Zeszyty Naukowe
Wyższej Szkoły Bankowej we Wrocławiu
Nr 20/2011

Łukasz Mach

Politechnika Opolska

Budowa praktycznego modelu regresji opisującego zależności występujące na rynku nieruchomości mieszkaniowych

Streszczenie. W artykule przedstawiono proces budowy ekonometrycznego modelu decyzyjnego, opisującego zależności występujących na rynku nieruchomości mieszkaniowych. Opracowany model decyzyjny opiera się na zastosowaniu regresji wielorakiej. Głównym kryterium wyboru odpowiedniego modelu regresyjnego było sprawdzenie jego poprawności konstrukcyjnej oraz przydatności w zastosowaniach praktycznych. Zostały opracowane dwa ostateczne modele decyzyjne. W pierwszym z modeli uwzględniono dane ofertowe nieruchomości, natomiast w drugim ich dane transakcyjne. Zastosowanie wspomnianej metody analitycznej było podstawą do budowy modelu decyzyjnego, którego celem jest wspomaganie przedsiębiorstw działających w branży budowlanej w procesie podejmowania decyzji.

Słowa kluczowe: regresja wieloraka, model ekonometryczny, nieruchomości mieszkaniowe, podejmowanie decyzji, zarządzanie rynkiem nieruchomości

Wstęp

Precyzyjna parametryzacja zależności występujących na rynku ruchomości mieszkaniowych jest istotnym czynnikiem oddziałującym na wzrost

konkurencyjności przedsiębiorstw działających w branży obrotu nieruchomościami. Poprawnie przygotowany proces decyzyjny pozwala zminimalizować ryzyko źle podjętych decyzji. Niniejszy artykuł jest kontynuacją badań w obszarze obrotu nieruchomościami mieszkaniowymi. Wcześniejsze badania podejmowały próby opracowania modeli decyzyjnych z wykorzystaniem regresji wielorakiej[1], regresji logistycznej[2] oraz analizy dyskryminacyjnej i sztucznych sieci neuronowych[3]. Zastosowanie wspomnianych metod analitycznych było podstawą do budowy modeli decyzyjnych, których celem było wspomaganie przedsiębiorstw działających w branży budowlanej w procesie podejmowania decyzji.

Nadrzędnym celem niniejszego artykułu jest przedstawienie potencjalnych możliwości modelowania rynku nieruchomości z zastosowaniem narzędzi regresji wielorakiej. Należy jednak zaznaczyć, że głównym kryterium wyboru opracowanych modeli regresyjnych jest ich przydatność w zastosowaniach praktycznych. Niejednokrotnie w procesie budowy i optymalizacji modeli regresji wielorakiej, stosując procedurę regresji krokowej (od ogółu do szczegółu), z modelu zostają wyeliminowane zmienne kluczowe (wg autora niezbędne do pozostawienia) z punktu widzenia parametryzacji rozpatrywanego zagadnienia. W przedstawionym procesie badawczym przyjęto założenie, że nieistotna, lecz kluczowa zmienna niezależna powinna (może) decyzją ekspercką pozostać w modelu. Autor artykułu twierdzi, że pomimo oczywistych nieprawidłowości metodologicznych w prezentowanym podejściu, korzyści z pozostawienia zmiennych kluczowych, lecz nieistotnych, dają wymierne korzyści w praktycznej interpretacji zależności występujących na rynku nieruchomości mieszkaniowych.

1. Realizacja procesu badawczego – metodologia badawcza

Proces badawczy został przeprowadzony zgodnie w powszechnie przyjętymi zasadami estymacji oraz weryfikacji modeli ekonometrycznych. Przeprowadzając badania autor ostatecznie wyznaczył dwa różne modele decyzyjne – jeden

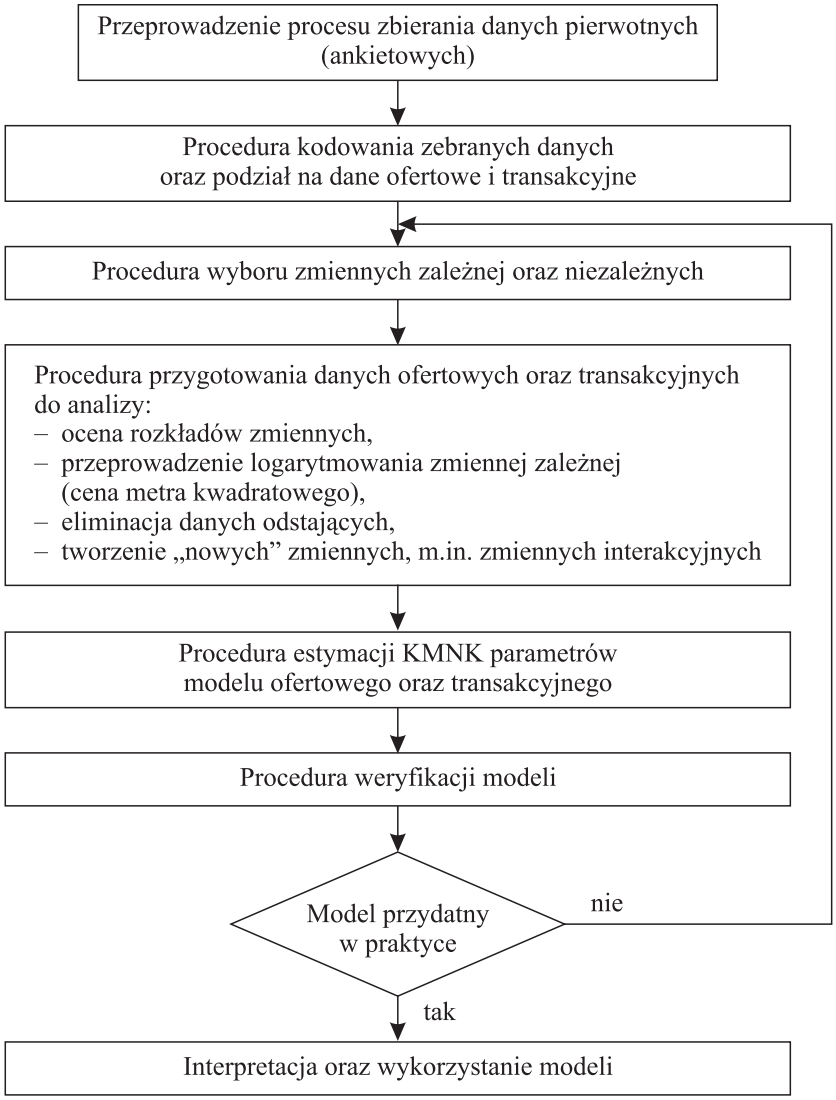
---

[1] Ł. Mach, *Aproksymacja zjawisk rynkowych narzędziem wspomagającym podejmowania decyzji*, red. R. Knosala, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, t. 2, Opole 2009.

[2] Ł. Mach, *Modelowanie logitowe narzędziem wspomagającym podejmowanie decyzji na rynku nieruchomości mieszkaniowych*, w: *Prognozowanie w zarządzaniu firmą*, red. P. Dittmann, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2010.

[3] Ł. Mach, *Zastosowanie analizy dyskryminacyjnej i sieci neuronowych w procesie oceny możliwości zbycia nieruchomości mieszkaniowych*, w: *Prognozowanie w zarządzaniu firmą*, red. P. Dittmann, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław (w druku).

bazujący na danych ofertowych dotyczących nieruchomości mieszkaniowych, drugi na danych transakcyjnych. Algorytm (etapy) przeprowadzonych badań przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Algorytm przeprowadzonych badań

Początkowym etapem zrealizowanym w procesie badawczym było przygotowanie danych. Proces przygotowania danych polegał w głównej mierze na ocenie rozkładu zmiennych oraz na usunięciu obserwacji podejrzewanych o odstające.

Proces estymacji parametrów modelu został przeprowadzony za pomocą metody najmniejszych kwadratów. Stosowanie metody najmniejszych kwadratów do estymacji parametrów strukturalnych jest podyktowane między innymi korzystnymi właściwościami uzyskanych estymatorów w KMRL[4] (zgodności, nieobciążalności oraz najwyższą efektywnością w klasie liniowych estymatorów)[5].

Przeprowadzając proces weryfikacji opracowywanych modeli, uwzględniono:

- współczynnik determinacji oraz jego wartość skorygowaną;
- zjawisko współliniowości zmiennych objaśniających – w niniejszym artykule diagnozując zjawisko współliniowości zmiennych wykorzystano czynnik inflacji wariancji (*VIF – Variance Inflation Factor*) według wzoru[6]

$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2}, \tag{1}$$

  gdzie R_j^2 jest współczynnikiem determinacji modelu, w którym zmienną objaśnianą jest X_j, czyli j-ta zmienna objaśniająca modelu regresji wielorakiej[7], a zmiennymi objaśniającymi pozostałe $k - 1$ zmiennych objaśniających modelu oraz wyraz wolny.
  Przyjęto założenie, że jeśli $VIF_j > 10$, to występuje współliniowość, która podważa praktyczną przydatność zbudowanego modelu ekonometrycznego;
- istotność zmiennych objaśniających;
- poprawność specyfikacji modelu, tj. poprawność postaci funkcyjnej, odpowiednio dobrany zbiór zmiennych oraz prawidłową strukturę dynamiczną modelu. Sprawdzenie poprawności specyfikacji modelu zostało dokonane za pomocą testu RESET (*Regression Specification Error Test*), w którym do wyjściowego równania zostały dodane dodatkowe zmienne w postaci kwadratu i sześcianu teoretycznych wartości zmiennej objaśnianej. Model testowy wyraża się zależnością[8]:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + ... + \beta_k X_{ki} + \beta_{k+1}\hat{Y}_i^2 + \beta_{k+2}\hat{Y}_i^3 + \varepsilon_i, \tag{2}$$

---

[4] Twierdzenie Gaussa-Markowa.

[5] M. Gruszczyński, T. Kuszewski, M. Podgórska, *Ekonometria i badania operacyjne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009.

[6] Tamże, s. 58.

[7] Model regresji wielorakiej przyjmuje postać $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + ... + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i$, gdzie $i = 1, 2, 3, .., n$; $j = 1, 2, ..., k$, Y – zmienna objaśniana, $X_1, X_2, ..., X_k$ – zmienne objaśniające; β_j – parametry strukturalne; ε – składnik losowy.

[8] M. Gruszczyński, T. Kuszewski, M. Podgórska, wyd. cyt., s. 65.

natomiast hipoteza zerowa została przedstawiona za pomocą zależności[9]:

$$H_0 : \beta_{k+1} = \beta_{k+2} = 0; \tag{3}$$

– własności składnika losowego, tj. heteroskedastyczność i autokorelację za pomocą estymatora błędu standardowego (*HAC – Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent*) oraz normalność rozkładu[10];
– uwzględniając aspekty doboru zbioru zmiennych objaśniających do modelu (lub ich usunięcia z modelu) zastosowano test pominiętej zmiennej[11].

2. Realizacja procesu badawczego – studium przypadku

Budowa modeli ekonometrycznych na podstawie regresji wielorakiej została przeprowadzona na podstawie danych ofertowych oraz transakcyjnych sprzedaży nieruchomości mieszkaniowych dokonanych w Opolu od I kw. 2009 r. do III kw. 2010 r.

W etapie wstępnym w roli potencjalnych zmiennych objaśniających wystąpiły:

– liczba kondygnacji budynku, w którym znajduje się mieszkanie – [X_1],
– liczba pokoi – [X_2],
– rodzaj kuchni (widna, ciemna, aneks) – [X_3],
– numer notowania (nr kwartału oraz rok notowania) – [X_4],
– ocena lokalizacji mieszkania w budynku (dobra, przeciętna, zła) – [X_5],
– ocena położenia budynku (korzystna, przeciętna, niekorzystna) – [X_6],
– piętro, na którym znajduje się mieszkanie – [X_7],
– powierzchnia mieszkania – [X_8],
– rok budowy mieszkania – [X_9],
– stan budynku (do remontu, po remoncie) – [X_{10}],
– standard wykończenia (wysoki, średni, niski, surowy) – [X_{11}],
– technologia budowy (tradycyjna, prefabrykowana, monolityczna, drewniana, szkielet stalowy) – [X_{12}].

Cena mieszkania za metr kwadratowy została zdefiniowana jako zmienna objaśniana – [Y].

Następnie została przeprowadzona procedura przygotowania danych ofertowych oraz transakcyjnych, w celu przeprowadzenia analizy regresji wielorakiej.

[9] Tamże.
[10] Tamże.
[11] Bazujący na idei uogólnionego testu Walda.

Tabela 1. Lista potencjalnych zmiennych, zdefiniowane punkty odcięcia oraz liczba obserwacji usuniętych

Zmienna	Oferty		Transakcje	
	liczba usuniętych obserwacji	**punkt odcięcia**	**liczba usuniętych obserwacji**	**punkt odcięcia**
Y	3	>=6000 i <=2500	3	<2000 i >5500
X_1	0		0	
X_2	0		1	>=5
X_3	6	ciemna	3	ciemna
X_4	0		0	
X_5	1	zła	21	zła
X_6	0		0	
X_7	0		0	
X_8	2	<=20	19	>80 i <20
X_9	0		0	
X_{10}	0		0	
X_{11}	1	surowy	5	surowy
X_{12}	2	monolityczna, drewniana, szkielet stalowy	2	monolityczna, drewniana, szkielet stalowy
Usunięte obserwacje	**15**		**54**	
Wszystkie obserwacje	**163**		**321**	

Ź r ó d ł o: opracowanie własne.

Procedura przygotowania danych miała na celu wyeliminowanie obserwacji powtarzających się oraz obserwacji odstających. W tabeli 1 zostały przedstawione zmienne diagnostyczne, punkty odcięcia zmiennych diagnostycznych[12] oraz liczba obserwacji usuniętych.

Z uwagi na to, że przeprowadzone analizy dotyczyły mieszkań tzw. typowych (standardowych), zakres ceny metra kwadratowego mieszkań ofertowych ograniczono do przedziału 2500-6000 zł, natomiast dla mieszkań sprzedanych (transakcji) zakres ten kształtował się w przedziale 2000-5000 zł. Usunięto również nielicznie występujące mieszkania z liczbą pokoi powyżej 5, mieszkania z kuchnią

[12] Punkt odcięcia miał za zadanie eliminację obserwacji nietypowych (podejrzanych o odstające) lub obserwacji o bardzo małej liczności.

ciemną, złą lokalizacją położenia, surowym standardem wykończenia oraz technologią budowy monolityczną, drewnianą oraz w postaci szkieletu stalowego. W procesie przygotowania danych do analizy w sumie usunięto 15 oraz 54 obserwacje, odpowiednio w danych ofertowych oraz transakcyjnych (por. tab. 1).

Następnie na bazie danych prezentowanych w tabeli 1, została przeprowadzona procedura szacowania oraz weryfikowania modeli ekonometrycznych. Jednak otrzymane modele nie cechowały się zadowalającymi właściwościami z punktu widzenia podejmowania poprawnych (optymalnych) decyzji, potencjalnie wykorzystywanych w procesie zarządzania działalnością na rynku nieruchomości mieszkaniowych.

Tabela 2. Nowo powstałe zmienne diagnostyczne

Zmienna wyjściowa	**Symbol nowej zmiennej**	**Opis**
Rok budowy mieszkania	do 1960	do 1960 włącznie
	powyżej 1960	po 1960
	do 1960*powierzchnia	zmienna interakcyjna
	powyżej 1960*powierzchnia	zmienna interakcyjna
Liczba kondygnacji	do 5 kondygnacji	do 5 włącznie
	powyżej 5 kondygnacji	powyżej 5
Powierzchnia mieszkania	do 40 m^2	do 40 m^2
	40-60 m^2	40m^2; 60m^2
	powyżej 60 m^2	powyżej 60 m^2
Technologia budowy	tradycyjna i tradycyjna udoskonalona	kodowanie 1 – tradycyjna i tradycyjna udoskonalona
	prefabrykowana	kodowanie 4
Liczba pokoi w mieszkaniu	jednopokojowe	kodowanie 1
	dwupokojowe	kodowanie 2
	jedno- i dwupokojowe	1 lub 2
	trzypokojowe i większe	>=3
	jednopokojowe*powierzchnia	zmienna interakcyjna
	dwupokojowe*powierzchnia	zmienna interakcyjna
	trzypokojowe i większe* *powierzchnia	zmienna interakcyjna
	jedno- i dwupokojowe* *powierzchnia	zmienna interakcyjna
Rodzaj kuchni	kuchnia widna*powierzchnia	zmienna interakcyjna
	aneks*powierzchnia	zmienna interakcyjna
Ocena położenia mieszkania	ocena położenia korzystna	pierwsze lub drugie piętro
	ocena położenia niekorzystna	pozostałe piętra

Ź r ó d ł o: opracowanie własne.

Podejmując dalszą próbę poprawy przydatności praktycznej budowanych modeli ekonometrycznych na bazie regresji wielorakiej, dokonano dalszego przekształcenia zmiennych diagnostycznych. Przekształcenia te polegały w głównej mierze na utworzeniu dodatkowych zmiennych, m.in. zmiennych interakcyjnych. W tabeli 2 przedstawiono nowo utworzone zmienne, które następnie zastały wykorzystane w procesie budowy modeli decyzyjnych. Tabela 2 zawiera nazwy zmiennych wyjściowych oraz symbole nowo utworzonych zmiennych.

Ze względu na małą liczbę danych w poszczególnych kategoriach, dokonano podziału lat budowy jedynie na dwie kategorie (mieszkania wybudowane do 1960 r. oraz po 1960 r.). Liczbę kondygnacji również podzielono na dwie kategorie. Podział na liczbę kondygnacji miał na celu dyskryminację grupy mieszkań w blokach niskich (tj. do 5 kondygnacji) oraz mieszkań w tzw. wieżowcach (powyżej 5 kondygnacji). Ze względu na to, że mieszkania powyżej 90-100 m^2 powierzchni stanowią niewielką część zasobu (niecałe 5%) oraz są traktowane jako bardzo duże (odstające), postanowiono zastosować trzy kategorie zmiennej: mieszkania małe (do 40 m^2), średnie (40-60 m^2) oraz duże (powyżej 60 m^2). W uwagi na fakt, że często kategorie technologii budowy tradycyjnej oraz tradycyjnej udoskonalonej są traktowane przez respondentów bez rozróżniania, postanowiono technologię tradycyjną i tradycyjną udoskonaloną zgrupować jako jedną. Drugą grupę w technologii budowy stanowi technologia prefabrykowana (tzw. wielka płyta).

Pozostałe rodzaje technologii stanowią bardzo niewielki odsetek i zostały usunięte ze zbioru danych. Liczbę pokoi podzielono na mieszkania jedno-, dwu- oraz trzypokojowe i większe. Dodatkowo zastosowano zmienną, która dzieli mieszkania na duże (trzypokojowe i większe) oraz pozostałe (jedno- i dwupokojowe). Zastosowano także zmienne interakcyjne. Ze względu na to, że zmienna ocena położenia jest interpretowana w sposób subiektywny, zastosowano zmienną ocenę położenia podzieloną na dwie kategorie: korzystna i niekorzystna (wyeliminowano przeciętną). W przypadku zmiennej kuchnia zastosowano zmienne interakcyjne w celu poprawienia własności diagnostycznych modelu.

3. Wyniki estymacji modeli ofertowych oraz transakcyjnych

Na bazie danych przygotowanych według schematu w rozdziale 2, opracowano modele regresyjne dla danych cen ofertowych oraz cen transakcyjnych nieruchomości mieszkaniowych. Z uwagi na prawoskośność rozkładu kształtowania się cen, przy budowie wspomnianych modeli decyzyjnych zmienną zależną (cena metra kwadratowego) przekształcono przez jej logarytmowanie. Wyniki estymacji KMNK dla cen ofertowych przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Model 1: Estymacja KMNK. Zmienna zależna: ln(cena m^2).
Błędy standardowe parametrów według odpornej heteroskedastyczności, wariant HC1

	Współczynnik	**Błąd stand.**	***t*-Studenta**	**Wartość *p*[13]**
Stała	5,18172	1,42496	3,6364	0,00044
Liczba kondygnacji	–0,00309211	0,00452429	–0,6834	0,49595
Trzy i więcej pokoi	–0,0367591	0,0303442	–1,2114	0,22868
Kuchnia – aneks	0,0748351	0,0286066	2,6160	0,01032
Ocena lokalizacji niekorzystna	–0,0109673	0,0335038	–0,3273	0,74411
Ocena położenia korzystna	0,0246123	0,0316621	0,7773	0,43885
Ocena położenia przeciętna	0,0397853	0,0275332	1,4450	0,15168
Do 40 m^2	0,0845003	0,0426984	1,9790	0,05065
Powyżej 60 m^2	–0,0271273	0,0250688	–1,0821	0,28189
Rok budowy	0,00158874	0,000719164	2,2091	0,02952
Standard wykończenia wysoki	0,0767351	0,0272259	2,8185	0,00585
Standard wykończenia niski	–0,106642	0,0267399	–3,9881	0,00013
Technologia tradycyjna i tradycyjna udoskonalona	0,0388238	0,0310244	1,2514	0,21380
Średn. aryt. zm. zależnej	8,321411	Odch. stand. zm. zależnej		0,150694
Suma kwadratów reszt	1,336433	Błąd standardowy reszt		0,117378
Wsp. determ. *R*-kwadrat	0,460081	Skorygowany *R*-kwadrat		0,393287
		Wartość *p* dla testu *F*		4,10e-11

Ź r ó d ł o: obliczenia własne.

Zmienna trzypokojowe i większe odnosi się do wszystkich pozostałych mieszkań, a więc jedno- i dwupokojowych. Współczynnik przy tej zmiennej pokazuje, o ile przeciętnie metr dużego mieszkania jest tańszy od metra pozostałych mieszkań. W przypadku zastosowania zmiennych: jednopokojowe, dwupokojowe oraz trzypokojowe i większe, znaki oszacowanych współczynników nie były prawidłowe. Kuchnia typu aneks odnosi się jedynie do kuchni widnej, gdyż mieszkania z kuchnią ciemną stanowią bardzo mały odsetek i zostały usunięte na etapie przygotowywania danych. Ocena położenia odnosi się do trzeciej kategorii, a więc mało korzystnej. Zastosowanie nowej zmiennej: ocena położenia korzystna, poprawia R^2, ale dopiero na trzecim miejscu po przecinku. Zmienne kategoryzujące powierzchnię odnoszą się do mieszkań przeciętnych (średnich) w bazie,

[13] Graniczny poziom istotności.

a więc do tych, które mają od 40 do 60 m^2 powierzchni użytkowej. Zastosowanie zmiennej powierzchnia i powierzchnia do kwadratu nieco pogarsza parametry jakościowe modelu. Standard wykończenia odnosi się do wartości przeciętnej tej zmiennej. W przypadku zmiany bazy na inną zmienną związaną ze standardem wykończenia, współczynniki przy tych zmiennych charakteryzują się tym, że ich znaki mają wartości nielogiczne. Technologie tradycyjna i tradycyjna udoskonalona połączono w jedną kategorię, a bazą, do której są odnoszone, są mieszkania budowane w technologii prefabrykowanej. Przy zmiennej ocena lokalizacji zostały tylko dwie kategorie: przeciętna i korzystna. Mieszkania położone w mało korzystnej lokalizacji zostały usunięte podczas eliminacji danych odstających. Zastosowanie zmiennej prawo do lokalu nie wpływa znacząco na poprawę modelu.

Tabela 4. Model 2: Estymacja KMNK. Zmienna zależna: ln(cena m^2).
Błędy standardowe parametrów według odpornej heteroskedastyczności, wariant HC1

	Współczynnik	**Błąd stand.**	***t*-Studenta**	**Wartość *p*[14]**
Stała	8,0678	0,0716268	112,6367	< 0,00001
Standard wykończenia wysoki	0,14999	0,0486074	3,0857	0,00671
Standard wykończenia niski	–0,136003	0,0375754	–3,6195	0,00212
Powyżej 1960	0,257885	0,039212	6,5767	< 0,00001
Duże własnościowe	–0,133653	0,079594	–1,6792	0,11140
Mieszkania na parterze	–0,144402	0,0606097	–2,3825	0,02914
Mieszkania na pierwszym piętrze	0,186005	0,0490225	3,7943	0,00145
Do 40 m^2	0,175097	0,0405877	4,3140	0,00047
Powyżej 60 m^2	–0,0782216	0,049593	–1,5773	0,13316
Liczba kondygnacji	–0,0114018	0,00679355	–1,6783	0,11157
Średn. aryt. zm. zależnej	8,221660	Odch. stand. zm. zależnej		0,156977
Suma kwadratów reszt	0,110353	Błąd standardowy reszt		0,080569
Wsp. determ. *R*-kwadrat	0,827758	Skorygowany *R*-kwadrat		0,736571
		Wartość *p* dla testu *F*		1,73e-08

Ź r ó d ł o: obliczenia własne.

Test RESET na specyfikację modelu ofertowego, zakłada hipotezę zerową, wyrażoną zależnością (3). Statystyka testu wyniosła: $F = 1{,}05966$ z wartością $p = 0{,}350634$. Dokonując oceny współliniowości *VIF*, otrzymano dla wszystkich zmiennych wartości z przedziału ⟨1,32; 2,49⟩.

[14] Graniczny poziom istotności.

Drugim oszacowanym modelem był model cen transakcyjnych. Wyniki estymacji KMNK dla cen transakcyjnych przedstawiono w tabeli 4.

Zmienna powierzchnia także mogłaby być zastosowana w tym modelu zamiast zmiennych skategoryzowanych, jednak model jest nieco lepszy ze zmiennymi binarnymi. Kwadrat powierzchni także był brany pod uwagę, ale jego zastosowanie trochę pogarsza parametry modelu, a sam współczynnik jest nieistotny statystycznie. Standard wykończenia jest odnoszony do przeciętnego, stan surowy został pominięty w modelowaniu i usunięty z danych. Lata budowy zostały podzielone na dwie kategorie. Zastosowanie zmiennej rok budowy jako zmiennej ciągłej powoduje pogorszenie modelu, więc zdecydowano o pozostawieniu zmiennej skategoryzowanej.

Zmienne dotyczące piętra zostały zastosowane ze względu na poprawę parametrów modelu. Wprowadzanie kolejnych zmiennych nie poprawia modelu, a często powoduje jego pogorszenie. W przypadku kiedy wprowadzenie kolejnej zmiennej powoduje poprawę modelu, najczęściej przy jednej lub dwóch zmiennych, interpretacja logiczna znaków przestaje być sensowna.

Test RESET na specyfikację modelu ofertowego, zakłada hipotezę zerową, wyrażoną zależnością (3). Statystyka testu F wynosiła 1,61632 z wartością $p = 0{,}231374$. Dokonując oceny współliniowości *VIF*, otrzymano dla wszystkich zmiennych wartości z przedziału $\langle 1{,}54; 2{,}90 \rangle$.

Podsumowanie

Podsumowując opracowane modele (ofertowy oraz transakcyjny), możemy wnioskować, że oszacowane współczynniki przy modelu transakcyjnym są wyższe przy zmiennych, które zostały wykorzystane także w modelu ofertowym. Różnica może wynikać z tego, iż oba modele zostały oszacowane na dwóch zasadniczo różniących się od siebie liczebnością danych. O ile wyższe parametry ze znakiem ujemnym w modelu transakcyjnym mogą pokazywać negocjacje, o tyle wyższe wartości oszacowanych współczynników dodatnich mogą jedynie informować o tym, że dane zmienne są niedoszacowane w przypadku modelu ofertowego lub przeszacowane w modelu transakcyjnym.

W dalszym etapie badawczym podjęta zostanie próba ponownego przeprowadzenia procesu badawczego z wykorzystaniem modelu na bazie funkcji translogarytmicznej (ang. *translog model*).

Zbudowany model może być stosowany jako narzędzie wspomagające podjęcie trafnych decyzji inwestycyjnych zarówno przez deweloperów, jak i indywidualnych sprzedających.

Literatura

Aczel A.D., *Statystyka w zarządzaniu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.

Gruszczyński M, Kuszewski T., Podgórska M., *Ekonometria i badania operacyjne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009.

Mach Ł., *Aproksymacja zjawisk rynkowych narzędziem wspomagającym podejmowania decyzji*, red. R. Knosala, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, t. 2, Opole 2009.

Mach Ł., *Modelowanie logitowe narzędziem wspomagającym podejmowanie decyzji na rynku nieruchomości mieszkaniowych*, w: *Prognozowanie w zarządzaniu firmą*, red. P. Dittmann, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2010.

Mach Ł., *Zastosowanie analizy dyskryminacyjnej i sieci neuronowych w procesie oceny możliwości zbycia nieruchomości mieszkaniowych*, w: *Prognozowanie w zarządzaniu firmą*, red. P. Dittmann, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław (w druku).

Maddala G.S., *Ekonometria*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008.

Stanisz A., *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem Statistica PL na przykładach z medycyny*, t. 2, *Modele liniowe i nieliniowe*, Statsoft, Kraków 2007.