

# EKONOMETRYCZNA WERSJA SZCZECIŃSKIEGO ALGORYTMU MASOWEJ WYCENY NIERUCHOMOŚCI



prof. US dr hab. Mariusz Doszyń  
Uniwersytet Szczeciński

## Streszczenie

Celem artykułu jest skonstruowanie modelu ekonometrycznego opartego o tzw. szczeciński algorytm masowej wyceny nieruchomości. Scharakteryzowano algorytm. Zdefiniowano atrybuty nieruchomości, z uwzględnieniem właściwych dla nich skal pomiaru. Zaprezentowano możliwość ekonometrycznego szacowania wpływu atrybutów. Rozważania zilustrowano przykładem empirycznym, opierającym się o rzeczywiste dane z rynku nieruchomości.

## Słowa kluczowe

wycena masowa, metody ekonometryczne, wycena nieruchomości, szczeciński algorytm masowej wyceny nieruchomości

## 1. Wstęp

**W**ycena masowa nieodłącznie wiąże się z metodami ekonometrycznymi i statystycznymi. Większość metod masowej wyceny odwołuje się, bezpośrednio lub pośrednio, do modeli regresji wielorakiej [Barańska 2010; Benjamin *et al.* 2004; Isakson 1998; Parzych, Czaja 2015]. Niektórzy autorzy wskazują na konieczność uwzględniania metod statystyki i ekonometrii przestrzennej [Cellmer 2014]. Można spotkać również propozycje stosowania innych, bardziej nowoczesnych i zaawansowanych metod, takich jak sztuczne sieci neuronowe, modele logiki rozmytej, teoria zbiorów przybliżonych, metoda AHP, *etc.* [Kauko, d'Amato 2008].

Stosowanie tzw. klasycznych modeli ekonometrycznych spotyka się czasami z krytyką [Dell 2017; Hozer *et al.* 2002], także w kontekście wycen indywidualnych [Doszyń 2012]. Z czego wynika ta krytyka? Można tutaj wyodrębnić dwa rodzaje czynników, jakość baz danych i prawidłowość stosowania metod ekonometrycznych.

Często modele ekonometryczne konstruowane są w oparciu o bazy danych wątpliwej jakości. Jeśli jakość danych statystycznych jest niska, zastosowanie nawet doskonałych metod nie doprowadzi do dobrych wyników (*garbage in,*

*garbage out*). Dane powinny być rzetelne, wiarygodne, kompletne. Powinny zawierać informacje o wszystkich istotnych determinantach wartości nieruchomości. Dodatkowo, dla rynków o niskiej efektywności należy raczej budować modele wartości, a nie cen nieruchomości. Ceny na rynkach nieefektywnych często nie niosą ze sobą wystarczających informacji, a rzeczoznawcy mają możliwość uwzględniania wpływu istotnych czynników kształtujących wartość.

Proponowane w literaturze modele mają często postać liniową, podczas gdy zależności między wartością i zmiennymi ją kształtującymi są zazwyczaj nieliniowe (w artykule proponowane są modele multiplikatywne).

Zmienne objaśniające powinny być wprowadzane do modelu z uwzględnieniem właściwych dla nich skal pomiaru. Na przykład zmienne mierzone na skali porządkowej powinny być uwzględniane jako zmienne zero–jedynekowe dla każdej kategorii zmiennej, a nie jako jedna zmienna przyjmująca wartości 1, 2, 3, ..., co często ma miejsce. O dopuszczalnych działaniach z uwzględnieniem skal pomiaru zmiennych traktuje praca [Walesiak 2016]. Problematykę określania wpływu atrybutów nieruchomości z uwzględnieniem skal pomiaru podejmuje artykuł [Doszyń 2017].

W modelach wyceny należy uwzględniać nie tylko atrybuty nieruchomości, ale również czynniki tkwiące po stronie popytu. W szczecińskim algorytmie wyceny wpływ tego typu czynników jest uwzględniany poprzez współczynniki wartości rynkowej. W modelu ekonometrycznym mogą to być np. zmienne zero–jedynekowe dla określonych obszarów.

Te oraz inne problemy będą rozważane przy próbie skonstruowania ekonometrycznej wersji tzw. szczecińskiego algorytmu masowej wyceny nieruchomości, co jest celem artykułu.



Szczecin; Źródło: <http://pl.wikipedia.org>; Autor: Horvat

Artykuł finansowany przez  
Narodowe Centrum Nauki  
w ramach projektu  
nr 2017/25/B/HS4/01813.

## 2. Szczeciński algorytm masowej wyceny nieruchomości

Szczegółową charakterystykę tzw. szczecińskiego algorytmu masowej wyceny nieruchomości zawiera np. praca [Hozer *et al.* 1999; Hozer *et al.* 2002]. Algorytm ten, dla nieruchomości o jednakowym przeznaczeniu, można przedstawić następująco:

$$W_{ji} = WWR_j \cdot pow_i \cdot C_{baz} \prod_{k=1}^K \prod_{p=1}^{k_p} (1 + A_{kp}) \quad (1),$$

gdzie:

- $W_{ji}$  – wartość rynkowa (lub katastralna)  $i$ -tej nieruchomości w  $j$ -tym terenie elementarnym;
- $WWR_j$  – współczynnik wartości rynkowej w  $j$ -tym terenie elementarnym ( $j=1, 2, \dots, J$ );
- $j$  – liczba terenów elementarnych;
- $pow_i$  – powierzchnia  $i$ -tej nieruchomości;
- $C_{baz}$  – cena 1 m<sup>2</sup> najtańszego (nieuzbrojonego) gruntu na wycenianym obszarze;
- $A_{kp}$  – wpływ  $p$ -tej kategorii  $k$ -tego atrybutu ( $k=1, 2, \dots, K; p=1, 2, \dots, k_p$ );
- $K$  – liczba atrybutów;
- $k_p$  – liczba kategorii  $k$ -tego atrybutu.

Patrząc za zapis (1) łatwo zauważyć, że nie jest to model ekonometryczny, nie występuje bowiem czynnik losowy. Zależność między wartością i atrybutami nie ma charakteru stochastycznego. Algorytm (1) ma postać multiplikatywną. Punktem odniesienia przy wyznaczaniu wartości jest cena bazowa, czyli cena 1 m<sup>2</sup> najtańszego i nieuzbrojonego gruntu na obszarze gminy. Można przyjąć, że jest to jednostkowa cena nieruchomości o najgorszych kategoriach atrybutów, na którą „nakłada się” wpływ atrybutów wycenianych nieruchomości. Wpływ ten ( $A_{kp}$ ) może być określany metodą ekspercką, przez rzeczoznawców majątkowych. Jeżeli jednak jest to możliwe, wpływ ten powinno się określać za pomocą metod ekonometrycznych (lub statystycznych), co zwiększa obiektywizm i profesjonalizm wyceny, szczególnie wyceny masowej.

Wartość nieruchomości zależy nie tylko od atrybutów. Ważne są również czynniki tkwiące po stronie popytu. Dwie, niemal identyczne nieruchomości (o zbliżonych atrybutach) mogą mieć znacznie różne wartości, jeżeli położone są w terenach elementarnych o odmiennym wpływie mody. Tego typu czynniki uwzględniają współczynniki wartości rynkowej ( $WWR_j$ ), które są wyznaczane dla każdego terenu elementarnego i ukazują wpływ szeroko rozumianej lokalizacji.

Współczynnik wartości rynkowej dla  $j$ -tego terenu elementarnego można wyznaczyć jako średnią geometryczną:

$$WWR_j = \sqrt[n_j]{\prod_{i=1}^{n_j} \frac{W_{ji}^{rz}}{W_{ji}^h}} \quad (2),$$

gdzie:

- $W_{ji}^{rz}$  – określona przez rzeczoznawcę majątkowego wartość  $i$ -tej nieruchomości w  $j$ -tym terenie elementarnym;
- $W_{ji}^h$  – wartość hipotetyczna  $i$ -tej nieruchomości w  $j$ -tym terenie elementarnym;
- $n_j$  – liczba wycenionych przez rzeczoznawców nieruchomości reprezentatywnych w  $j$ -tym terenie elementarnym.

Do wyznaczenia współczynników wartości rynkowej potrzebne są wyceny rzeczoznawców. Wyceniają oni w podejściu indywidualnym nieruchomości reprezentatywne, czyli nieruchomości losowane z każdego terenu elementarnego, co daje rzeczywiste wartości nieruchomości ( $W_{ji}^{rz}$ ). Wartości hipotetyczne ( $W_{ji}^h$ ) obliczane są na podstawie formuły (1), lecz z pominięciem współczynników wartości rynkowej:

$$W_{ji}^h = pow_i \cdot C_{baz} \prod_{k=1}^K \prod_{p=1}^{k_p} (1 + A_{kp}) \quad (3).$$

Znając wartości wylosowanych nieruchomości reprezentatywnych ( $W_{ji}^{rz}$ ), kategorie atrybutów i ich wpływ, cenę bazową ( $C_{baz}$ ) i powierzchnie, można dla każdego terenu elementarnego oszacować współczynniki wartości rynkowej jako średnią geometryczną z ilorazów wartości rzeczywistych i hipotetycznych. Przyjęcie średniej geometrycznej wynika z multiplikatywnej postaci algorytmu.

### 3. Ekonometryczna specyfikacja szczecińskiego algorytmu masowej wyceny

Patrząc na algorytm (1) samoistnie nasuwa się pytanie: czy możliwa jest jego ekonometryczna specyfikacja? Zdefiniowanie zmiennych w modelu ekonometrycznym opartym na algorytmie (1) wymaga wiedzy z zakresu wyceny nieruchomości. Zmienną objaśnianą jest wartość rynkowa lub katalna nieruchomości. Zmiennymi objaśniającymi są atrybuty oraz współczynniki wartości rynkowej dla poszczególnych terenów elementarnych. Przykładowe atrybuty, ich kategorie i sposób kodowania przedstawiono w Tabeli 1. Atrybuty te zostaną wykorzystane w przykładzie empirycznym, do wyceny nieruchomości gruntowych przeznaczonych pod mieszkalnictwo, na podstawie rzeczywistej bazy danych.

Wyodrębniono pięć atrybutów. Atrybuty te były konsultowane z rzeczoznawcami majątkowymi. Każdy z nich jest mierzony na skali porządkowej. Uzbrojenie, otoczenie, dostępność komunikacyjna i lokalizacja to cechy jakościowe, którym można przypisać pewne „kody”, ale które można analizować tylko na skali porządkowej. Na skali tej analizuje się tylko relacje przewyższenia i równości. Można jedynie stwierdzić, że np. otoczenie korzystne jest lepsze od przeciętnego, ale nie można określić „o ile” lepsze. Odległości między kategoriami nie są więc znane.

Powierzchnia jest cechą ilościową, ale jej rynkowe postrzeganie jest ogólniejsze, stąd jej kategoryzacja na powierzchnię dużą, średnią i małą. W pierwszym etapie badań uwzględniono też cechy fizyczne działki, ale wpływ tego atrybutu nie był istotny statystycznie, tzn. parametry przy zmiennych zero-jedynkowych dla poszczególnych kategorii tego atrybutu nie różniły się istotnie od zera. Z tego powodu atrybut ten w analizach pominięto.

Poszczególne kategorie atrybutów są wprowadzane do modelu ekonometrycznego jako zmienne zero-jedynkowe, oddzielnie dla każdej kategorii atrybutu. W modelu ekonometrycznym będzie występować wyraz wolny. W celu uniknięcia ścisłej współliniowości zmiennych objaśniających, zmienne zero-jedynkowe dla każdej pierwszej kategorii

**Tabela 1**  
Atrybuty i ich kategorie

Lp.	Atrybut	Kategorie atrybutu/symbol	Wartość atrybutu
1	Uzbrojenie	Brak	–
		Niepełne – $u_1$	0/1
		Pełne – $u_2$	0/1
2	Otoczenie	Uciążliwe	–
		Niekorzystne – $o_1$	0/1
		Przeciętne – $o_2$	0/1
3	Dostępność komunikacyjna	Korzystne – $o_3$	0/1
		Niekorzystna	–
		Przeciętna – $dk_1$	0/1
4	Lokalizacja	Korzystna – $dk_2$	0/1
		Niekorzystna	–
		Przeciętna – $l_1$	0/1
5	Powierzchnia	Korzystna – $l_2$	0/1
		Duża ( $>1200 \text{ m}^2$ )	–
		Średnia ( $500-1200 \text{ m}^2$ ) – $pw_1$	0/1
		Mała ( $<500 \text{ m}^2$ ) – $pw_2$	0/1

Źródło: opracowanie własne.

atrybutu są pomijane. Wpływ kategorii pominiętych „przejawia się” w wyrazie wolnym. Dla danego atrybutu, punktem odniesienia dla uwzględnionych kategorii jest kategoria pominięta. Przykładowo, dla atrybutu „uzbrojenie” do zbioru zmiennych objaśniających zostaną wprowadzone dwie zmienne zero-jedynkowe, jedna dla kategorii „niepełne”, kolejna – dla kategorii „pełne”. Kategoria „brak” jest pomijana i jest ona punktem odniesienia dla kategorii uwzględnionych w modelu („niepełne”, „pełne”). Wprowadzenie do modelu „uzbrojenia” jako jednej zmiennej objaśniającej przyjmującej wartości 1, 2, 3 jest niedopuszczalne, dlatego, że zakłada się jednakowe odległości między kategoriami atrybutu, a nie ma informacji, czy jest tak naprawdę.

Kolejną kwestią jest uwzględnienie w modelu ekonometrycznym współczynników wartości rynkowej. Współczynniki wartości rynkowej uwzględniają wpływ lokalizacji, a informacje o tym atrybucie są w bazie danych. Możliwe tutaj są dwa podejścia:

1. Można pominać współczynniki wartości rynkowej i uwzględnić w modelu lokalizację jako atrybut. Tego typu model będzie miał w zbiorze zmiennych objaśniających tylko atrybuty (włącznie z lokalizacją).

2. Druga możliwość to pominięcie lokalizacji w zbiorze atrybutów i wprowadzenie do zbioru zmiennych objaśniających zmiennych zero-jedynkowych dla poszczególnych terenów elementarnych. Dla liczby terenów elementarnych równej  $J$ , do modelu należy wprowadzić  $J-1$  zmiennych zero-jedynkowych, dla każdego terenu elementarnego poza jednym, który jest pomijany ze względu na ścisłą współliniowość.

W artykule wpływ atrybutów zostanie określony dla tych dwóch przypadków.



Szczecin, Baszta Panieńska; Źródło: <http://pl.wikipedia.org>; Autor: Mateusz War.

Hipoteza modelowa algorytmu w wersji wykładniczej, po zlinearyzowaniu, dla pierwszego przypadku jest następująca:

$$\ln\left(\frac{W_i}{pOW_i C_{baz}}\right) = \alpha_0 + \sum_{p=1}^2 \alpha_{up} u_p + \sum_{p=1}^3 \alpha_{op} o_p + \sum_{p=1}^2 \alpha_{dk,p} dk_p + \sum_{p=1}^2 \alpha_{lp} l_p + \sum_{p=1}^2 \alpha_{pw,p} pw_p + u_i \quad (4),$$

gdzie:

- $\alpha_{kp}$  – wpływ  $p$ -tej kategorii atrybutu  $k$  ( $k=up, op, dk_p, lp, pw_p$ );
- $u_p$  – uzbrojenie ( $p=1, 2$ );
- $o_p$  – otoczenie ( $p=1, 2, 3$ );
- $dk_p$  – dostępność komunikacyjna ( $p=1, 2$ );
- $l_p$  – lokalizacja ( $p=1, 2$ );
- $pw_p$  – powierzchnia ( $p=1, 2$ );
- $u_i$  – składnik losowy.

W modelu (4) lokalizacja ujęta jest jako atrybut. Nie ma zmiennych zero–jedynekowych dla terenów elementarnych, a więc nie uwzględnia się współczynników wartości rynkowej.

Hipoteza modelowa algorytmu w wersji wykładniczej, po zlinearyzowaniu, dla drugiego przypadku jest następująca:

$$\ln\left(\frac{W_i}{pOW_i C_{baz}}\right) = \alpha_0 + \sum_{p=1}^2 \alpha_{up} u_p + \sum_{p=1}^3 \alpha_{op} o_p + \sum_{p=1}^2 \alpha_{dk,p} dk_p + \sum_{p=1}^2 \alpha_{pw,p} pw_p + \sum_{j=1}^{j-1} \alpha_j te_j + u_i \quad (5),$$

gdzie:

- $\alpha_j$  – współczynnik wartości rynkowej dla  $j$ -tego terenu elementarnego;
- $te_j$  – zmienna zero–jedynekowa równa jeden dla  $j$ -tego terenu elementarnego.

W modelu (5) lokalizacja ujęta jest nie jako atrybut, lecz za pomocą zmiennych zero–jedynekowych dla poszczególnych terenów elementarnych. Zmienne zero–jedynekowe dla terenów elementarnych to inny sposób uwzględniania współczynników wartości rynkowej.

Zmienną objaśnianą w powyższych modelach jest zlogarytmowany iloraz wartości jednostkowej nieruchomości i ceny bazowej, która jest punktem odniesienia. Proponowane modele to modele nieliniowe (wykładnicze), lepiej ujmujące rzeczywiste relacje między zmiennymi, niż pojawiające się czasami w literaturze modele liniowe. W zbiorze zmiennych objaśniających są zmienne zero–jedynekowe dla kategorii atrybutów  $i$  – ewentualnie – dla terenów elementarnych.

Ekonometryczna specyfikacja szacowania algorytmu masowej wyceny rodzi pewne problemy, głównie natury metodycznej. Jest tak nawet wtedy, gdy bazy danych są dobre, a metody ekonometryczne są stosowane prawidłowo.

Podstawowym problemem może być zbyt duża liczba zmiennych objaśniających.

Wpływ kategorii atrybutów oraz współczynniki wartości rynkowej szacowane są na podstawie zmiennych zero–jedynekowych, co wiąże się z dużą ich liczbą. Dla małej liczby transakcji zastosowanie podejścia ekonometrycznego może być niemożliwe, ze względu na zbyt małą liczbę stopni swobody modelu. Dla mało obszernych baz danych oszacowanie modelu ekonometrycznego może nie być możliwe.

Kolejny problem to ścisła współliniowość zmiennych objaśniających, która oznacza, że między zmiennymi objaśniającymi występują związki liniowe. Jeśli w modelu jest dużo zmiennych zero–jedynekowych, to wzrasta prawdopodobieństwo, że pewne ich kombinacje są liniowe, co skutkuje brakiem możliwości określenia wpływu pewnych kategorii. W celu uniknięcia ścisłej współliniowości zmiennych objaśniających należy odrzucać niektóre zmienne, co nie pozwala na określenie ich wpływu.

Z drugiej strony, wprowadzanie zmiennych zero–jedynekowych, sygnalizujących tylko występowanie pewnych kategorii, nie wiąże się z problemem współliniowości statystycznej zmiennych objaśniających, a problem ten jest często podnoszony w literaturze dotyczącej stosowania regresji wielorakiej w wycenie.

W przypadku modelu (4) można też spodziewać się heteroskedastyczności składnika losowego i autokorelacji (przestrzennej) składnika losowego, co prowadzi do nieefektywności estymatorów MNK. Jeśli występuje autokorelacja przestrzenna, model powinien zostać uzupełniony o efekty przestrzenne. Homoskedastyczność składnika losowego powinna być weryfikowana empirycznie.

Do ogólniejszych problemów, ważnych nie tylko w kontekście modeli ekonometrycznych, można zaliczyć dostępność i jakość informacji statystycznych. Bez kompletnych i wiarygodnych baz danych nie ma dobrych wycen, bez względu na stosowane metody. Wiedza z zakresu wyceny jest niezbędna do prawidłowego określenia atrybutów i ich kategorii. W wycenie powinny być uwzględnione wszystkie atrybuty istotnie determinujące wartość. Zbiory atrybutów są inne, gdy wyceniane są nieruchomości o różnym przeznaczeniu.

#### 4. Przykład empiryczny

Modele ekonometryczne, przedstawiające szacunki algorytm wyceny, oszacowano z wykorzystaniem rzeczywistej bazy danych, dotyczącej 567 nieruchomości gruntowych. Baza ta zawiera wartości jednostkowe nieruchomości oszacowane przez rzeczoznawców majątkowych, na potrzeby aktualizacji opłat za użytkowanie wieczyste. Grunty przeznaczone są pod mieszkalnictwo. Dane te dotyczą 2005 roku. Atrybuty nieruchomości są takie, jak w Tabeli 1. Nieruchomości pochodzą z pięciu terenów elementarnych, oznaczonych jako  $te_3, te_4, te_5, te_6, te_7$ .

Oszacowane zostały dwa modele, model (4), w którym lokalizację uwzględniono bezpośrednio jako atrybut oraz model (5), bez lokalizacji jako atrybutu, ale ze zmiennymi zero-jedynkowymi dla poszczególnych terenów elementarnych.

W modelu (5) współczynniki wartości rynkowej uwzględnia się jako zmienne zero-jedynkowe. Uwzględnienie zmiennych zero-jedynkowych dla terenów elementarnych w zlogarytmizowanym modelu wykładniczym jest tożsame z obliczaniem współczynników wartości rynkowej na podstawie zależności (2), po uprzednim wyznaczeniu wartości hipotetycznych. Wartości hipotetyczne obliczane na podstawie (3) nie uwzględniają wpływu lokalizacji (mody), lecz tylko wpływ samych atrybutów nieruchomości.

Wyniki estymacji modeli (4) i (5) zawiera Tabela 2.

Po oszacowaniu modelu (4) lub (5) wpływ poszczególnych kategorii można określić poprzez odlogarytmowanie. Tak określony wpływ informuje o względnym wzroście wartości danej nieruchomości w stosunku do ceny bazowej, przy czym wpływ każdej kategorii jest odnoszony do kategorii pominiętej (w celu uniknięcia ścisłej współliniowości zmiennych).

W modelu (4) zbiór zmiennych objaśniających to siedem kategorii dla pięciu atrybutów, w tym lokalizacji. W modelu (5) lokalizacja (jako atrybut) nie jest zmienną objaśniającą, ale są dodatkowo cztery zmienne zero-jedynkowe dla terenów elementarnych. W modelach są wyrazy wolne. W celu uniknięcia ścisłej współliniowości pominięto każdą pierwszą kategorię atrybutu oraz

**Tabela 2**  
Wyniki estymacji modeli (4) i (5)

Zmienne	Model (4)		Model (5)	
	Oceny par.	t – Stud.	Oceny par.	t – Stud.
Const.	0,029	9,235	0,499	167,823
$u_1$	0,093	26,946	0,094	30,240
$u_2$	0,162	47,185	0,167	53,555
$o_3$	0,022	18,870	0,023	21,662
$dk_2$	0,019	11,105	0,020	12,826
$l_2$	0,478	528,098	–	–
$pw_1$	0,046	23,888	0,044	25,114
$pw_2$	0,046	24,142	0,045	25,284
$te_3$	–	–	-0,473	-422,092
$te_4$	–	–	-0,473	-273,687
$te_5$	–	–	0,004	3,158
$te_6$	–	–	0,018	11,723
$R^2$	0,998		0,999	
Test White'a ( $p_{emp}$ )	0,000		0,000	

– Wartości nie były szacowane.

Źródło: obliczenia własne.

zmienną zero-jedynkową dla ostatniego terenu elementarnego (w modelu (5)).

Generalnie, oceny parametrów w modelach są do siebie zbliżone. Na podstawie ocen parametrów przy zmiennej  $l_2$  i przy zmiennych zero-jedynkowych dla terenów elementarnych widać, że największy wpływ na jednostkową wartość nieruchomości ma lokalizacja.

Wartości skorygowanego współczynnika determinacji ( $\bar{R}^2$ ) są bliskie jedności. Empiryczne poziomy istotności testu White'a weryfikującego hipotezę o homoskedastyczności składnika losowego wskazują na konieczność jej odrzucenia, nawet dla poziomu istotności 0,001. Jest to wadą otrzymanych modeli, jednak mając do czynienia z tak licznym zbiorem różnorodnych nieruchomości można się było tego spodziewać. Różnorodność nieruchomości sprawia, że nie tworzą one zbiorów homogenicznych.

Specjalnego komentarza wymaga sposób uwzględnienia wpływu lokalizacji. W modelu (4) lokalizacja „przeciętna” obejmowała nieruchomości znajdujące się w dwóch pierwszych terenach elementarnych (3 i 4), lokalizacja „korzystna” – w trzech kolejnych (5, 6, 7). Zmienna  $l_2$  to zmienna zero-jedynkowa sygnalizująca występowanie lokalizacji

korzystnej, zmienne  $te_4, te_5, te_6, te_7$  to zmienne zero-jedynkowe dla terenów elementarnych. Lokalizacja jako atrybut lub jako zmienne zero-jedynkowe dla terenów elementarnych, to inny sposób ujęcia wpływu tego samego typu czynników. Jednak nawet pomimo tego, jednocześnie uwzględnienie lokalizacji i zmiennych zero-jedynkowych dla wszystkich terenów elementarnych nie jest możliwe ze względu na ścisłą współliniowość tych zmiennych. Można bowiem łatwo dowiedzieć, że  $l_2 = 1 - te_3 - te_4$  oraz  $l_2 = te_5 + te_6 + te_7$ . Zatem  $l_2 = 0$  dla  $te_3$  i  $te_4$  oraz  $l_2 = 1$  dla  $te_5, te_6, te_7$ .

Po odlogarytmowaniu ocen parametrów modeli, można wyznaczyć wpływ poszczególnych kategorii atrybutów. W analizowanej bazie danych nie wystąpiły wszystkie kategorie atrybutów. Na przykład wystąpiły tylko dwie kategorie lokalizacji, „przeciętna” i „korzystna”. Żadna nieruchomość nie miała lokalizacji „niekorzystnej”. Podobnie było również w przypadku innych atrybutów. Wpływ kategorii nie występujących w bazie danych wyznaczono przez ekstrapolację tak, aby zachowane były stałe relatywne różnice między sąsiednimi kategoriami. W Tabeli 3 wpływ kategorii wyznaczonych przez ekstrapolację jest mniejszy od jedności.

**Tabela 3**

Wpływ atrybutów określony na podstawie modelu (4) i (5)

Lp.	Atrybut	Kategorie atrybutu/symbol	Model (4)	Model (5)
1	Uzbrojenie	Brak	1,000	1,000
		Niepełne – $u_1$	1,097	1,098
		Pełne – $u_2$	1,176	1,182
2	Otoczenie	Uciążliwe	0,957	0,955
		Niekorzystne – $o_1$	0,978	0,977
		Przeciętne – $o_2$	1,000	1,000
		Korzystne – $o_3$	1,022	1,023
3	Dostępność komunikacyjna	Niekorzystna	0,981	0,980
		Przeciętna – $dk_1$	1,000	1,000
		Korzystna – $dk_2$	1,019	1,020
4	Lokalizacja	Niekorzystna	0,620	–
		Przeciętna – $l_1$	1,000	–
		Korzystna – $l_2$	1,613	–
5	Powierzchnia	Duża (>1200 m <sup>2</sup> )	1,000	1,000
		Średnia (500–1200 m <sup>2</sup> ) – $pw_1$	1,047	1,045
		Mała (<500 m <sup>2</sup> ) – $pw_2$	1,048	1,046

– Wartości nie były szacowane.

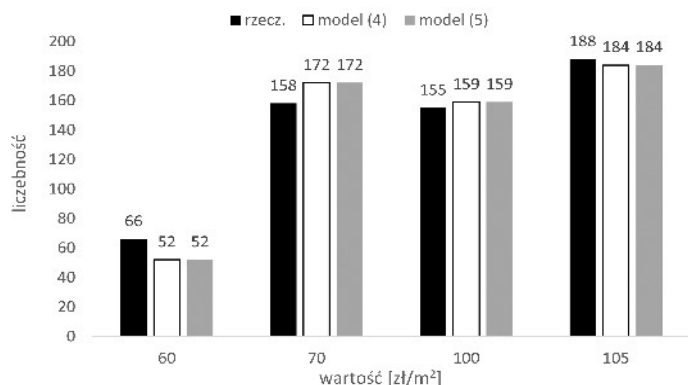
Źródło: opracowanie własne.

W celu oceny jakości wycen generowanych przez model (4) i (5) zaprezentowano rozkłady jednostkowych wartości rzeczywistych określonych przez rzeczoznawców i na podstawie modelu (4) i (5). Wyceny te są bardzo do siebie zbliżone (Rysunek 1).

Na Rysunku 2 widać rozkłady błędów procentowych dla modelu (4) i (5). Punktem odniesienia są wyceny rzeczoznawców. Błąd ten to różnica między wyceną na podstawie modelu i wyceną rzeczoznawcy, podzielona przez wycenę rzeczoznawcy. Widać, że zdecydowana większość błędów zawiera się w przedziale +/-1%, co świadczy o dużej zbieżności wycen rzeczoznawców i wycen na podstawie modeli. Jeśli za punkt odniesienia przyjąć wyceny rzeczoznawców, to średni absolutny błąd procentowy wyniósł 0,60% dla modelu (4) i 0,57% dla modelu (5). Różnice są więc bardzo małe.

**Rysunek 1**

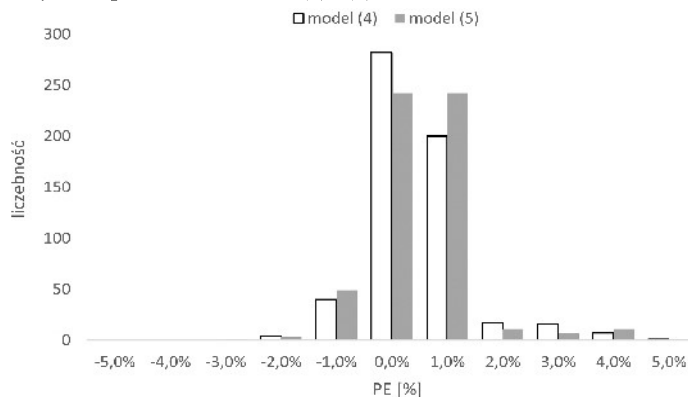
Rozkład jednostkowych wartości nieruchomości – wartości rzeczywiste i otrzymane na podstawie modelu (4) i (5)



Źródło: opracowanie własne.

**Rysunek 2**

Rozkład błędu procentowego wartości jednostkowych nieruchomości otrzymanych na podstawie modelu (4) i (5)



Źródło: opracowanie własne.

## 5. Podsumowanie

Jednym z warunków stosowania tzw. szczecińskiego algorytmu masowej wyceny jest określenie wpływu poszczególnych atrybutów i współczynników wartości rynkowej. Jeśli informacje statystyczne dają taką możliwość, można wykorzystać w tym celu modele ekonometryczne. Modele te dają możliwość zwiększenia obiektywizmu i profesjonalizmu wyceny.

Stosowanie metod ekonometrycznych nie zawsze jednak jest uprawnione. Potrzebne są tutaj dobre, wiarygodne, kompletne i rzetelne bazy danych, zawierające liczne informacje o wartościach nieruchomości i wszystkich ważnych atrybutach je kształtujących. Jeśli dane z rynku nieruchomości budzą wątpliwości, wpływ atrybutów w szczecińskim algorytmie trzeba określać w oparciu o inne podejścia, np. statystyczne (wymagające mniejszych zbiorów danych) oraz eksperckie, w którym wykorzystuje się informacje o charakterze jakościowym przydatne w wycenie. W praktyce wycen masowych najlepsze prawdopodobnie okaże się podejście hybrydowe, zawierające elementy każdego z podejść, tj. podejścia ekonometrycznego, statystycznego i eksperckiego.



Szczecin, Most Długi; Źródło: <http://pl.wikipedia.org>; Autor: Mateusz War.

## Bibliografia

1. Barańska A., 2010, *Statystyczne metody analizy i weryfikacji proponowanych algorytmów wyceny nieruchomości*, Rozprawy, Monografie 214, Wydawnictwa AGH, Kraków.
2. Benjamin J.D., Randall S. Guttery R.S., Sirmans C.F., 2004, *Mass Appraisal: An Introduction to Multiple Regression Analysis for Real Estate Valuation*, *Journal of Real Estate Practice and Education*, Vol. 7, No. 1, pp. 65–77.
3. Cellmer R., 2014, *Use of spatial autocorrelation to build regression models of transaction prices*, *Real Estate Management and Valuation*, 21(4), pp. 65–74.
4. Dell G., 2017, *Regression, Critical Thinking, and the Valuation Problem Today*, *Appraisal Journal*, Vol. 85 Issue 3, pp. 217–230.
5. Doszyń M., 2012, *Ekonometryczna wycena nieruchomości*, *Metody Ilościowe w Ekonomii, Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania*, 26, s. 41–52.
6. Doszyń M., 2017, *Statistical Determination of Impact of Property Attributes for Weak Measurement Scales*, *Real Estate Management and Valuation*, Volume 25, Issue 4, 2017, pp. 75–84.
7. Hozer J., Foryś I., Zwolankowska M., Kokot S., Kuźmiński W., 1999, *Ekonometryczny algorytm masowej wyceny nieruchomości gruntowych*, *Katedra Ekonometrii i Statystyki Uniwersytetu Szczecińskiego, Stowarzyszenie Pomoc i Rozwój, Szczecin*.
8. Hozer J., Kokot S., Kuźmiński W., 2002, *Metody analizy statystycznej rynku w wycenie nieruchomości*, Warszawa, Polska Federacja Stowarzyszeń Rzeczoznawców Majątkowych.
9. Isakson H.R., 1998, *The Review of Real Estate Appraisals Using Multiple Regression Analysis*, *Journal of Real Estate Research*, Vol. 15, Issue 2, pp. 177–190.
10. Kauko T., d'Amato M. (ed.), 2008, *Mass Appraisal Methods: An International Perspective for Property Valuers*, Blackwell Publishing Ltd.
11. Parzych P., Czaja J., 2015, *Szacowanie rynkowej wartości nieruchomości*, Wydawnictwa AGH, Kraków.
12. Walesiak M., 2016, *Uogólniona miara odległości GDM w statystycznej analizie wielowymiarowej z wykorzystaniem programu R*, Wyd. UE we Wrocławiu, Wrocław.

## ECONOMETRIC VERSION OF SZCZECIN ALGORITHM OF REAL ESTATE MASS APPRAISAL

### Summary

The aim of the paper is to construct an econometric model based on the Szczecin algorithm of mass real estate valuation. The first part describes the Szczecin algorithm of mass real estate valuation. Real estate attributes have been defined, taking into account their specific measurement scales. These are mainly so-called weak measurement scales, i.e. the nominal and orderly scale. The possibility of econometric estimation of the influence of attributes was presented, based on the Szczecin algorithm of mass valuation. The considerations are illustrated by an empirical example, based on actual data from the real estate market. The valuations generated by econometric versions of the Szczecin mass valuation algorithm were compared with valuations of experts.

### Key words

mass valuation, econometric methods in real estate valuation, Szczecin real estate mass appraisal algorithm

### JEL classification

C01, C01, C18, C51, R30