



**POLITECHNIKA  
OPOLSKA**

# **PRZEGLĄD NAUK STOSOWANYCH**

pod redakcją  
Łukasza Macha

nr **14**

Wydział Ekonomii i Zarządzania  
Opole, 2017

**PRZEGLĄD NAUK STOSOWANYCH**  
**Nr 14**

**WYBRANE PROBLEMY**  
**RYNKU NIERUCHOMOŚCI**

ISSN 2353-8899

## Przegląd Nauk Stosowanych Nr 14

Redakcja: Łukasz Mach

Wszystkie artykuły zostały ocenione przez dwóch niezależnych recenzentów

All contributions have been reviewed by two independent reviewers

Komitet Naukowy czasopisma:

dr hab. Mariusz Zieliński (przewodniczący)

dr inż. Małgorzata Adamska, dr hab. Maria Bernat, dr Ewa Golbik-Madej,  
dr hab. Izabela Jonek-Kowalska, dr inż. Brygida Klemens, dr hab. Barbara Kryk,  
dr Małgorzata Król, dr hab. Aleksandra Kuzior, prof. dr hab. Krzysztof Malik,  
dr hab. Mirosława Michalska-Suchanek, Roland Moraru, PhD. Prof. (Rumunia),  
doc. PhDr. Michal Oláh PhD (Słowacja), Volodymyr O. Onyshchenko, Ph.D. Prof. (Ukraina),  
dr hab. Kazimierz Rędziński, dr Alina Rydzewska, dr hab. Brygida Solga,  
dr inż. Marzena Szewczuk-Stępnień, dr hab. Urszula Szuścik,  
doc. PhDr. ThDr. Pavol Tománek, PhD (Słowacja), PhDr. Jiří Tuma, PhD (Republika Czeska),  
dr hab. inż. Janusz Wielki

Komitet Redakcyjny:

dr hab. Mariusz Zieliński (przewodniczący)

dr inż. Małgorzata Adamska, dr hab. Maria Bernat, prof. dr hab. Krzysztof Malik,  
dr hab. inż. Janusz Wielki, dr inż. Magdalena Ciesielska (sekretarz)

Recenzenci:

Grzegorz Ginda, Gabriel Główka, Mariusz Kubus, Jacek Łaszek, Marcin Łuszczuk, Łukasz Mach,  
Krzysztof Malik, Krzysztof Olszewski, Izabela Rącka, Agnieszka Stanimir,  
Maria Trojanek, Mariusz Zieliński.

Copyright by Politechnika Opolska 2017

Projekt okładki: Krzysztof Kasza

Opracowanie graficzne: Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej

Wydanie I, 2017 r.

ISSN 2353-8899

## Spis treści

<b>Łukasz MACH</b> SŁOWO WSTĘPNE . . . . .	5
<b>Anna JANCZ, Izabela RĄCKA</b> PERSPEKTYWY ROZWOJU BUDOWNICTWA MIESZKANIOWEGO DLA SENIORÓW W POLSCE W OPINII OSÓB MŁODYCH . . . . .	7
<b>Tomasz ZAWADZKI, Katarzyna SUSZYŃSKA</b> FORMY ZARZĄDZANIA STACJAMI PALIW W POLSCE . . . . .	20
<b>Beata LEWICKA</b> FINANCIALIZATION OF THE HOMEOWNERS – NECESSITY OR CAPRICE? THE EXAMPLE OF REVERSE MORTGAGE BORROWERS IN THE UNITED STATES. . . . .	35
<b>Sebastian KOKOT</b> KILKA UWAG O PROJEKCIE USTAWY O PRZEKSZTAŁCENIU WSPÓŁUŻYTKOWANIA WIECZYSTEGO GRUNTÓW ZABUDOWANYCH NA CELE MIESZKANIOWE WE WSPÓŁWŁASNOŚĆ GRUNTÓW . . . . .	46
<b>Leszek DAWID</b> CHARAKTERYSTYKA RYNKU NIERUCHOMOŚCI MIESZKALNYCH I ICH WYCEN Z LAT 2010–2015 NA PRZYKŁADZIE GMINY MIELNO .	56
<b>Sabina KŁOSA, Agata OLECHNOWICZ</b> ZMIANY NA RYNKU NIERUCHOMOŚCI W OPOLU W LATACH 2005-2015 . . . . .	72
<b>Arkadiusz KUŚWIK</b> PROCES BUDOWY MODELU EKONOMETRYCZNEGO I PROGNOZA CEN MIESZKAŃ W KĘDZIERZYNIE-KOŻŁU . . . . .	90
<b>Łukasz MIKOŁAJCZYK</b> PODZIAŁ MIAST WOJEWÓDZKICH NA JEDNORODNE GRUPY POD WZGLĘDEM ICH LOKALNYCH RYNKÓW NIERUCHOMOŚCI PRZY WYKORZYSTANIU ANALIZY SKUPIEŃ. . . . .	106
<b>Krzysztof MALIK</b> RECENZJA MONOGRAFII NAUKOWEJ PT. <i>METODY ILOŚCIOWE W BADANIACH EKONOMICZNYCH</i> POD. RED. ŁUKASZA MACHA OFICyna WYDAWNICZA POLITECHNIKI OPOLSKIEJ, OPOLE 2016 . . . . .	119



## SŁOWO WSTĘPNE

Czternasty numer kwartalnika *Przegląd Nauk Stosowanych* ma charakter monograficzny, prezentujący aktualny dorobek naukowy w obszarze rynku nieruchomości. W bieżącym numerze zostały zaprezentowane badania realizowane w ośmiu polskich ośrodkach akademickich, takich jak: Politechnika Koszalińska, Politechnika Opolska, Uniwersytet Szczeciński, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Uniwersytet Marii Curie Skłodowskiej w Lublinie, Uniwersytet Gdański, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Kaliszu oraz Wyższa Szkoła Bankowa we Wrocławiu. Wspólną płaszczyzną prezentowanych artykułów jest rynek nieruchomości i jego aktualne dylematy w wymiarze społeczno-ekonomicznym, prawnym jak i stosowanej inżynierii obliczeniowej służącej jego parametryzacji.

Pierwszy z artykułów porusza problematykę budownictwa mieszkaniowego dla seniorów, a jego cel to poznanie opinii osób młodych na temat rozwoju tego segmentu rynku (senior housing). W artykule zaprezentowano typy budownictwa przystosowanego do zamieszkania przez osoby starsze, a w procesie badawczym dokonano parametryzacji informacji na temat wiedzy ludzi młodych w obszarze senior housingu. Sprawdzono również, jak ludzie młodzi wyobrażają sobie przyszłe warunki mieszkaniowe bliskich im osób oraz jakie mają preferencje w zakresie własnej sytuacji mieszkaniowej w wieku starszym.

Prezentacja możliwych form zarządzania stacjami paliw, jako jednej z kategorii nieruchomości specjalnego przeznaczenia, to temat drugiego artykułu. Zaprezentowano w nim charakterystykę krajowego rynku stacji paliw pod względem wielkości, struktury własności, cen, wolumenu sprzedaży, a także kosztu inwestycji. Niewątpliwym walorem tego artykułu jest jego wymiar praktyczny, który w wielu miejscach odnosi się do realnych problemów decyzyjnych w zakresie zarządzania stacjami paliw.

Kolejnym problemem poruszonym w bieżącym numerze kwartalnika jest aspekt finansjalizacji posiadaczy mieszkań, który zaprezentowano na przykładzie kredytobiorców korzystających z odwróconej hipoteki. Celem badań przeprowadzonych w trzecim artykule jest znalezienie odpowiedzi na pytanie, dlaczego właściciele mieszkań decydują się na wykorzystanie odwróconej hipoteki, która z jednej strony ma stanowić formę wsparcia senioralnych gospodarstw domowych, a z drugiej finansjalizuje jeden z najcenniejszych aktywów jakim jest mieszkanie?

Artykuł czwarty dotyczy prawnej analizy projektu ustawy o przekształceniach współużytkowania wieczystego gruntów zabudowanych na cele mieszkaniowe we współwłasność gruntu. Jak wskazuje Autor artykułu, funkcjonowanie użytkownika wieczystego od dawna budzi kontrowersje. Mimo, iż regulacje dotyczące tej formy władania nieruchomościami były wielokrotnie nowelizowane i zmieniane, w dalszym ciągu nie jest to instytucja ciesząca się uznaniem społecznym. Aktualnie trwają prace nad kolejną ustawą przekształcającą użytkowa-

nie wieczyste w prawo własności. W artykule dokonano merytorycznej i formalno-prawnej analizy zasadniczych problemów związanych z zagadnieniami mającymi stanowić przedmiot wspomnianej regulacji.

Kolejny artykuł prezentuje charakterystykę rynku nieruchomości mieszkaniowych i ich wycen na przykładzie gminy Mielno. Autor w niniejszym opracowaniu charakteryzuje rynek nieruchomości lokalowych o funkcji mieszkalnej na podstawie danych uzyskanych z rejestru cen, jednocześnie dokonując analizy ich kompletności. W podsumowaniu artykułu przedstawiono wnioski pozwalające na prezentację syntetycznej charakterystyki badanego rynku.

W artykule szóstym zaprezentowano opis zmian jakie miały miejsce na rynku nieruchomości w mieście Opolu. Prezentowana analiza została opracowana dla trzech obszarów badawczych. Pierwszym z nich była ogólna charakterystyka opolskiego rynku nieruchomości, drugim analiza cen na rynku, natomiast trzecim charakterystyka rynku kredytów mieszkaniowych.

Ostatnie dwa artykuły wpisują się w problematykę zastosowania metod ilościowych w analizie rynku nieruchomości. Pierwszy z artykułów przedstawia proces budowy modelu ekonometrycznego na przykładzie rynku nieruchomości mieszkaniowych, a jego cel szczegółowy polega na określeniu użyteczności przydatności modelowania ekonometrycznego do szacunku wartości mieszkań. Autor wykorzystuje w tym celu transakcje odnotowane na lokalnym rynku nieruchomości mieszkaniowych. Drugi z artykułów, wykorzystujący metody ilościowe w analizie rynku nieruchomości, opisuje zastosowanie analizy skupień do określenia jednorodnych grup miast wojewódzkich. Realizując badania szczegółowo opisano proces grupowania lokalnych rynków nieruchomości, dokonano podziału miast wojewódzkich na grupy jednorodne, wykonano opisową, a także statystyczną analizę utworzonych grup.

Szeroki przegląd dorobku naukowego reprezentantów ośmiu ośrodków akademickich w obszarze rynku nieruchomości, stanowi zarówno przydatne narzędzie praktyczne jak i pozwala na ustalenie kierunków dobrych prac teoretycznych.

*Łukasz Mach*

Arkadiusz KUŚWIK

## PROCES BUDOWY MODELU EKONOMETRYCZNEGO I PROGNOZA CEN MIESZKAŃ W KĘDZIERZYNIE-KOŹLU

**Streszczenie:** Artykuł przedstawia proces budowy modelu ekonometrycznego na przykładzie rynku nieruchomości. Celem artykułu jest określenie przydatności modelu ekonometrycznego jako narzędzia szacunku wartości mieszkań w Kędzierzynie-Koźlu. W trakcie badań autor odpowiada na pytanie jakie czynniki determinują cenę mieszkań. Do stworzenia modelu wykorzystano dane historyczne dotyczące transakcji mieszkań. Zebrane informacje obejmują okres od 20 marca 2012 r. do 27 lutego 2015 r. Zbudowany model został zweryfikowany pod względem jego praktycznego wykorzystania. Na podstawie modelu dokonano predykcji cen mieszkań w celu określenia wielkości błędu ex post w relacji prognozy do ceny rzeczywistej.

**Słowa kluczowe:** model ekonometryczny, prognoza, rynek nieruchomości.

### THE PROCESS OF BUILDING AN ECONOMETRIC MODEL AND FORECAST OF HOUSING PRICES IN KEDZIERZYN-KOZLE

**Summary:** The article describes the process of building an econometric model on the basis of the example of the real estate market. The aim of this article is to determine the usefulness of an econometric model as a tool to estimate the value of dwellings in Kedzierzyn-Kozle. During the study author answers the question of what factors determine the price of dwellings. Historical data concerning housing transactions was used to create the model. The obtained information covers the period from 20<sup>th</sup> March 2012 to 27<sup>th</sup> February 2015. The constructed model has been validated in terms of its practical use. Predictions of having prices were taken on the basis of the model in order to determine the size of the ex post error in relation forecast to an actual price.

**Keywords:** econometric model, forecast, real estate market.

### 1. WSTĘP

Struktura rynku nieruchomości jest bardzo specyficzna, ponieważ jest ściśle powiązana z szeroko rozumianym otoczeniem, które jest dynamiczne i niejednokrotnie trudne do przewidzenia [Ewa Kucharska-Stasiak 2008: 39]. Odpowiednie obserwacje i analiza danych na rynku nieruchomości pozwalają na minimalizowanie ryzyka związanego z inwestycjami mieszkaniowymi. Ryzyko to dotyczy zarówno przedsiębiorstw działających w branży deweloperskiej jak i indywidualnych nabywców. Związki zachodzące pomiędzy zjawiskami ekonomicznymi są bardzo często skomplikowane, a niejednokrotnie wzajemnie zespo-



lone [Kukuła 2009: 15], wykorzystanie modeli ekonometrycznych pozwala na lepsze zrozumienie zjawisk definiujących aspekty gospodarcze w podejściu mikro-, jak i makroekonomicznym. Poprawnie zbudowany model może z powodzeniem mieć zastosowanie na rynku nieruchomości ponieważ pozwala na dokładniejsze odzwierciedlenie rzeczywistej wartości mieszkań.

Trudność w określeniu wartości mieszkań wynika przede wszystkim z ich heterogeniczności tzn. nie istnieją dokładnie dwa takie same mieszkania nawet w przypadku rynku deweloperskiego (inne nasłonecznienie mieszkania, widok z okna, sąsiedzi itp.). Nawet najbardziej podobne do siebie lokale będą się różnić przynajmniej lokalizacją [Trojanek 2010: 119]. Co więcej wskazanie różnic jakościowych jest często kwestią subiektywną.

Najprostszą i prawdopodobnie najczęściej stosowaną metodą określenia wartości mieszkania jest próba odniesienia jego wartości na zasadach benchmarkingu, czyli porównania wartości z relatywnie podobnymi lokalami. Jest to jednak narzędzie wysoce niedokładne, opierające się przede wszystkim na intuicji kupującego lub sprzedającego. Metoda ta zazwyczaj nie uwzględnia wszystkich zmiennych kluczowych do porównania, a w ostateczności daje duże możliwości negocjacji ceny ze względu na niepewność co do rzeczywistej wartości mieszkania.

Należy zaznaczyć, że określenie dokładnej wartości mieszkania jest właściwie niemożliwe. Na rozwiniętych rynkach nieruchomości wykorzystuje się kilka popularnych metod wyceny, do których należy przede wszystkim autorska opinia rzeczoznawcy czyli operat szacunkowy zgodnie z ustawą o gospodarce nieruchomościami [Dz. U. z 2004 r. Nr 261, poz. 2603 z późn. zm.].

W innych metodach wyceny mieszkań wykorzystuje się badania ilościowe w tym modele decyzyjne oparte m.in. o budowę sztucznych sieci neuronowych [Mazur-Dudzińska, 2014: 381-388], modele logitowe [Batóg, Foryś, 2011: 34-48, Mach, 2010:106-113], a także z użyciem funkcji hedonicznej [Tomczyk, Wiślak, 2010: 99-128].

Przełóżając literaturę związaną z rynkiem nieruchomości łatwo dotrzeć do danych odnoszących się do miast wojewódzkich oraz innych największych miast w Polsce<sup>23</sup>. Znacznie rzadziej dostępne są dane powiązane z mniejszymi miastami ze względu na ograniczoną możliwość pozyskania informacji czego przyczyną jest relatywnie niski popyt i podaż lokali mieszkaniowych.

W niniejszym artykule autor podejmuje próbę stworzenia funkcji ceny transakcyjnej mieszkań w Kędzierzynie-Koźlu z wykorzystaniem regresji wielorakiej. Wyznaczono czynniki kształtujące cenę w celu określenia przydatności modelu ekonometrycznego jako narzędzia szacunku ceny mieszkań. Autor badania odpowiada na pytanie jakie czynniki determinują cenę mieszkań oraz czy są czynnikami istotnymi. Na podstawie finalnego modelu decyzyjnego przeprowadzono predykcję cen mieszkań. Dla realizacji celu artykułu wykorzystano dane pozy-

---

<sup>23</sup> Cykliczne publikacje NBP

skane za zgodą Wydziału Geodezji, Kartografii, Katastru i Nieruchomości w Kędzierzynie-Koźlu. Zebrane informacje obejmują okres od 24 września 2012 r do 27 lutego 2015 r i stanowią łącznie 247 transakcji mieszkaniowych.

## 2. METODOLOGIA BADAWCZA

Proces tworzenia modelu ekonometrycznego został przeprowadzony zgodnie z przyjętą praktyką oraz zasadami estymacji, a także weryfikacji poprawności modelu. Wszystkie poszczególne kroki budowy modelu wymagają rzetelnego podejścia, a także braku oczekiwań autora badania co do określonych wyników. Błędna realizacja poszczególnych procesów rzutuje na jakość otrzymanego modelu, a tym samym wpływa na kierunek i precyzję wnioskowania [Kukuła 2009: 20]. Budowa modelu została przeprowadzona zgodnie z algorytmem postępowania przedstawionym na rysunku 1.

Proces badawczy rozpoczęto od ustalenia celu i zakresu badań, a następnie zebrania danych dotyczących cen transakcyjnych mieszkań w Kędzierzynie-Koźlu. Następstwem tego procesu było wyznaczenie zmiennych objaśniających cenę, a także oceniono rozkłady tych zmiennych, spośród których zostały usunięte te, które miały nietypowy charakter (wyraźnie odstawały od pozostałych). Zebranych zmiennym o charakterze jakościowym zostały przypisane wartości liczbowe systemem binarnym w celu możliwości ich dalszego opracowania.

Estymacja parametrów modelu została przeprowadzona za pomocą metody najmniejszych kwadratów reszt. Główną przesłanką dla takiego rozwiązania są korzystne właściwości uzyskanych estymatorów tj. nieobciążoność, zgodność, efektywność oraz liniowość [Dudek 2007: 33].

Oszacowane równanie zostało poddane weryfikacji względem spełnienia warunków poprawnej budowy modelu. Weryfikacja modelu uwzględniła skorygowany współczynnik determinacji ( $R^2$ ), informujący o stopniu wyjaśnienia badanej zmiennej przez funkcję, a także określono czy występuje zjawisko współliniowości zmiennych objaśniających VIF (ang.: Variance Inflation Factor) [O'Brien 2007: 674] według wzoru:

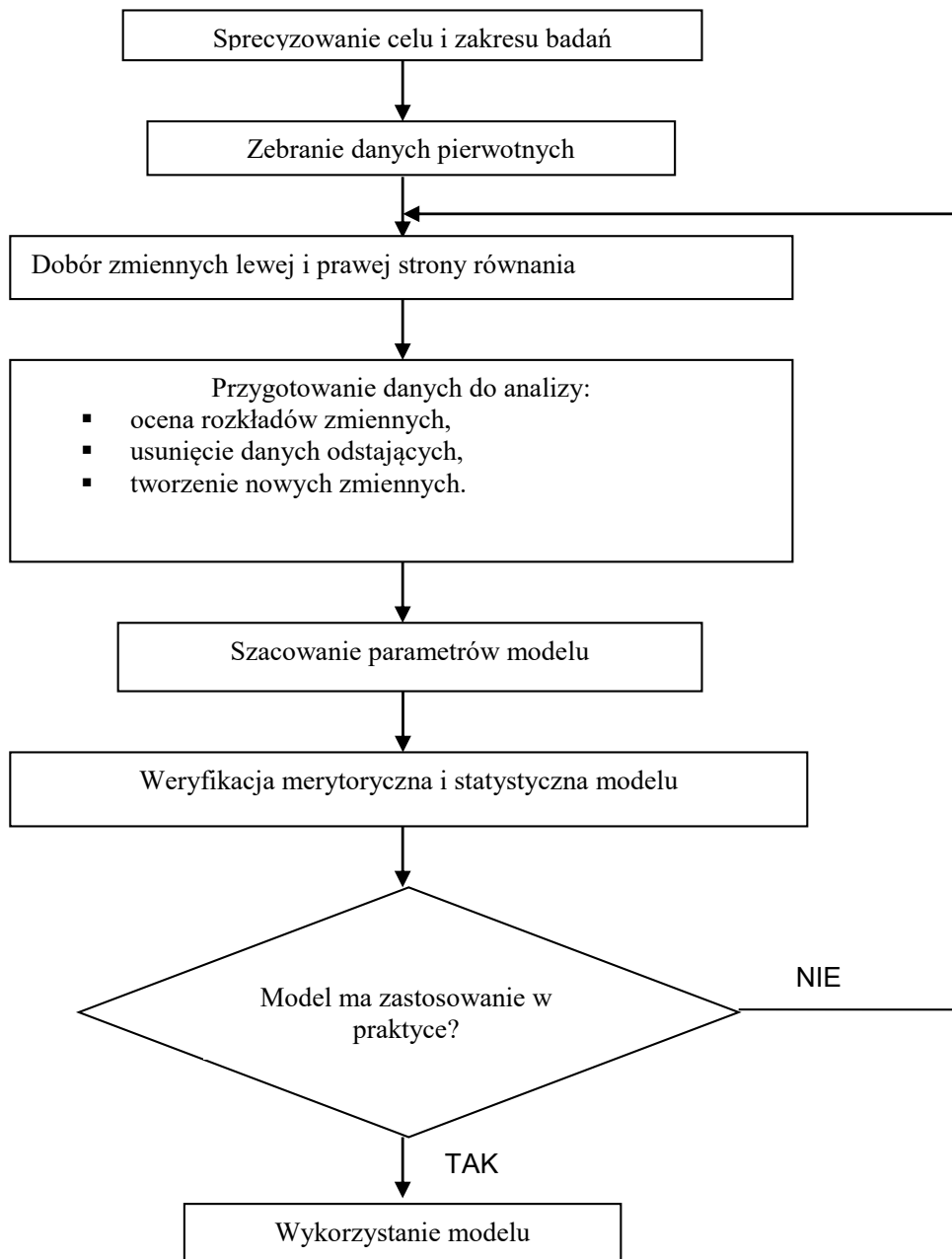
$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2}$$

gdzie:

$R_j^2$  jest współczynnikiem korelacji wielorakiej pomiędzy zmienną  $X_j$ , a pozostałymi zmiennymi w modelu.

Zostało przyjęte założenie, że jeżeli  $VIF_j > 10$  to pomiędzy zmiennymi objaśniającymi występuje współliniowość wykluczająca praktyczne wykorzystanie modelu.

Rysunek 1. Algorytm procesu badawczego



Źródło: opracowanie własne na podstawie [Mach 2011: 293].

Sprawdzono poprawność znaków przy oszacowanych parametrach dla potwierdzenia ich zgodności z teorią, a także przeprowadzono ocenę normalności rozkładu reszt. Wykorzystując test White'a [White 1980: 817-838] przeanalizowano homoskedatyczność reszt, czyli czy reszty modelu mają najmniejszą wariancję, są liniowe względem zmiennej zależnej oraz czy nie są obciążone systematycznym błędem.

Weryfikacja funkcji uwzględniła miarę dopasowania modelu do danych empirycznych poprzez miarę współczynnika zmienności resztowej ( $V_e$ ) tj. ilorazu błędu standardowego reszt oraz średniej arytmetycznej zmiennej zależnej [Kukuła 2009: 52-53].

$$V_e = \frac{S_e}{y} * 100\%$$

Współczynnik ten informuje jaki błąd względny zostanie popełniony przy wykorzystaniu równania. Autor badania określił akceptowalny błąd graniczny na poziomie nie większym niż 5%.

Poziom istotności ( $p$ ), wyznaczającego granicę dopuszczalnego prawdopodobieństwa popełnienia błędu I rodzaju [Maddala 2006: 62], czyli prawdopodobieństwo odrzucenia poprawnej hipotezy ustalono na poziomie  $p < 0,05$ .

Wykorzystano test RESET (Regression Specification Error Test) dla sprawdzenia poprawności specyfikacji modelu tj. określenia poprawności doboru zmiennych oraz postaci funkcyjnej.

Na podstawie modelu wyróżniono zmienne mające wpływ na badaną cechę oraz zaprognozowano przykładowe ceny mieszkań.

### 3. REALIZACJA PROCESU BADAWCZEGO

Proces budowy modelu ekonometrycznego został przeprowadzony na podstawie danych transakcyjnych mieszkań w Kędzierzynie-Koźlu. Niezbędne informacje do przeprowadzenia badań zostały pozyskane za zgodą Wydziału Geodezji, Kartografii, Katastru i Nieruchomości w Kędzierzynie-Koźlu i obejmują okres od 20 marca 2012 r. do 27 lutego 2015 r. Dane stanowią łącznie 247 transakcji mieszkaniowych (wolny rynek, sprzedaż przetargowa oraz bezprzetargowa). Dla realizacji budowy modelu wykorzystano zmienne charakterystyczne dla rynku nieruchomości. Nie uwzględniono zmiennych o charakterze makroekonomicznym (poziom inflacji, wysokość stóp procentowych, wskaźnik jakości życia etc.) oraz demograficznych (liczba mieszkańców, efekt dziedziczenia mieszkań, migracje etc.).

We wstępnym etapie procesu badawczego zostały ustalone następujące zmienne objaśniające:

- powierzchnia mieszkania w  $m^2$  -  $[X_1]$ ,
- liczba izb -  $[X_2]$ ,
- piętro, na którym znajduje się mieszkanie -  $[X_3]$ ,
- liczba pięter znajdująca się w budynku -  $[X_4]$ ,

- rok powstania budynku (w zaokrągleniu do roku 1930, 1950, 1970 oraz 2000) -  $[X_5]$ ,
- wykorzystana technologia budowy (tradycyjna, prefabrykowana, tradycyjna udoskonalona) -  $[X_6]$ ,
- przynależność piwnicy -  $[X_7]$ ,
- dzielnica w jakiej znajduje się mieszkanie (korzystna, przeciętna, niekorzystna) -  $[X_8]$ ,
- cena metra kwadratowego mieszkania -  $[X_9]$ ,
- kwartał transakcji -  $[X_{10}]$ .

Zmienną zależną została uznana cena mieszkania –  $[Y]$ . Zmienna  $X_{10}$  nie zostanie wykorzystana w modelu lecz posłuży jako pomoc do usunięcia zmiennych odstających. Do takich samych celów posłużyło utworzenie sztucznej zmiennej  $X_9$ .

Zgodnie z przedstawionymi informacjami funkcja ceny mieszkania  $f(Y)$  przyjmie postać:

$$f(Y) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$$

gdzie:

$\beta$  – parametry modelu opisujące siłę wpływu zmiennych na zmienną objaśnianą,

$X$  – zmienna niezależna,

$\varepsilon$  – wartość składnika losowego.

Wszystkie pozyskane dane zweryfikowano pod względem występowania obserwacji nietypowych. W tym celu pozostawiono tylko te obserwacje, które mieściły się w przedziale +/- jednego odchylenia standardowego od wartości średniej.

Tabela 1. Potencjalne zmienne, usunięte obserwacje oraz zakresy wartości nieodstających

zmienna	liczba usuniętych obserwacji	zakres wartości nieodstających
$X_1$	23	$\langle 30,59; 79,77 \rangle$
$X_2$	1	$\langle 1, 5 \rangle$
$X_3$	0	$\langle 0, 9 \rangle$
$X_4$	0	$\langle 1, 11 \rangle$
$X_5$	0	1930, 1950, 1970 i 2000

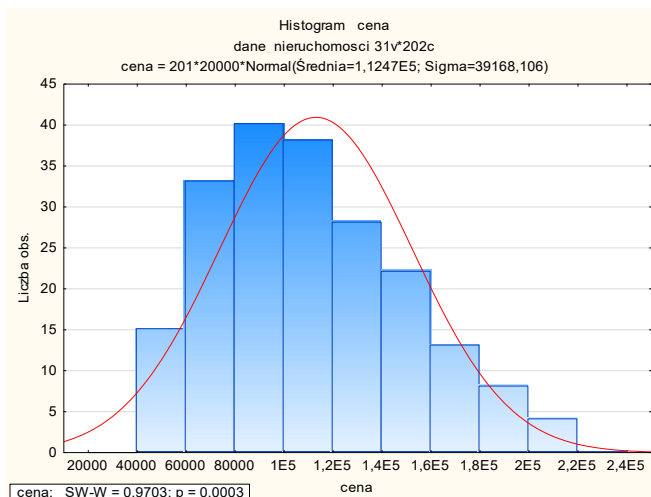
zmienna	liczba usuniętych obserwacji	zakres wartości nieodstających
$X_6$	0	tradycyjna, prefabrykowana, tradycyjna udoskonalona
$X_7$	0	1/0
$X_8$	0	korzystna, przeciętna, niekorzystna
$X_9$	18	<1237,78; 3349,43>
$X_{10}$	1	20.03.2012 – 27.02.2015
$Y$	4	<40,500; 215000>
usunięte obserwacje (łącznie)		46
pozostawione obserwacje		201

Zródło: opracowanie własne.

Zgodnie z podejrzeniami wśród danych pojawiły się zarówno wartości błędne o charakterze technicznym (data) oraz te, których wartości mocno odbiegały od wartości średniej. Stosownie z metodologią, wartości te zostały usunięte. Nie stwierdzono występowania duplikatów. Wysoka liczba obserwacji nietypowych w przypadku zmiennych *powierzchnia mieszkania w m<sup>2</sup>* oraz *cena metra kwadratowego* mogły wyraźnie zniekształcić linię regresji, tym samym zmieniając siłę i kierunek oszacowanych parametrów.

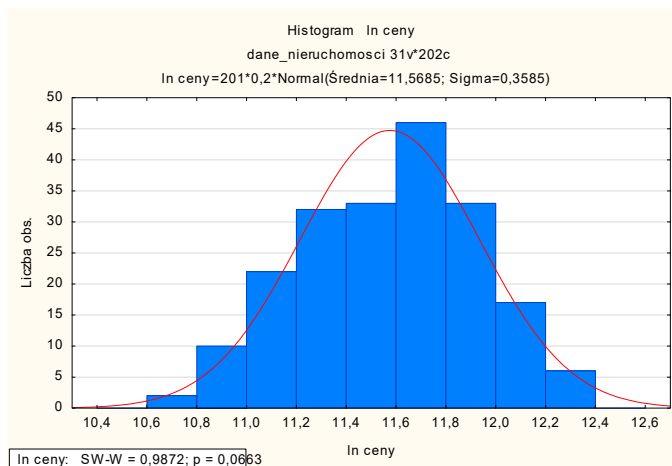
W rezultacie do budowy modelu wykorzystano 201 obserwacji. Zmienne o charakterze jakościowym zostały poddane procedurze kodowania. Na podstawie danych zaprezentowanych w tabeli 1 przeprowadzono proces oszacowania modelu. Brak rozkładu normalnego zmiennej niezależnej został potwierdzony testem Shapiro-Wilka [Shapiro-Wilk 1965: 591-691] – por. wyk. 1.

Wykres 1. Histogram rozkładu cen. Test Shapiro-Wilka



Źródło: opracowanie własne na podstawie obliczeń.

Wykres 2. Histogram rozkładu logarytmu cen



Źródło: opracowanie własne na podstawie obliczeń.

Zmienna endogeniczna ( $p < 0,05$  (0,0003)) nie spełniła warunku o normalnym rozkładzie obserwacji. Ze względu na zaobserwowaną na wykresie prawoskośność kształtowania się cen, zmienna objaśniana została przekształcona poprzez jej logarytmowanie – por. wykres 2.

Test Shapiro-Wilka potwierdził, że transformacja zmiennej lepiej dopasowała rozrzut obserwacji do rozkładu normalnego ( $p > 0,05$  (0,0663)). Konsekwencją linearyzacji modelu jest interpretacja oszacowanych parametrów jako względnej

zmiany wartości. Zmienne niezależne nie zostały poddane żadnym modyfikacjom, została przekształcona jedynie zmienna objaśniana.

Wykorzystując macierz korelacji sprawdzono występujące współzależności pomiędzy zmiennymi. Zgodnie z otrzymanymi wynikami zdecydowano o usunięciu zmiennej *technologia budowy* (wysoka dodatnia korelacja z *rok powstania budynku*). Pomędzy pozostałymi zmiennymi nie wystąpiły na tyle wysokie zależności, aby zrezygnować z którejs z zmiennych. Największą współzależność wykazał logarytm ceny z powierzchnią mieszkania – 76%.

Na podstawie pozostawionych zmiennych podjęto próbę stworzenia modelu ekonometrycznego metodą regresji krokowej wstecznej. Wybrana metoda pozwoli na stopniową eliminację zmiennych, które nie spełniają założeń poziomu istotności. W trakcie badań w pierwszej kolejności usuwano te zmienne, które charakteryzowały się najmniejszym poziomem ufności. Usunięte zmienne ze względu na efekt interakcji, wpływają na te, które pozostały w równaniu.

Tabela 2. Estymacja KMNK, regresja wsteczna.

	wyraz wolny	błąd stand.	t -studenta	poziom istotności (p)
stała	10,41453546	0,069680	149,4625	0,000000
pow. mieszkania w m <sup>2</sup>	0,018732056	0,001952	9,5941	0,000000
liczba izb	0,066329751	0,029067	2,2819	0,023557
istotność modelu	p<0,0000	błąd stand. Reszt		0,22855
wsp. determ. R-kwadrat	0,59762653	skorygowany R-kwadrat		0,59356215
średn. aryt. zm. zależnej	11,56846	odch. stand. zm. zależnej		0,358494

Zródło: opracowanie własne.

Eliminacja zmiennych nie spełniających wymagań istotności pozwoliła na budowę modelu z dwiema zmiennymi niezależnymi: *pow. mieszkania w m<sup>2</sup>* oraz *liczba izb*. Oszacowane parametry przedstawia tabela 2.

Skorygowana wartość determinacji informująca o stopniu wyjaśnienia badanego zjawiska przez równanie wyniosła 59%. W celu poprawienia jakości funkcji podjęto próbę stworzenia nowych zmiennych, które spełniałyby założenie o poziomie istotności.

Tabela 3. Nowo powstałe zmienne objaśniające.

zmienna wyjściowa	symbol nowej zmiennej	opis
piętro na, którym znajduje się mieszkanie	położenie atrakcyjne	1 lub 2 piętro
	położenie nieatrakcyjne	pozostałe piętra
ogólna liczba pięter znajdująca się w budynku	budynek niski	do 5 piętra włącznie
	budynek wysoki	powyżej 5 piętra
rok powstania budynku	przed 1960	mniej niż 1960
	po 1960	więcej niż 1960

Zródło: opracowanie własne.

Na podstawie dotychczasowych oraz nowo utworzonych zmiennych podjęto ponowną próbę oszacowania parametrów modelu. Estymacja parametrów nie



poprawiła jakości równania. Żadna z nowo powstałych zmiennych nie spełniła warunku istotności, ani nawet nie zbliżyła się znacząco do oczekiwanego poziomu ufności. Funkcja regresji pozostała bez zmian.

$$\ln(Y) = 10,4145 + 0,0187X_1 + 0,0663X_2$$

gdzie:  $\ln(Y)$  – logarytm naturalny ceny mieszkania,

$X_1$  – powierzchnia mieszkania w  $m^2$ ,

$X_2$  – liczba izb,

10,4145 - wartość stała.

#### 4. WERYFIKACJA MODELU

Weryfikację modelu przeprowadzono zgodnie z krokami metodologii badawczej opisanej w rozdziale 2.

##### a) Test RESET

Ocenę poprawnej postaci funkcyjnej modelu przeprowadzono z wykorzystaniem testu RESET.

*Statystyka testu:  $F = 7,499306$ , z wartością  $p = 0,000727$*

Wartość  $p$  (0,000727) jest mniejsza od poziomu maksymalnego dopuszczalnego prawdopodobieństwa popełnienia błędu, należy odrzucić hipotezę zerową o poprawnej specyfikacji modelu. W celu spełnienia założeń testu RESET przekształcono zmienne niezależne poprzez ich logarytmowanie. Ponieważ zmienna  $X_2$  (liczba izb) jest zmienną skokową zaniechano jej transformacji ze względu na późniejszą niemożność praktycznej interpretacji otrzymanych wyników.

*Statystyka testu:  $F = 1,837984$ , z wartością  $p = 0,162$*

Logarytmowanie zmiennej *pow. mieszkania w  $m^2$*  pozwoliło na otrzymanie nowych wyników, które spełniają założenia testu na postać funkcyjną modelu.

Na podstawie nowych zmiennych ponownie przeprowadzono estymację parametrów.

Tabela 4. Estymacja KMNK po modyfikacji zmiennej niezależnej.

	wyraz wolny	błąd stand.	t - studenta	poziom stotności (p)
stała	7,52434	0,31400	23,9624	<0,0001
l_ pow. mieszkania w $m^2$	0,99591	0,09628	10,3429	<0,0001
liczba izb	0,05363	0,02849	1,8824	0,0612
średn. arytm. zm. zależnej	11,56846		odch. stand. zm. zależnej	0,358494
suma kwadratów reszt	9,83613		błąd stand. reszt	0,222884
wsp. determ. R-kwadrat	0,61732		skorygowany R-kwadrat	0,613458

Źródło: opracowanie własne

Najważniejszą zmianą w oszacowanych parametrach jest zmiana wartości  $p$  dla zmiennej *liczba izb*. Wzrost wartości maksymalnego dopuszczalnego prawdopodobieństwa popełnienia błędu z 2,36% do 6,12% oznacza, że zmienna nie spełnia warunku istotności. Zgodnie z procedurą postępowania taką zmienną należy usunąć z modelu. Ze względu na fakt, że poziom istotności jest nieznacznie większy od przyjętego, a teoria zakłada uznanie zmiennej za kluczową, postanowiono pozostawić zmienną w modelu.

Zmianie uległa wartość współczynnika determinacji. Poprzez wprowadzone zmiany w modelu udało się uzyskać korzystniejszą wartość skorygowanego R-kwadrat. Wartość ta wzrosła z początkowych 59,36% do 61,35%, oznacza to wzrost współczynnika o 1,99 punktu procentowego, a tym samym lepsze wyjaśnienie przez model badanej zmiennej.

### b) Koincydencja oraz ocena dopasowania modelu

Dla określenia poprawności zbudowanego modelu porównano znaki +/- przy parametrach funkcji z ich kierunkiem korelacji ze zmienną objaśnianą ( $\ln(Y)$ ). Weryfikacja znaków parametrów konieczna jest dla potwierdzenia ich zgodności z teorią. Cena mieszkania powinna wzrastać wraz ze wzrostem metrażu, sytuacja w której cena by spadała byłaby nielogiczna. Poprawność znaków musi spełniać warunek:

$$sgn\alpha_i = sgnr_{0i}$$

gdzie:  $sgn\alpha_i$  - znak przy parametrze modelu,  
 $sgnr_{0i}$  - znak przy wartości korelacji.

Tabela 5. Kierunek i siła korelacji zmiennych

zmienna	korelacje	
	powierzchnia m <sup>2</sup>	izby
$\ln(Y)$	0,7813	0,6408

Źródło: opracowanie własne.

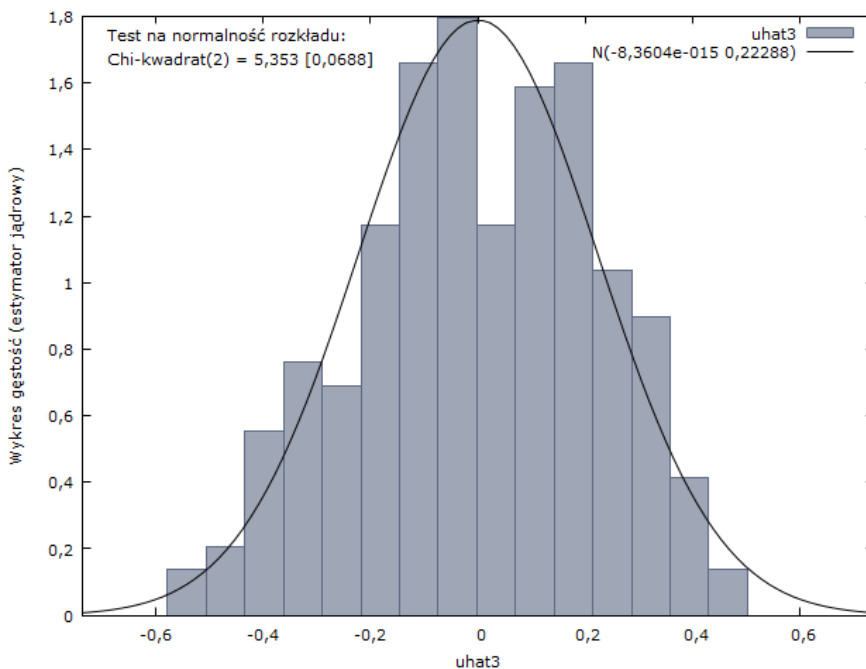
Macierz korelacji przedstawiona w tabeli 5 potwierdziła poprawność zbudowanego modelu (dodatnie znaki przy parametrach modelu oraz wartościach korelacji).

Ocenę dopasowania modelu przeprowadzono zgodnie ze wzorem przedstawionym w metodologii badawczej. Funkcja spełnia warunek dopasowania modelu do danych empirycznych powyżej 95% ponieważ współczynnik zmienności resztowej  $V_e < 0,05$  ( $V_e = \frac{0,222884}{11,56846} \approx 0,02$ ).

### c) Ocena normalności rozkładu reszt

Wykorzystano test Doornika-Hansena do oceny normalności rozkładu różnic między wartościami teoretycznymi a empirycznymi [Doornik, Hansen, 2008: 927-939]. Wartość statystyki testującej Doornika-Hansena wyznacza się na podstawie transformowanej skośności i kurtozy.

Wykres 3. Rozkład reszt modelu



Źródło: opracowanie własne.

Test Doornika-Hansena wskazuje na normalny rozkład reszt ponieważ chi kwadrat = 5,353 dla  $p = 0,06880$ . Oznacza to, że nie ma podstaw dla odrzucenia hipotezy zerowej ponieważ  $p > 0,05$ .

#### d) Współliniowość zmiennych objaśniających

Przeprowadzono test na współliniowość zmiennych niezależnych. W przypadku dokładnej współliniowości model nie zostanie sparametryzowany ponieważ wyznacznik macierzy przyjmie wartość zero. Współczynnik macierzy bliski zero oznacza, że wyliczone błędy standardowe ocen parametrów są stosunkowo duże, co prowadzi do obniżenia wartości statystyki t- Studenta w ocenie istotności parametru.

Narzędziem do oceny współliniowości zmiennych jest czynnik inflacji wariancji VIF (Variance Inflation Factor). Jeżeli  $VIF_j = 1$  to zmienna  $X_j$  jest nieskorelowana z pozostałymi zmiennymi. Zakłada się, że jeżeli  $VIF_j > 10$  to pomiędzy zmiennymi zachodzi współliniowość.

Dla zmiennych w zbudowanym modelu otrzymano następujące wyniki współczynnika VIF:

- $VIF_1 = 2,286$ ,
- $VIF_2 = 2,286$ .

Otrzymane wartości dla zmiennych  $l\_pow.$  mieszkania w  $m^2$  oraz liczba izb świadczą o nie występowaniu między nimi współliniowości, a tym samym nie zostaje obniżona jakość zbudowanego modelu.

Zgodnie z teorią zmienne te powinny być wysoce skorelowane, nie dzieje się tak jednak ze względu na charakterystykę budownictwa w Kędzierzynie-Koźlu. W starych kamienicach mieszczących się w szczególności w kozielskiej części miasta, na dużych metrażach lokali znajduje się relatywnie niewiele izb w porównaniu z lokalami wybudowanymi w wielkiej płycie oraz w nowym budownictwie. Różnorodność wykorzystanej technologii budowy zapobiega wystąpieniu współzależności pomiędzy zmiennymi objaśniającymi.

### e) Test heteroskedastyczności

Korzystając z testu White'a została poddana ocenie jednorodność wariancji składnika resztowego. Test heteroskedastyczności pozwala na stwierdzenie czy wśród obserwacji nie znajdują się zmienne nietypowe. Weryfikacja obserwacji we wstępnym etapie analizy danych powinna ograniczyć ryzyko wystąpienia heteroskedastyczności reszt. W celu zbadania czy wariancja reszt w modelu jest stała do zbudowanego modelu dodaje się kwadraty oraz iloczyny zmiennych.

Tabela 6. Test White'a

	współczynnik	błąd standardowy	t-Studenta	wartość p
stała	1,3749	1,3247	1,0380	0,3006
$l\_pow.$ mieszkania w $m^2$	-0,8072	0,7562	-1,067	0,2871
liczba izb	0,1430	0,1529	0,9353	0,3508
$sq\_l\_pow.$ mieszkania w $m^2$	0,1294	0,1094	1,1820	0,2385
$X_2 X_3$	-0,0599	0,0494	-1,212	0,2270
$sq\_izby$	0,0133	0,0091	1,4560	0,1471

Źródło: opracowanie własne.

### f) Interpretacja modelu

Wyprowadzono funkcję logarytmu ceny:

$$\ln(Y) = 7,52434 + 0,995912 \ln(X_1) + 0,0536344X_2$$

gdzie:  $\ln(Y)$  – logarytm naturalny ceny mieszkania,

$\ln(X_1)$  – logarytm naturalny powierzchni mieszkania w  $m^2$ ,

$X_2$  – liczba izb,

7,52434 - wartość stała.

Dla poprawnej interpretacji zmiennych  $l\_pow.$  mieszkania w  $m^2$  oraz liczba izb na cenę mieszkania wykorzystano wzór:

$$\Delta f(Y) = (1 - \exp(\beta_i)) * 100\%$$

gdzie:  $\Delta f(Y)$  – procentowa zmiana zmiennej niezależnej,

$\exp$  - funkcja wykładnicza  $e^x$ ,

$\beta_i$  – oszacowany parametr modelu.

Interpretacja:

- Jeżeli powierzchnia mieszkania zwiększy się o jeden procent to cena mieszkania zwiększy się o 0,996% ceteris paribus.
- Jeżeli zwiększymy liczbę izb o jednostkę to cena mieszkania zwiększy się o 5,51% ceteris paribus.
- Wartość stała 7,52434 nie jest poddawana interpretacji ekonomicznej.

## 5. PROGNOZA CEN MIESZKAŃ

Na podstawie zbudowanego modelu przeprowadzono predykcję cen mieszkań w Kędzierzynie-Koźlu. Zgodnie z modelem do prognozy wykorzystano informacje dotyczące powierzchni mieszkań oraz (pomimo niespełnienia warunku istotności) ilość izb znajdujących się w lokalu. Prognoza została przeprowadzona na podstawie rzeczywistych danych, a wartości prognozy zostały porównane z wartościami bazowymi. Średni bezwzględny błąd procentowy (MAPE) dla wszystkich 201 obserwacji wyniósł 18,6%.

Tabela 7. Predykcja cen mieszkań.

lp.	powierzchnia mieszkania	liczba izb	cena rzeczywista	prognoza	błąd prognozy
1	30,59	2	55 000 zł	62 212 zł	13%
20	34,82	2	65 000 zł	70 777 zł	9%
40	37,34	2	85 000 zł	75 877 zł	11%
60	42,61	2	137 900 zł	86 540 zł	37%
80	47,10	3	90 000 zł	100 888 zł	12%
100	48,88	3	126 585 zł	104 685 zł	17%
120	51,60	3	100 000 zł	110 486 zł	10%
140	57,95	3	130 000 zł	124 024 zł	5%
160	61,70	4	117 000 zł	139 289 zł	19%
180	67,70	3	196 000 zł	144 798 zł	26%
200	77,76	5	180 000 zł	185 043 zł	3%

Zródło: opracowanie własne.

Pomimo poprawnej budowy modelu średni błąd predykcji jest stosunkowo wysoki jest to konsekwencja również relatywnie niskiego wyjaśnienia zmiennej objaśnianej przez model (skorygowany  $R^2 = 61\%$ ). Zbudowany model może być wykorzystany dla wstępnego szacunku ceny, jednak dla lepszej jakości predykcji należałoby uwzględnić inne zmienne. Zgodnie z teorią oraz doświadczeniem należy przypuszczać, że dodatkową istotną zmienną objaśniającą powinien być

standard wykończenia mieszkań (surowy, niski, średni, wysoki). Niestety ze względu na brak danych w tym obszarze nie było możliwe uwzględnienie tej zmiennej, co jest dowodem na niepełny dostęp do informacji w mniejszych miastach gdzie takie dane nie są gromadzone. Autor badania mógłby podjąć próbę oszacowania standardu lokali na podstawie ich ceny za metr kwadratowy powierzchni. Należy mieć na uwadze, że taka zmienna sama w sobie jest wynikiową innych zmiennych, np. przy takim samym standardzie małe lokale mają większą cenę za  $m^2$  od lokali o dużej powierzchni.

## 6. PODSUMOWANIE

Celem artykułu było określenie przydatności modelu ekonometrycznego jako narzędzia szacunku wartości mieszkań w Kędzierzynie-Koźlu. Cel ten udało się osiągnąć poprzez odpowiedź na pytanie jakie czynniki determinują wartość mieszkań. Ostatecznie w modelu pozostała zmienna istotna *l pow. mieszkania w  $m^2$*  oraz zmienna kluczowa *liczba izb*. Dla realizacji celu pozyskano bądź sztucznie utworzono zmienne, które następnie zweryfikowano pod względem ich użyteczności. Spośród 247 obserwacji odrzucono 46 ze względu na ich nietypowy charakter i obawę o zaburzenie wyników szacunku parametrów.

W trakcie realizacji procesu badawczego napotkano problemy związane z brakiem liniowej postaci modelu koniecznej dla oszacowania parametrów Klasyką Metodą Najmniejszych Kwadratów. Problem ten udało się rozwiązać linearyzując model poprzez transformację zmiennej objaśnianej oraz zmiennej niezależnej *pow. mieszkania w  $m^2$* . Stopień dopasowania modelu do badanego zjawiska udało się uzyskać na poziomie 61,35%, tłumaczony przede wszystkim jako brak uwzględnienia w modelu istotnych informacji o standardzie wykończenia mieszkań.

Zbudowany model spełnił warunki wszystkich testów weryfikacyjnych zgodnie z metodologią badań tj. test liniowej postaci funkcji, równość znaków parametrów ze znakami odpowiednich współczynników korelacji, rozkład reszt modelu, czynnik inflacji wariancji, jednorodność wariancji składnika resztowego.

Na podstawie modelu porównano rzeczywiste ceny transakcyjne mieszkań w Kędzierzynie-Koźlu z cenami uzyskanymi w wyniku prognozy. Otrzymane wyniki ze względu na wysoki średni bezwzględny błąd procentowy (18,6%) mogą nie być satysfakcjonujące. O wysokiej wartości błędu, podobnie jak o niskiej wartości determinacji świadczy brak uwzględnienia w modelu istotnej zmiennej.

Uzyskane parametry modelu dają podstawy do dalszych prób budowy równania ceny z wykorzystaniem dotąd niezastosowanych zmiennych oraz dalszej próby predykcji ceny.

## Literatura

- [1] Batóg B., Foryś I.: *Modele logitowe w analizie transakcji na warszawskim rynku mieszkaniowym*. „Studia i Materiały Towarzystwa Naukowego Nieruchomości” 2011, nr 3.

- [2] Doornik J. A., Hansen, H.: *An omnibus test for univariate and multivariate normality*. "Oxford Bulletin of Economics and Statistics" 2008 vol. 70, issue 1.
- [3] Dudek H.: *Klasyczna metoda najmniejszych kwadratów*. W: *Ekonometria. Wybrane zagadnienia*. Warszawa PWN 2004.
- [4] Kucharska E.: *Nieruchomość w gospodarce rynkowej*. Warszawa: PWN 2010.
- [5] Kukuła K.: *Ekonometria jako dyscyplina naukowa i jej miejsce w gospodarce rynkowej*.  
w: *Wprowadzenie do ekonometrii*, K. Kukuła (red.). Warszawa: PWN 2009.
- [6] Mach Ł., *Modelowanie logitowe narzędziem wspomagającym podejmowanie decyzji na rynku nieruchomości mieszkaniowych*, w: *Prognozowanie w zarządzaniu firmą*. Dittmann P., Szabela-Pasierbińska E.(red), Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław, 2010.
- [7] Mach Ł.: *Budowa praktycznego modelu regresji opisującego zależności występujące na rynku nieruchomości mieszkaniowych*. Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Bankowej we Wrocławiu 2011, nr 20.
- [8] Maddala G.S.: *Ekonometria*. Warszawa: PWN 2006.
- [9] Mazur-Dudzińska A.: *Sztuczne sieci neuronowe w modelowaniu zjawisk zachodzących na rynku nieruchomości*. „Mechanik” 2014, R. 87, nr 7CD.
- [10] O'Brien R. M., *A Caution Regarding Rules of Thumb for Variance Inflation Factors*. "Quality & Quantity: International Journal of Methodology" 2007 vol. 41, issue 5.
- [11] Shapiro S., Wilk, M.: *An analysis of variance test for normality (complete samples)*. "Biometrika" 1965, no 52.
- [12] Tomczyk E., Widłak M.: *Konstrukcja i własności hedonicznego indeksu cen mieszkań dla Warszawy*. „Bank i Kredyt” 2010, nr 1.
- [13] Trojanek R.: *Porównanie metod prostych oraz metody regresji hedonicznej do konstruowania indeksów cen mieszkań*. „Studia i Materiały Towarzystwa Naukowego Nieruchomości” 2010, nr 1.
- [14] White H.: *A Heteroscedasticity - Consistent Covariance Matrix Estimators and a Direct Test for Heteroscedasticity*. "Econometrica" 1980 vol. 48, issue 4.

### Akty prawne

- [1] Ustawa z dnia 21 sierpnia 1997 r. o gospodarce nieruchomościami, (Dz. U. z 2004 r. Nr 261, poz. 2603 z późn. zm.).

mgr **Arkadiusz Kuświk**  
absolwent Wydziału Ekonomii i Zarządzania  
Politechnika Opolska  
ul. Luboszycka 7, 45-036 Opole  
arkadiusz.kuswik@gmail.com



POLITECHNIKA  
OPOLSKA

ISSN 2353-8899