuronów w niej zawartych skorzystano ze wzoru

$$n = \sqrt{p \cdot 1} = \sqrt{7 \cdot 1} = 2,64575131106.$$

Uzyskany wynik pozwala stwierdzić, że liczba neuronów w warstwie ukrytej powinna wynosić co najmniej 3. W przedstawionym przykładzie, przyjęto założenie, że warstwa ta zawiera 4 neurony, których liczbę można zmniejszyć lub zwiększyć, w przypadku uzyskania niezadowolających wyników. Ponumerowano neurony, aby łatwiej zaprezentować proces uczenia sieci. Przez  $w_{ij}$  oznaczono wagę  $j$ -tego połączenia  $i$ -tego neuronu, na przykład  $w_{9,0}$  oznacza próg neuronu dziewiątego, a  $w_{9,1}$  wagę połączenia pomiędzy neuronem dziewiątym a pierwszym.

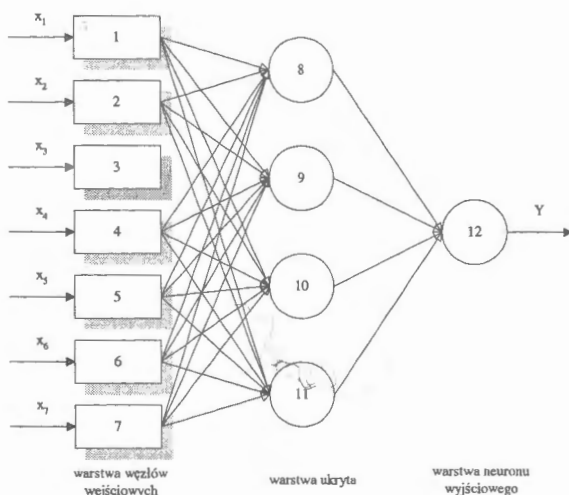
**Tablica 1.** Ogólne zestawienie istotności i błęd wejść

Wejście	Istotność	Błąd
Majątek trwały	0,781978666	0,110075440
Zużycie pośrednie	0,633425260	0,142632347
Osoby pracujące	0,763638235	0,138554346
Stopa bezrobocia	0,824595911	0,136260884
Przeciętne wynagrodzenie miesięczne	0,667947179	0,082601401
Nakłady inwestycyjne	0,697947179	0,074302565
Nakłady na działalność innowacyjną w przemyśle	0,694211581	0,117053295

W celu dobrego nauczenia sieci należy dobrać odpowiednie wartości współczynników uczenia i momentum. Nie ma jednak wyraźnej reguły doboru tych parametrów. Podczas wykonanego eksperymentu zadawalające wyniki uzyskano po



615 cyklach uczenia, przy współczynniku szybkości uczenia  $\alpha = 0,8$  i momentum  $\mu = 0,42$ . Średni błąd w początkowych etapach uczenia zmieniał się bardzo silnie i jego największa wartość wynosiła około 66%. Miał on jednak tendencję malejącą i w końcowym rezultacie osiągnął poziom 9,3%. Porównując otrzymany wynik z założoną wartością średniego błędu równą 10%, można stwierdzić, że sieć nauczyła się poprawnie.



Rysunek 3. Struktura jednokierunkowej dwuwarstwowej sieci neuronowej

Model neuronowy ma za zadanie uśrednienie powierzchni modelu. W omawianym przykładzie sprawą utrudniającą konstrukcję neuronowego modelu gospodarności było nierównomierne rozmieszczenie, w stosunku do pozostałych, pojedynczych próbek. Chodzi o próbki dotyczące województw: warszawskiego, płockiego, łódzkiego, katowickiego i krakowskiego. Dlatego też sieć lepiej modelowała te obszary systemu, gdzie próbek było więcej.

Z przedstawionych obliczeń (tab. 2) wynika, że istnieje duża rozpiętość pomiędzy błędami poszczególnych próbek. Na przykład w przypadku województwa płockiego błąd uczenia wynosi 39,52%, a dla województwa suwalskiego 0,65%. Przyczyny są dwie, pierwsza dotyczy nierównomiernego rozkładu próbek, druga uśrednienia przez model neuronowy wszystkich wyników.

Zarówno model ekonometryczny jak i neuronowy generują zbliżone wyniki poziomów gospodarowania. Z uwagi na fakt, że model neuronowy podaje wyniki w przybliżeniu oraz są one obciążone błędem 9,3 %, pojawiły się nieliczne różnice pomiędzy porównywanymi modelami. W przypadku modelu neuronowego, aby sprecyzować szacunkową ocenę efektywności gospodarowania przyjęto, że wysoka

(W) gospodarność jest w tych województwach, dla których efektywność mieści się w przedziale 122,09% – 166,26%, przeciętnie wysoka (PW) 92,55% – 122,09%, natomiast przeciętnie niska (PN) 77,66% – 92,55%.

Wyniki uzyskane dzięki sztucznym sieciom neuronowym są zbliżone do wyników modelu ekonometrycznego (liniowego). Trzeba podkreślić, że modele ekonometryczny i neuronowy gospodarności zaprezentowane w artykule nie służą do pomiaru faktycznego (wykazanego) stanu produktu krajowego brutto (PKB). Należy je traktować, jako narzędzie wspomagające do porównania stanu aktualnego dochodu narodowego z prognozowanym w sieciach neuronowych lub wartościami oczekiwanymi (nadzieją matematyczną) w analizie ekonometrycznej. Inaczej mówiąc, tego rodzaju analizy lepiej wyjaśniają (uzupełniają) rzeczywisty poziom gospodarności i jakości zarządzania przez regionalnych decydentów (województw).

**Tablica 2.** Wyniki badań porównawczych oceny metod w analizie gospodarności

Lp.	Nazwa województwa	Stan wykazany PKB w [zł/mieszk.]	Wartości porównawcze ocen gospodarności		
			Ekonomia	Ekonometria	Sieci
			w [%]	w [%]	w [%]
1	Płockie	18363,50	219,32	115,01	166,26
2	Warszawskie	18833,00	226,16	104,54	123,41
3	Poznańskie	13053,50	156,76	109,74	117,92
4	Katowickie	11659,20	140,01	112,35	103,61
5	Leszczyńskie	9821,40	117,94	123,22	123,27
6	Krakowskie	11033,80	132,50	97,69	104,51
7	Wrocławskie	10623,10	127,57	100,28	108,39
8	Gdańskie	10194,30	122,42	101,86	105,73
9	Szczecińskie	10465,00	125,67	97,43	105,51
10	Łódzkie	9221,90	110,74	111,15	116,56
:	:	:	:	:	:
40	Tarnobrzeskie	6846,20	82,21	90,39	91,53
41	Siedleckie	5931,60	71,23	100,41	81,25
42	Ostrołęckie	6325,00	75,96	91,74	84,63
43	Białkopodlaskie	5879,50	70,61	97,53	80,07
44	Nowosądeckie	5751,00	69,06	99,43	83,30
45	Chełmskie	6095,20	73,20	90,96	82,34
46	Przemyskie	5671,50	68,11	95,77	80,02
47	Zamojskie	5504,00	66,10	96,02	77,66
48	Opolskie	8240,40	98,96	71,58	82,35
49	Łomżyńskie	5859,10	70,36	84,53	78,71

#### 4. Podsumowanie

Pewnym jest, że musi istnieć właściwa hierarchizacja rozwiązywanego problemu efektywnościowego, mianowicie: aby dobrze ocenić obiekty (prawidłowo



sklasyfikować) w pierwszej kolejności należy wziąć pod uwagę ocenę według samego kryterium (ocena ekonomiczna) i dopiero wtedy uzupełnić dodatkowo oceną stopnia wykorzystania potencjału (np. „a ile być powinno”).

W artykule przedstawiono kilka podejść do problemu obiektywizacji na przykładzie oceny gospodarności województw. Jednoznaczna kwantyfikacja jest tu wyjątkowo trudna do poprawnej algorytmizacji, bowiem podejście w postaci analizy:

- ekonomicznej (rzeczywisty poziom wypracowanego dochodu narodowego odniesiony do średniej arytmetycznej), gdzie stanowi podstawę wyboru decyzji i jest regulatorem pobudzania oraz zasilania systemu motywacyjnego pracy nie do końca pozwala mierzyć efektów netto zarządzania, tzn. nie pozwala na oddzielenie w wynikach ekonomicznych dobrej (ekspansywnej i rozsądnej) pracy wojewodów (naczelników gmin) od działania czynników obiektywnych;
- ekonometrycznej (rzeczywisty poziom wypracowanego dochodu narodowego odniesiony do wartości oczekiwanych wynikających z obliczeń modelowych dla  $j$ -tego obiektu) dobrze opisuje (obiektywizuje) postawiony problem gospodarności w sensie logicznym; rozpatrywane przypadki dotyczą w zasadzie oszacowań regresji wielorakiej prostoliniowej, gdzie identyfikacji podlegają mierzalne (ilościowe) związki przyczynowo-skutkowe; w praktyce decydowania występują zależności, których poprawne oszacowanie wymaga często innych metod lub mają one charakter jakościowy (niemierzalny);
- użycia metod sztucznej inteligencji (rzeczywisty poziom wypracowanego dochodu narodowego odniesiony do wartości oczekiwanych w postaci prognoz z wytrenowanych sztucznych sieci neuronowych) dobrze opisuje postać wzorca; zaletą modelu neuronowego jest możliwość prognozowania, w oparciu o szacunkowe wyniki sieci (z większym udziałem informacji jakościowych); sieci charakteryzują się także niezawodnością działania i równoległością obliczeń korekty poszczególnych parametrów w danej warstwie.

W konkluzji trzeba podkreślić, że metody sztucznych sieci neuronowych nie dają odpowiedzi, „dlaczego” konkretne obiekty uzyskały taką a nie inną notę klasyfikacyjną? Przykładowo: co spowodowało, że województwo zostało źle sklasyfikowane? Które czynniki zadziałały negatywnie, a które pozytywnie? Jak one działają (z jaką siłą i jaka jest ich opłacalność intensyfikacji)? Te informacje można uzyskać przy zastosowaniu klasycznych metod MNK. Stosowalność metod sztucznej inteligencji wymaga dalszych badań, bowiem użyte również przez Korzenia M. (2004) metody (w tym również: teoria zbiorów przybliżonych, systemy rozmyte i neuronowe, teoria grafów, metody klasteryzacyjne, klasyczne metody wielowymiarowej analizy porównawczej), nie gwarantują wyjaśnienia „zachowania się” ocen na poziomie konkretnych obiektów danej klasyfikacji.

## Literatura

- Becker A. (2000) Metody mierzenia efektywności zarządzania w przedsiębiorstwie. Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, 42. Warszawa.
- Budziński R., Becker A. (1999) Obiektywizacja poziomów gospodarowania województw w ujęciu analizy ekonomicznej, w: *Informatyka i zarządzanie strategiczne*, Wyd. „INFORMA”, Szczecin.
- Budziński R., Kopeć J. (1981) Econometric model of activity as a diagnostic tool analysing agricultural enterprises of a region, w: *Spatial Development: Elements of Systems Analytic Approach*. IBS PAN, Warszawa.
- Korzeń M. (2004) *Metoda porównawczej oceny obiektów na podstawie informacji o nierównomiernym rozkładzie przestrzennym*, Rozprawa doktorska, Wydział Informatyki Politechniki Szczecińskiej, Szczecin.
- Produkt krajowy brutto według województw za 1996 rok*. GUS, US w Katowicach, wrzesień 1998.
- Rocznik statystyczny według województw za 1996 rok*.
- Rymarczyk M., red. (1997) *Decyzje, symulacje, sieci neuronowe*. Wyd. Wyższej Szkoły Bankowej, Poznań.

IBS PAN *Seria*

45187

Bibl. podręczna

**ISSN 0208-8028**

**ISBN 83-85847-92-8**

---

---

**W celu uzyskania bliższych informacji i zakupu dodatkowych egzemplarzy  
prosimy o kontakt z Instytutem Badań Systemowych PAN  
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa  
tel. 837-35-78 w. 241 e-mail: [biblioteka@ibspan.waw.pl](mailto:biblioteka@ibspan.waw.pl)**