

Jan JANUSZ\*

## **ANALIZA ROZWOJU JAKO NARZĘDZIE WSPIERANIA PROJEKTOWANIA OBSZARÓW MIESZKANIOWYCH O WYSOKIEJ JAKOŚCI ZAMIESZKANIA DLA STARZEJĄCEGO SIĘ SPOŁECZEŃSTWA**

Rozlewanie się miast powoduje pogorszenie jakości zamieszkania, utrudnia dostęp służb ratowniczych, a także wpływa na zanieczyszczenie środowiska. Osiedla podmiejskie rozwijają się chaotycznie i pochłaniają ogromne obszary, co przekłada się na jakość infrastruktury. Brak sieci wodociągowej i kanalizacyjnej oznacza indywidualne ujęcia wody i zbiorniki szczelne, często nielegalnie zamieniane na przydomowe oczyszczalnie ścieków. Brak sieci gazowej i ciepłowniczej oznacza korzystanie z paliw stałych i ciekłych, a w praktyce smog. Obraz dopełnia długotrwałe czekanie w korku. Rozlewanie się miast ma zatem bezpośredni wpływ na aspekty zdrowotne. W tym kontekście badanie skoncentrowane jest na stworzeniu modelu analitycznego, którego zastosowanie pozwala określać parametry warunkujące tempo rozwoju, a przez to wspomagać proces planowania przestrzennego. Badania przeprowadzono na wybranych terenach mieszkaniowych objętych planami miejscowymi w granicach aglomeracji poznańskiej.

**Słowa kluczowe:** regresja w planowaniu przestrzennym, suburbanizacja, zrównoważony rozwój

### **1. WSTĘP**

#### **1.1. Problem badawczy**

Działania w obszarze urbanistyki wiążą się z olbrzymią odpowiedzialnością, gdyż ich rezultaty trwale kształtują przestrzeń. Błędne decyzje mogą doprowadzić do nie-

---

\* Wydział Architektury, Instytut Architektury, Urbanistyki i Ochrony Dziedzictwa.

powetowanej utraty potencjału, między innymi środowiskowego, ekonomicznego i społecznego, a naprawa powstałych szkód może okazać się niewykonalna. Ta wielka waga projektowania i zagrożenia z niej wynikające warunkują konieczność rozważnego podejmowania decyzji na podstawie analiz bazujących na obszernej puli zebranych informacji. Zadanie to ujęte jest wielokrotnie w ustawie o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Almeida i in. 2013). Niezwykle wartościowa charakterystyka takich analiz zawarta jest w ustawie o rewitalizacji: „Analizy, w których wykorzystuje obiektywne i weryfikowalne mierniki i metody badawcze” (Barełkowski 2014).

Powyższy wstęp jest o tyle istotny, że opracowanie dąży do wpisania się w nurt analityki przestrzennej na potrzeby projektowania urbanistycznego przez poddanie badaniu danych ilościowych. Naturalnie polityka przestrzenna odbywa się na wielu poziomach, chociażby w ujęciu terytorialnym dotyczy tak różnych zakresów, jak między innymi kraju, regionu, gminy, miasta lub jego fragmentu. Równocześnie to właśnie kształtowanie obszarów zamieszkania wiąże się bezpośrednio z zachowaniem zdrowia, a także z dostosowaniem przestrzeni do potrzeb starzejącego się społeczeństwa. Z tej niezwykle złożonej i wieloaspektowej problematyki w artykule wybrano i opisano szczegółowe zagadnienie rozwoju obszarów mieszkaniowych jednorodzinnych objętych miejscowymi planami zagospodarowania przestrzennego (MPZP) na terenie aglomeracji poznańskiej poza miastem Poznań. Ze względu na dostępność materiałów wybrano siedemdziesiąt dwa obszary mieszkaniowe jednorodzinne objęte MPZP w latach 1994-2007. Następnie były one poddane badaniu mającemu na celu oszacowanie, jak wybrane cechy i uwarunkowania lokalne wpływają na zdefiniowany w pracy stopień rozwoju w okresie 5, 10 i 15 lat od uchwały. W pracy wykorzystano analizę regresji wielorakiej, która została opisana przez Groat i Wang (Barełkowski 2015) jako metoda badań korelacyjnych w architekturze i urbanistyce.

## 1.2. Cel pracy

Głównym powodem sformułowania problemu badawczego jako poszukiwanie uwarunkowań tempa rozwoju obszarów przeznaczonych na zabudowę mieszkaniową jednorodziną jest z jednej strony doniosła rola analityki i orientacji informacyjnej w procesie decyzyjnym, z drugiej natomiast znaczenie zagadnienia suburbanizacji, z którą wiążą się liczne zagrożenia i wyzwania dla planowania przestrzennego, w szczególności *urban sprawl*. Pojęcie to można tłumaczyć jako „rozlewanie się miast”. Konsekwencje płynące z takiego stanu rzeczy są liczne, począwszy od szkodliwego wpływu na ekologię związanego z przekształcaniem obszarów i zwiększonym ruchem kołowym, przez zwiększone wydatki publiczne związane z koniecznym rozwojem i utrzymaniem infrastruktury, kończąc na aspektach społecznych. W zależności od charakterystyki złożonego zjawiska suburbanizacji mogą to być

wyludnianie centrów miast, zatracenie tożsamości obszarów wiejskich czy niska jakość zamieszkania związana z brakiem dostępu do niezbędnych usług (Beim 2007). W pracy w szczególny sposób zwrócono uwagę na ów aspekt społeczny, gdyż krzywa demograficzna wskazuje, że coraz większa część społeczeństwa to osoby w podeszłym wieku. Rozlewanie się miast sprawia, że nowo powstające osiedla, o bardzo niskim procencie wykorzystania dostępnych działek, mają nieutwardzone drogi, brak na nich oświetlenia, ponadto dojazd do nich jest trudny i zakorkowany, co sprawia, że służby ratunkowe nie są w stanie dotrzeć na czas w przypadku sytuacji zagrożenia życia. Co więcej, osoby w podeszłym wieku, dla których transport, zarówno indywidualny, jak i zbiorowy, stanowi coraz większy problem, stają się odizolowane od społeczeństwa. Osiedla takie nie mają dostępu do sieci gazowej, a tym bardziej do sieci ciepłowniczej, dlatego domy ogrzewane są w większości przez spalanie paliw, co związane jest z emisją smogu, tak szkodliwego dla osób w podeszłym wieku. Te, a także inne negatywne procesy opisywane są na terenie aglomeracji poznańskiej (Dz.U. 1994, Dz.U. 2003). Równocześnie jednoznaczna krytyka osadnictwa w obszarze peryferyjnym nie jest zasadna, gdyż wynika bezpośrednio z deklarowanych potrzeb osób decydujących się na taką przeprowadzkę, a sam proces nieodłącznie towarzyszy rozwojowi miast. Jednakże osoby, które decydują się na przeprowadzkę do strefy podmiejskiej, często ignorują problemy, które obecnie ich nie dotyczą, staną się one szczególnie dotkliwe w późniejszym wieku. Oznacza to, że konieczne jest rozważne i odpowiedzialne wykorzystanie instrumentów planistycznych i projektowych do optymalizacji tego procesu oraz zredukowania jego konsekwencji. Bardzo istotnym z perspektywy pracy zagadnieniem jest mała „gęstość” nowo powstających osiedli domów jednorodzinnych, która powoduje rozlewanie się miast. Słowo to zostało wzięte w cudzysłów, gdyż w obrębie różnych opracowań wprowadzane są rozliczne definicje i sposoby jej pomiaru, jednak co do zasady opisuje ono w pewien sposób liczbę domów na danym obszarze w danym momencie. Irwing i Bockstael (Dz.U. 2015) dowodzą, że zjawisko powstawania obszarów bardzo niskiej gęstości zabudowy w strefie suburbanizacji, mierzone w ich pracy na różne sposoby, odpowiedzialne jest za rozlewanie się miasta. Zasadę ilustrowano poniższą grafiką, przy czym wykorzystanie poniżej 20% dostępnych działek w ciągu 10 lat od roku uchwały z całej puli 72 obszarów miało miejsce w 14 przypadkach, co stanowi blisko 20%. W przypadkach tych, mimo że wykorzystano poniżej jednej piątej arealu, prowadzi to prawie zawsze do pozbawienia go dotychczasowego ekosystemu lub przeznaczenia na produkcję rolną oraz do wielu wymienionych powyżej konsekwencji.

1078	1065	948	948	948	948	948	948	1078	1065
866	857	761	761	761	761	761	761	866	857
866	857	761	761	761	761	761	761	866	857
866	857	761	761	761	761	761	761	866	857
866	857	761	761	761	761	761	761	866	857
865	857	761	761	761	761	761	761	865	857
864	857	761	761	761	761	761	761	864	857
863	859	761	761	761	761	761	761	863	859
862	860	761	761	761	761	761	761	862	860
858	853	757	757	757	757	757	757	858	853

20% wykorzystanych działek (18 na 90)

90% wykorzystanych działek (18 na 20)

Rys. 1. Porównanie rozmieszczenia dwóch wariantów rozwoju osiedla. W obu przypadkach zrealizowano 18 domów, po stronie lewej wykorzystano 20% działek na obszarze 8,77 ha, po prawej 90%, 2,1 ha.

Na podstawie powyższych rozważań oraz naświetlenia wybranych problemów związanych z suburbanizacją można sformułować dwa ogólne cele proponowanego badania korelacyjnego uwarunkowań rozwoju obszarów mieszkaniowych. Są to objaśnienie i ilościowe opisanie oszacowanych zależności oraz stworzenie modelu regresji, który można bezpośrednio wykorzystać w projektowaniu do wykonywania analiz.

## 2. STAN BADAŃ

### 2.1. Kontekst badawczy

Opis stanu badań można rozpocząć od stwierdzenia, które zostanie udowodnione poniżej, że studia rozwoju obszarów zabudowy, także za pomocą parametrycznych i nieparametrycznych metod regresji, są niezwykle rozbudowanym kierunkiem dociekań. Poświęcono mu wiele opracowań, jednak ze względu na rozliczne metody oraz samą różnorodność przedmiotu studiów wciąż pojawiają się prace odkrywcze i indywidualne, a wiele obszarów jeszcze pozostało do zbadania. Pomimo wnikliwych studiów literatury nie odnaleziono żadnej pracy o tematyce zbliżonej do prezentowanego opracowania. Oznaczałoby to studium, które dotyczy

badania regresji rozwoju osiedli mieszkaniowych jednorodzinnych objętych dokumentem analogicznym do miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego i w skali charakterystycznej dla tego dokumentu, dla uproszczenia przyjętej jako mniejsza niż 100 hektarów. Można zatem wnioskować, że jeśli nawet są takie prace, to zagadnienie wciąż nie jest wyczerpane. Wziąwszy pod uwagę niedostępność takich studiów przypadku, konieczne jest rozważanie stanu badań w szerszym kontekście, uwzględniając podobne badania korelacyjne i szczegółowe opracowania metodologiczne z innych pokrewnych dyscyplin, przede wszystkim ekonometrii, w której stosuje się bardzo rozbudowaną i czytelnie opisaną metodologię (Barełkowski 2014).

## 2.2. Modele rozwoju obszarów zabudowy

Dostępne są liczne opracowania na temat rozwoju obszarów zabudowy, lecz w zupełnie innej skali, dotyczące całych miast, aglomeracji lub nawet regionów, co stanowi istotne źródło informacji, jednak nie może być wykorzystane bezpośrednio. Różnice dotyczą sposobu i dokładności pomiarów, celów wykorzystania oraz złożoności tkanki miejskiej. Skłania to do poszukiwania syntezy pomiędzy tymi dwoma nurtami. Wiele informacji na temat taksonomii i charakterystyki metod badania rozwoju miast dostarcza praca Dimitrisa Triantakontantisa i Giorgosa Mountrakisa (Idczak 2016). Zestawiono w niej i porównano wiele studiów przypadku zaczerpniętych z literatury. Pod względem areału wszystkie dotyczą obszaru większego niż dzielnica miasta, zwykle całego obszaru metropolitarne. Co istotniejsze, zestawiono także użyte metody badawcze. Najpopularniejsze i równocześnie stwarzające olbrzymie możliwości analityczne są sztuczne sieci neuronowe (SSN). Druga grupa to metody wywodzące się z ogólnego modelu liniowego (OML), dodatkowo rzadziej pojawiają się drzewa decyzyjne, modelowanie fraktalne. Oczywiście poza tą pracą odnaleźć można także inne prezentujące podejścia nieujęte w zestawieniu, w tym system ORION (Irwin, Bockstael 2007; Kissling, Carl 2007) oraz studia Barełkowskiego (Krenker i in. 2011; Lesage, Fischer 2008).

### a) Sztuczne sieci neuronowe.

Pierwsza z omawianych grup jest najmłodsza i inspirowana funkcjonowaniem układu nerwowego. Warty przykładem jest rozprawa Bejma (Madsen, Thyregod 2010). obejmująca obszar aglomeracji poznańskiej. Metoda ta charakteryzuje się przede wszystkim możliwością odnalezienia niezwykle złożonych zależności, co jest także widoczne w innych przykładach zastosowania do analizy rozwoju przestrzennego (Maithani i in. 2007; Małek 2016).

### b) Ogólny model liniowy.

Kolejna z wymienionych grup to metody wchodzące w skład wspomnianego OML lub ewentualnie uogólnionych metod liniowych i nieliniowych, czyli w skrócie UMLN. Mają one długą historię sięgającą prac Legendre'a dotyczących meto-

dy najmniejszych kwadratów, a mówiąc o ich pochodzeniu, nie sposób pominąć Ronalda A. Fishera oraz George'a W. Snedecora. Ta długa geneza i rozbudowana metodologia przełożyły się na wykształcenie licznych wariantów wykorzystywanych w planowaniu przestrzennym i analizie rozwoju miast. Adaptacja do zjawisk przestrzennych występujących w wielkopowierzchniowych opracowaniach obejmuje między innymi przestrzenną autokorelację (Ossowicz 2003), (Sugumaran, DeGroot 2010), regresję przelącznikową (Szczepański i in. 2013) i regresję ważoną geograficznie (Triantakostas, Mountrakis 2012). Z powodzeniem stosowane są także metody ogólne, w tym regresja logistyczna oraz regresja wieloraka (Dz.U. 2015).

Po analizie dostępnych metod wybrano właśnie regresję wieloraką. Rozważane były jeszcze sztuczne sieci neuronowe, ale regresja wieloraka ma niezwykle rozbudowaną metodologię weryfikacji modelu, w szczególności istotności statystycznej odpowiednich predyktorów. SSN pozwalają na odnalezienie niezwykle złożonych zależności, która to cecha, choć w wielu przypadkach korzystana, z perspektywy celów opracowania jest niepożądana, gdyż utrudnia czytelne objaśnienie uwarunkowań rozwoju oraz łatwe, zrozumiałe wykorzystanie w procesie projektowym. Ponadto istnieje ryzyko przeuczenia sieci, co oznacza jej zbyt duże dopasowanie do indywidualnej sytuacji (często przypadkowej) i nieuchwycenie ogólnych zależności. Ostatecznie porównanie obu metod zawarte jest w artykule, którego autorami są Sugumaran i DeGroot (Wang i in. 2002). Wynika z niego, że przewaga SSN nad regresją wieloraką objawia się przy dużych próbach badawczych, co także stanowi argument za wybraniem drugiej z tych opcji. Pozostałe z przytoczonych metod, drzewa decyzyjne i modelowanie fraktalne, nie wiązały się z przedmiotem i celami badania.

### 3. METODOLOGIA BADANIA

Specyfika tematu wymaga, by przy wnioskowaniu oprócz podstawowego badania korelacyjnego uwzględnić także kontekst planistyczny w ujęciu jakościowym i argumentacji logicznej. Równocześnie analiza regresji wielorakiej w tym wypadku stanowi rdzeń opracowania, zatem rozpocząć należy od ogólnego jej opisu oraz przedstawienia idei. Parametryczne metody analizy regresji oparte są na skonstruowaniu modelu, który na podstawie pewnych parametrów ujętych w formie zmiennych, noszących nazwę zmiennych niezależnych lub objaśniających, oszacowuje inne parametry ujęte w formie zmiennych nazwanych zmiennymi zależnymi lub objaśnianymi. W wybranej metodzie regresji wielorakiej wyznaczana jest jedna zmienna zależna, która stanowi sumę wyrazu wolnego oraz iloczynów zmiennych niezależnych i wyznaczonych w badaniu współczynników regresji. Współczynniki te przy standaryzowanych wartościach zmiennych pozwalają zatem

oszacować skalę wpływu. Wyznaczona takim równaniem liczba stanowi tak zwaną wartość teoretyczną, gdyż pomiędzy wynikiem takiego równania a rzeczywistym pomiarem występuje różnica nosząca nazwę reszty (Welfe 2003). Oczywiście jest pożądaną sytuacją, by reszta ta była jak najmniejsza. Według tego opisu równanie regresji wielorakiej przyjmuje postać (na podstawie Madsen, Thyregod 2010):

$$y_n = \beta_0 + \beta_1 x_{n1} + \dots + \beta_m x_{nm} + \varepsilon_n \quad (1)$$

gdzie:

$y_n$  – wartość pomiaru zmiennej zależnej  $n$ ,

$x_{nm}$  – wartość zmiennej niezależnej  $m$  dla obserwacji  $n$ ,

$x_{nm}$  – wartość zmiennej niezależnej  $m$  dla obserwacji  $n$ ,

$\varepsilon_n$  – błąd pomiędzy wynikiem równania, a pomiarem w obserwacji  $n$ ,

Naturalnie założeniem stosowania takiego równania w analizach, także urbanistycznych, jest znajomość zmiennych niezależnych oraz brak wiedzy na temat zmiennej zależnej. Niekiedy równanie takie oprócz analizy i oceny wykorzystuje się w prognostyce, ekstrapolując uchwyconą tendencję w przyszłość, jednak jak każda prognoza wiąże się to z niepewnością. Po tym wstępie staje się możliwy opis całej procedury, w którym wydzielić można trzy podstawowe fazy badania.

### 3.1. Zebranie i pomiar materiału badawczego

Uzyskana pula 72 obszarów wynikała z serii ograniczeń, wśród których najistotniejszą rolę odgrywał brak dostępności niezbędnych źródeł danych w większości gmin w aglomeracji. Ze względu na ich dostępność wybrano obszary znajdujące się w gminach Oborniki, Szamotuły, Murowana Goślina, Suchy Las, Rokietnica, Czerwonak, Tarnowo Podgórne i Komorniki. Z puli usuwane były plany zbyt małe, poniżej 2 ha, takie, w których późniejsza uchwała zmieniała przewidzianą funkcję, a także w sytuacjach, gdy zapisy planu były mało precyzyjne lub pozwalały na wariantowe rozwiązania, co uniemożliwiało pomiar poniższych zmiennych. Ostatecznie włączono wszystkie plany spełniające powyższe kryteria zrealizowane na podstawie ustawy z 2003 r. z datą wcześniejszą niż 2007 r. ze względu na możliwość chociażby 10-letniego pomiaru oraz wybrane wcześniejsze plany. MPZP wielkopowierzchniowe, w których poszczególne części były czytelnie wydzielone i występowały w nich różne uwarunkowania, były dzielone na mniejsze obszary, przeważnie dwa. Dotyczy to ośmiu planów o bardzo dużym areale. Pierwszy z etapów wymaga wstępnego zdefiniowania potencjalnych predyktorów (zmien-

nych niezależnych) oraz oczywiście zmiennej zależnej, która w badaniu nosi nazwę relatywnego stopnia rozwoju.

a) Zmienna zależna – relatywny stopień rozwoju.

Opisuje się nią, jaki odsetek budynków przewidzianych w MPZP został zrealizowany w danym odstępie czasu od uchwały. Wyraża to wzór na relatywny stopień rozwoju:

$$Rr_n = \frac{B_n - B_0}{B_i - B_0} \times 100\% \quad (2), \text{ gdzie}$$

$Rr_n$  – relatywny stopień rozwoju (zmienna objaśniana),

$B_n$  – liczba budynków, w okresie  $n$  lat na danym obszarze,

$n$  – liczba lat od momentu uchwalenia MPZP,

$B_0$  – liczba budynków w momencie uchwalenia MPZP na danym obszarze,

$B_i$  – liczba budynków wynikająca z MPZP przy wykorzystaniu wszystkich działek budowlanych przeznaczonych na zabudowę jednorodzinna

Oznacza to, że konieczne staje się oszacowanie, ile budynków wynika z zapisów MPZP. W zależności od ustaleń możliwe jest to z mniejszą lub większą dokładnością, która łącznie składa się na błąd modelu.

b) Odległość od centrum aglomeracji.

Jest to wartość wyrażana w kilometrach, mierzona wzdłuż dróg do centrum aglomeracji poznańskiej, umownie przyjętego jako Stary Rynek w Poznaniu.

c) Areał mieszkaniowy skorygowany o istniejące MPZP w odległości 600 metrów.

Za pomocą tej zmiennej szacuje się lokalną dostępność działek budowlanych, w tym przewidzianych w planie. Oczywiście z przyczyn praktycznych związanych z możliwością wykorzystania modelu w projektowaniu urbanistycznym robi się to w sposób uproszczony. Sposób jej pomiaru polega na pomiarze w okręgu o promieniu 600 metrów ze środkiem w środku ciężkości analizowanego obszaru powierzchni zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej wyznaczonej w tym i wcześniejszych miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego. Z przyczyn praktycznych pominięto inne formy dopuszczenia zabudowy, przede wszystkim możliwość uzyskania warunków zabudowy. Wartość wyrażana jest w hektarach.

d) Odsetek zabudowy „deweloperskiej”.

Oznacza on iloraz budynków przewidzianych w planie, znajdujących się w obszarze należącym do inwestora, który wykonuje większą liczbę budynków z zamiarem sprzedaży. Zwykle zmienna ta przyjmuje wartość 0 lub 1.

e) Odsetek zabudowy szeregowej.



Odsetek budynków przewidzianych w zabudowie szeregowej.

f) Dostęp do lasu otwartego.

Tutaj pierwszy raz pojawił się kluczowy problem wszystkich opracowań związanych z oceną na podstawie parametrów przestrzennych. Polega on na stworzeniu metody oszacowania liczbowego cech jakościowych. Zaproponowany został jako suma dwóch skali interwałowych. Skale te wynikają z pomiaru na skali porządkowej oraz przypisania im równych interwałów liczbowych, co jest metodą oszacowania. Przedstawiono w tab. 1.

Tab. 1. Sposób wyznaczania zmiennej: dostęp do lasu otwartego

Cecha	Dystans pomiaru	Skale pomiaru	
Las otwarty	1000 m	Porządkowa (5 stopni), forma dostępu	Porządkowa (5 stopni), obszar lasu
Brak	0	Brak	0
	Częściowy dostęp (.125)		Wyspowy fragment (poniżej 15 ha) (.125)
	Dostępność z przeważającej części obszaru w odległości 1000 m (.25)		Duży, lecz wydzielony obszar (.25)
	Bezpośrednie sąsiedztwo (.375)		Las połączony z większą strukturą zieleni (.375)
	Obszar okalany przez las (w lesie) (.5)		Wielkoobszarowe formy ochrony przyrody (.5)

g) Dostęp do zieleni publicznej.

Podobny problem dotyczył także zmiennej „dostęp do zieleni publicznej”, która mierzona była na skali porządkowej, a wprowadzana do modelu jako wyprowadzona z niej zmienna interwałowa (tab. 2).

Do opisu zmiennej przyjęte było pięć stopni.

Tab. 2. Sposób wyznaczania zmiennej „dostęp do zieleni publicznej”

Cecha	Dostęp do zieleni publicznej	Brak (0)	Dostęp do niezorganizowanej, niewielkiej zieleni publicznej lub częściowy dostęp do zieleni rekreacyjnej (0.25)	Dostęp do zieleni rekreacyjnej lub częściowy dostęp do wysoce zorganizowanej zieleni publicznej (0.5)	Dostęp do wysoce zorganizowanej zieleni publicznej lub częściowy dostęp do atrakcyjnych założeń parkowych (0.75)	Dostęp do atrakcyjnych założeń parkowych (1)
Dystans pomiaru	500 m					
Skale pomiaru	Porządkowa (5 stopni)					

h) Budynki usługowe i użyteczności publicznej w określonych odległościach.

W tym wypadku pomiar dotyczył wielu rodzajów budynków i obiektów, które testowo wprowadzane były do modelu, a te nieistotne statystycznie były usuwane. Wartość opisywana była na skali ciągłej od 0 do 1. Przy czym zero to brak dostępu w określonej odległości, 1 to dostęp z całej powierzchni obszaru, a wartości pośrednie to iloraz powierzchni znajdującej się bliżej niż w danej odległości od obiektu do całego arealu, zatem gdy pół osiedla mieszkaniowego znajdowało się w odległości mniejszej niż ustalona od jakiegoś budynku, to wartość zmiennej wynosiła 0.5.

i) Dostępność instalacji sanitarnej.

Zmienna przyjęta według skali porządkowej przedstawionej w tab. 3.

Tab. 3. Sposób wyznaczania zmiennej „instalacja sanitarna”

Cecha	Sieć kanalizacyjna	Brak (0)	Odprowadzanie ścieków do zbiorników, planuje się w przyszłości instalację (0.1)	System zbiorowej kanalizacji sanitarnej do istniejącej oczyszczalni ścieków, zapowiedziana realizacja w określonym terminie (0.5)	System zbiorowej kanalizacji sanitarnej do istniejącej oczyszczalni ścieków, konieczność wykonania sieci lokalnej (0.75)	System zbiorowej kanalizacji sanitarnej do istniejącej oczyszczalni ścieków (1)
Dystans pomiaru	Obszar opracowania oraz sąsiedztwo					
Skale pomiaru	Porządkowa (5 stopni)					

j) Uciążliwe drogi i tory kolejowe.

Mierzony był iloraz powierzchni w danej odległości od źródła uciążliwości do całej powierzchni. Dla torów kolejowych było to 400 m, dla dróg głównych 150 m, dla ekspresowych 250 m, a dla autostrad 400 m.

Pomiar powyższych zmiennych przeprowadzono programem ESRI ArcMap 10.3. Kluczową rolę odgrywały bazy danych i archiwa, a także osobista inwentaryzacja obszarów i wywiady z mieszkańcami. Konieczne było pozyskanie poniższych baz danych.

1. Bazy organizowane przestrzennie w systemie GIS:

- a) ortofotomapy archiwalne z lat 2001-2012, dane katastralne i baza BDOT 10K – uzyskane z CODGIK na licencji nr DIO.7211.736.2016\_PL\_N,
- b) miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego (część rysunkowa i opisowa w serwisach WMS w systemach e-map), dane publicznie dostępne do wglądu,
- c) pełny zbiór danych GESUT, Geodezyjna Ewidencja Sieci Uzbrojenia Terenu, uzyskane licencji z PODGIK nr GKG.4142.4339.2016\_3021\_N,
- d) ortofotomapy archiwalne z aplikacji Google Earth Pro, do wglądu bez zamieszczania w pracy.

2. Inne bazy danych:

- a) zbiór EGIB, Ewidencja Gruntów i Budynków, uzyskane z PODGIK na licencjach nr GK.6621.1625.2016\_3016\_N, GKG.4012.13299.2016\_3021\_N/.

### 3.2. Badanie regresji wielorakiej

Metodą wykorzystaną w badaniu była regresja wieloraka krokowa. Pod względem zastosowanych technik kluczowe było wykonanie wielu testów weryfikujących model. Dopasowanie modelu do danych, które pozwala oszacować skalę błędu, mierzone było poprzez współczynnik dopasowania  $R^2$  oraz skorygowany  $\bar{R}^2$ . Przyjęto następujące skale oceny. Wartość  $\bar{R}^2$  poniżej 0,5 to dopasowanie zbyt słabe do wyprowadzania konkluzji, od 0,5 do 0,6 to słabe dopasowanie ukazujące związek, a powyżej 0,9 – silne dopasowanie. Jest to ujęcie dość surowe w tej dyscyplinie, bo w wielu cytowanych wcześniej pracach wnioskowano o znacznie niższych wynikach. Istotność statystyczną określano na poziomie 95% z wykorzystaniem testów F-Snedecora dla całego modelu oraz testów t-Studenta dla poszczególnych predyktorów. Przeprowadzono także weryfikację założeń modelu regresji, w tym korelacji zmiennych niezależnych za pomocą macierzy korelacji Pearsona. Ocena homoskedastyczności reszt bazowała na obserwacji reszt oraz teście Braucha-Pagana, a autokorelacja reszt za pomocą testu Durбина-Watsona wraz z analizą

wykresów. Pozostałe założenia dotyczące reszt także zweryfikowano, przy czym normalność ich rozkładu bazowała na testach Kołmogorowa-Smirnowa wraz z oceną histogramu. Wszystkie powyżej wymienione testy szczegółowo opisano w pracy Woelfe (Groat, Wang 2002). Narzędzia użyte do analizy regresji oraz koniecznych testów weryfikacyjnych, a także sporządzenia wykresów i zestawień to IBM SPSS 22 oraz Microsoft Excel wraz z dodatkiem The Data Analysis ToolPak.

Podsumowując, estymacji parametrów dokonywano metodą najmniejszych kwadratów, w skrócie MNK, natomiast wybór modelu poprzez uzyskanie możliwie wysokiego  $R^2$  oraz skorygowany  $\bar{R}^2$  przy zachowaniu powyższych założeń oraz uwzględnieniu zmiennych istotnych statystycznie według testów opisanych powyżej.

### **3.3. Wnioskowanie na podstawie badania**

Przy przeprowadzeniu wnioskowania istotne jest zwrócenie uwagi na fakt, że odkrycie korelacji nie oznacza jednokierunkowej przyczynowości, dlatego konieczne jest także holistyczne studium i rozpoznanie wszystkich przypadków uwzględnionych w planie. Co więcej, kluczowe jest uwzględnienie wiedzy z zakresu planowania przestrzennego do interpretacji wyników ilościowych i przekształcenia ich w opis jakościowy.

Należy także nadmienić, że przedstawiona praca wynika z prowadzonych wcześniej badań, przedstawia studium niezależne i niepowielane w innych opracowaniach, bazujące na zebranych wcześniej materiale. Oznacza to, że pomiary 72 obszarów wykonano niezależnie i wykorzystuje się je w innych pracach, jednak sama analiza regresji w takiej formie, z takimi zmiennymi zamieszczona jest tylko w poniższej pracy, a charakteryzuje ją bazowanie wyłącznie na prostych zmiennych zależnych, które zmierzyć można bezpośrednio z podanych powyżej źródeł.

## **4. BADANIE REGRESJI**

### **4.1. Model regresji wielorakiej dla odstępu 5 lat od uchwały**

W przypadku odstępu 5 lat na podstawie uzyskanych danych nie skonstruowano modelu spełniającego przyjęte kryteria. Wynik najlepszy zapewniał model o parametrach przedstawionych poniżej.

Tab. 4. Zestawienie parametrów modelu, dopasowania, istotności, testów weryfikujących założenia dla odstępu 5 lat

Model	R	R-kwadrat	Skorygowane R-kwadrat	Błąd standardowy oszacowania	Statystyka Durbi-na-Watsona
5 lat	,623	,388	,331	,1227974	2,414

Jak widać na powyższej tabeli, dopasowanie jest na bardzo niskim poziomie, w związku z czym dalsze interpretowanie modelu jest pozbawione sensu. Świadczy o tym także poniższa tabela, na której można zauważyć, że dwie zmienne nie uzyskały istotności statystycznej, chociaż znajdują się one stosunkowo blisko tej granicy i na poziomie prawdopodobieństwa 90% można by je uznać za istotne statystycznie. W tab. 5 w kolumnie „Współczynniki standaryzowane Beta” widać, że najsilniejsze oddziaływanie pozytywne ma dostęp do lasu otwartego, a negatywne – występowanie przychodni lub gabinetu lekarskiego. Druga z tych informacji ukazuje ponownie, że model niespełniający kryteriów należy odrzucić, a wynik przy takiej wartości testów nie jest prawdziwy. W skali czasowej procesu rozwoju zabudowy mieszkaniowej 5 lat jest okresem na tyle krótkim, że wnioskowanie w takim czasie jest niezwykle trudne, szczególnie przy uwzględnieniu zmiennej koniunktury.

Tab. 5. Zestawienie parametrów zmiennych w modelu regresji dla odstępu 5 lat

	Współczynniki niestandardyzowane		Współczynniki standaryzowane Beta	t	Istotność statystyczna
	B	Błąd st.			
(Stała)	0,125542	0,0638		1,968	0,053
Dostęp do lasu otwartego	0,047084	0,017056	0,28485	2,761	0,007
Odległość od centrum	-0,00421	0,001943	-0,22431	-2,169	0,034
Instalacja sanitarna	0,118575	0,054423	0,249719	2,179	0,033
Przychodnia lub gabinet 1000 m	-0,0996	0,043414	-0,2658	-2,294	0,025
Poczta 2500 m	0,065463	0,03564	0,213714	1,837	0,071
Dostęp do zieleni publicznej	0,066285	0,034125	0,238435	1,942	0,056

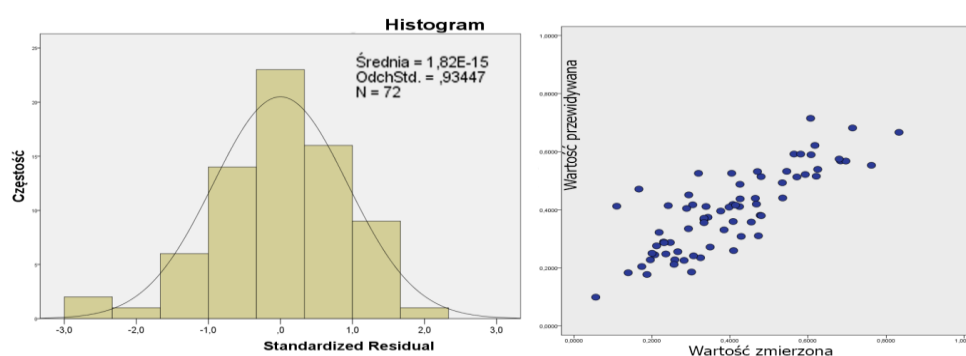
#### 4.2. Model regresji wielorakiej dla odstępu 10 lat od uchwały

W tym przypadku wielowymiarowy model regresji liniowej wykazuje  $R^2$  na poziomie 0,667, a skorygowane  $R$ -kwadrat równe jest 0,618. Jest to wartość znacznie wyższa niż w poprzednim przypadku. Pozwala ona na skuteczne wnioskowanie o wpływie uwarunkowań na rozwój, zatem możliwe jest przejście do szerszej oceny modelu. Jest on wysoce istotny ( $F = 13,904$ ,  $p < 0,0001$ ). Żadna z reszt nie wykracza poza obszar trzech odchyłeń standardowych, a test Braucha-Pagana nie daje podstaw do odrzucenia tezy o pożądanej homoskedastyczności. Statystyka Durbina-Watsona wskazuje na brak autokorelacji reszt, co także jest wskazane.

Tab. 6. Zestawienie parametrów modelu, dopasowania, istotności, testów weryfikujących założenia dla odstępu 10 lat

Model	R	$R^2$	Skorygowane $R^2$	F	Błąd standardowy oszacowania	Statystyka Durbina-Watsona	Breusch-Pagana	Kołmogorow-Smirnow		
								Statystyka	df	Istotność
10 lat	0,817	0,667	0,618	13,9	0,104698	2,034575	18,822 – $p(0.05)=$ 0,027	,103	72	,055

Analiza histogramu oraz statystyka Kołmogorowa-Smirnowa wskazują, że rozkład nie odbiega od normalnego, a średnia dąży do zera, co spełnia założenia modelu regresji. Największe zastrzeżenia budzą korelację pomiędzy zmiennymi niezależnymi, które mogą pogorszyć własności predykcyjne modelu.



Rys. 2. Histogram reszt standaryzowanych oraz wykres rozrzutu dla modelu regresji w odstępie 10 lat

W modelu ujęto 9 zmiennych niezależnych. Jest to stosunkowo dużo, zważywszy na liczbę pomiarów, jednak warto mieć na uwadze, że są to pomiary złożone, prezentujące większą liczbę inwestycji, bo aż 4704 domy. Wartość testu t wskazuje, że każda z dziewięciu zmiennych jest istotna statystycznie. Najbardziej negatywnie na rozwój wpływa odległość od centrum aglomeracji, zaś najlepiej oddziałuje dostęp do lasu otwartego. Żadna ze zmiennych nie jest sprzeczna z wiedzą na temat dyscypliny, uciążliwości wpływają ujemnie, usługi i zasoby przyrodnicze dodatnio. Co niezwykle interesujące, ujemnie wpływa duża powierzchnia przeznaczona na zabudowę mieszkaniową w bliskim sąsiedztwie środka opracowania (w promieniu 600 metrów). Jest to drugi co do siły negatywny wpływ. Wnioskować można na tej podstawie, że przeznaczanie dużych obszarów w danej lokalizacji na zabudowę mieszkaniową jednorodziną spowalnia procentowy rozwój całości opracowania. Z pewnością zależność ta jest zdecydowanie bardziej złożona, a jej pomiar trudny, jednak jest to odkrycie, które zarówno pomaga objaśnić zależności przestrzenne, jak i jest pomocne w procesie projektowym. Pozostałe kwestie przydatne z perspektywy wyjaśnienia procesów to oszacowania skali wpływu za pomocą współczynników standaryzowanych beta. Naturalnie postrzeganie wpływu dostępu do obiektów użyteczności publicznej nie powinno być odczytywane bezpośrednio. Położenie w dystansie poniżej dwóch i pół kilometra od liceum implikuje w większości przypadków dostęp do pewnego lokalnego centrum, miasta lub większej wsi. Zmienne nie są też ze sobą silnie skorelowane (korelacja Pearsona poniżej 0,5). Największe korelacje występują w parach zmiennych: zabudowa deweloperska i zabudowa szeregowa, dostęp do zieleni publicznej i zabudowa szeregowa, zabudowa szeregowa i instalacja sanitarna, dostęp do zieleni publicznej i instalacja sanitarna. Wynoszą one powyżej 0,4. Pozostałe są niskie (poniżej 0,3).

Tab. 7. Zestawienie parametrów zmiennych w modelu regresji dla odstępu 10 lat

	Współczynniki niestandardyzowane		Współczynniki standaryzowane Beta	t	Istotność statystyczna
	B	Błąd st.			
(Stała)	0,412292	0,06101		6,726	0,00
Odległość od centrum	-,009828	,001776	-,463327	-5,533	,000
Areal MPZP600m	-,002493	,000880	-,227665	-2,833	,006
Zabudowa szeregowa odsetek	-,222741	,098827	-,221218	-2,254	,028
Uciążliwe drogi lub tory	-,027261	,013184	-,160699	-2,068	,043
Liceum lub technikum 2500 m	,074479	,029149	,205548	2,555	,013
Zabudowa deweloperska odsetek	,138728	,053408	,217040	2,598	,012
Dostęp do zieleni publicznej	,146673	,057264	,233396	2,561	,013
Instalacja sanitarna	,176075	,047345	,328455	3,719	,000
Dostęp do lasu otwartego	,268038	,057825	,359084	4,635	,000

Zamieszczona powyżej analiza rozrzutu oraz zestawienie wyników pozwalają zauważyć, że w modelu pojawiają się przypadki, w których reszta przyjmuje wysoką wartość bezwzględną. Największa z tych wartości, równa 30,46%, dotyczy przypadku, gdzie oszacowany relatywny stopień rozwoju był wyższy niż zmierzony rozwój. W odwrotnym układzie reszta wynosiła 20,9%. W odniesieniu do rozwoju obszarów mieszkaniowych są to błędy znaczące, choć występują w niewielkiej liczbie przypadków, co widoczne jest na poniższym zestawieniu. Odchylenie standardowe reszt wynosi 9,76% dla zmiennej relatywnego stopnia rozwoju, która wyrażana jest na skali procentowej w równym dla wszystkich przypadków zakresie od 0 do 100%.

### 4.3. Model regresji wielorakiej dla odstępu 15 lat od uchwały

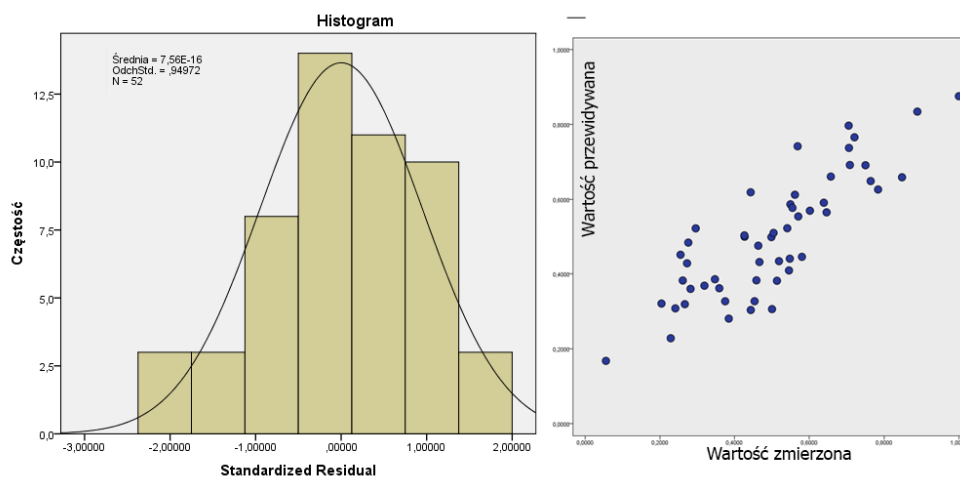
W ostatnim modelu dla 15 lat miary dopasowania wynoszą odpowiednio dla R2 0,703, a dla skorygowanego R-kwadrat 0,671. Są to wartości wyższe niż w poprzednich modelach, co wydaje się bardzo obiecujące. Niestety model ten co do zasady nie ma zastosowań analitycznych, a jedynie porównawcze, gdyż wszystkie zawarte w nim przykłady z konieczności objęte są uchwałami sporządzonymi na podstawie poprzedniej ustawy o planowaniu przestrzennym z 1994 roku (Zipser, Sławski 1988), a co więcej – jest ich znacznie mniej, gdyż tylko 52. Warto przy tym nadmienić, że dużą część planów ponownie uchwalono tuż po wejściu w życie nowej ustawy bez istotnych zmian dotyczących zabudowy mieszkaniowej, jako formę dostosowania do aktualnych procedur.

Tab. 8. Zestawienie parametrów modelu, dopasowania, istotności, testów weryfikujących założenia dla odstępu 10 lat

Model	R	R2	Skorygowane R2	F	Błąd standardowy oszacowania	Statystyka Durбина-Watsona	Breusch-Pagana	Kolmogorow-Smirnow		
								Statystyka	df	Istotność
15 lat	0,838	0,703	0,671	21,8	0,1117875	1,751	4,164 – p(0.05) = 0,5260	,066	52	,200

Co do samej parametrycznej oceny modelu to jest on wysoce istotny, choć test Breusch-Pagana nie pozwala wykluczyć heteroskedestyczności, a test Durбина-Watsona pozostawia ocenę dotyczącą autokorelacji w obszarze niekonkluzyjnym.





Rys. 3. Histogram reszt standaryzowanych oraz wykres rozrzutu dla modelu regresji w odstępie 15 lat

Tab. 9. Zestawienie parametrów zmiennych w modelu regresji dla odstępu 15 lat

	Współczynniki nie-standaryzowane		Współczynniki standaryzowane	t	Istotność statystyczna
	B	Błąd standardowy	Beta		
(Stała)	,673182	,074734		9,008	,000
Odległość od centrum	-0,01474	0,002214	-0,59976	-6,65739	0,0000
Areal OMPZP 600 m	-0,00273	0,001014	-0,23645	-2,68831	0,009967
Liceum 2500 m	0,096579	0,036351	0,224505	2,656825	0,010807
Dostęp do lasu otwartego	0,249393	0,074597	0,290463	3,343204	0,001653
Dostęp do zieleni publicznej	0,257536	0,066594	0,332932	3,867275	0,000344

Z powyższej tabeli można odczytać, że kierunek i skala oddziaływań są zbliżone do poprzednich modeli. Najistotniejszy negatywny wpływ ma odległość od centrum aglomeracji. W modelu jest znacznie mniej zmiennych, gdyż zostało ich tylko pięć. Jest to także związane z mniejszą liczbą prób. Zmienną opisującą wpływ uciążliwości także usunięto, gdyż nie spełniła założeń dotyczących istotności statystycznej.

Tab. 10. Zestawienie wyników modelu regresji dla odstepu 10 i 15 lat

LP	Nazwa gmina	10 lat - pomiar	15 lat - pomiar	LP	Nazwa gmina	10 lat - pomiar	15 lat - pomiar
		predycja	predycja			predycja	predycja
1	2460 Uchwala Nr 370/XL/2002 R	23,0%	34,7%	41	Uchwala Nr XLIV/425/2001 Rad	30,1%	44,3%
Gmina:	Murawiana Gosolina	28,9%	38,6%	Gmina:	Suchy Las	18,5%	30,4%
2	3788 Uchwala Nr 389/XLI/2002 R	21,8%	29,6%	42	Uchwala Nr 112/XVII/99 Rady G	62,5%	70,8%
Gmina:	Murawiana Gosolina	32,2%	52,2%	Gmina:	Czerwonak	53,9%	69,1%
3	Uchwala Nr XXVII/277/2000 Rac	48,0%	54,1%	43	Uchwala Nr 156/XXX/97 Rady G	31,9%	44,3%
Gmina:	Rokietnica	51,4%	52,2%	Gmina:	Czerwonak	52,6%	61,9%
5	Uchwala Nr XI/111/2003 Rady G	68,4%	84,8%	44	Uchwala Nr 104/XVI/2003 Rady	34,3%	42,6%
Gmina:	Rokietnica	56,8%	65,9%	Gmina:	Czerwonak	37,4%	50,3%
6	Uchwala Nr IX/74/2003 Rady Gr	37,6%	49,8%	45	Uchwala Nr 370/LXI/2002 Rady	18,7%	26,1%
Gmina:	Rokietnica	39,6%	49,9%	Gmina:	Czerwonak	17,7%	38,3%
7	Uchwala Nr XXXVII/276/2000 Ra	40,8%	46,6%	46	Uchwala Nr 370/LXI/2002 Rady	34,9%	46,3%
Gmina:	Rokietnica	35,9%	43,2%	Gmina:	Czerwonak	27,1%	47,6%
8	Uchwala Nr XXXIII/231/2000 Rad	24,7%	27,3%	47	Uchwala Nr 366/LX/2002 Rady G	69,7%	78,4%
Gmina:	Rokietnica	28,7%	42,9%	Gmina:	Czerwonak	56,8%	62,6%
9	Uchwala Nr VI/86/99 Rady Gmi	59,3%	64,6%	48	Uchwala Nr 42/VI/2003 Rady Gr	53,4%	65,7%
Gmina:	Rokietnica	52,1%	56,5%	Gmina:	Czerwonak	49,3%	66,0%
10	Uchwala Nr XI/108/99 Rady Gm	60,8%	70,6%	49	Uchwala Nr 377/LXII/2002 Rady	16,6%	27,6%
Gmina:	Rokietnica	59,0%	73,7%	Gmina:	Czerwonak	47,1%	48,4%
11	Uchwala Nr 272/XXX/2001 Rady	29,3%	42,7%	50	Uchwala Nr 377/LXII/2002 Rady	42,5%	50,4%
Gmina:	Murawiana Gosolina	33,5%	50,0%	Gmina:	Czerwonak	48,8%	51,0%
12	Uchwala Nr 282/XXXI/2001 Rad	17,4%	20,4%	51	Uchwala Nr XIV/137/99 Rady M	19,6%	26,7%
Gmina:	Murawiana Gosolina	20,4%	32,1%	Gmina:	Szamotoły	22,7%	31,9%
13	Uchwala Nr 371/XL/2002 Rady N	40,7%	57,0%	52	Uchwala Nr XXII/203/2000 Rady	40,9%	50,0%
Gmina:	Murawiana Gosolina	41,8%	55,4%	Gmina:	Szamotoły	25,9%	30,6%
14	Uchwala Nr XXXIII/199/96 Rady n	10,9%	25,5%	53	Uchwala Nr XXXIV/218/2000 Rad	5,6%	5,6%
Gmina:	Oborniki	41,2%	45,2%	Gmina:	Szamotoły	9,9%	16,8%
15	Uchwala Nr XXXIII/199/96 Rady n	26,6%	31,9%	55	Uchwala Nr 287/XXXII/2001 Rad	20,7%	24,1%
Gmina:	Oborniki	25,6%	36,9%	Gmina:	Murawiana Gosolina	24,5%	30,8%
16	Uchwala Nr VI/28/99 Rady mie	47,3%	54,6%	56	Uchwala Nr XXXIV/327/2000 Ra	71,4%	100,0%
Gmina:	Oborniki	31,0%	41,0%	Gmina:	Suchy Las	68,2%	87,6%
18	Uchwala Nr XI/433/01 Rady mi	42,9%	51,3%	57	Uchwala Nr XXXVI/183/2005 Rad	28,2%	
Gmina:	Oborniki	30,8%	38,2%	Gmina:	Szamotoły	22,5%	
20	Uchwala Nr XXXVI/278/2000 Ra	47,8%	51,9%	58	Uchwala Nr XXXVIII/413/2001 R	57,1%	76,4%
Gmina:	Tarnowo podgórne	38,1%	43,5%	Gmina:	Rokietnica	51,3%	64,8%
21	Uchwala Nr XXXIX/195/93 Rady	25,8%	37,5%	59	Uchwala Nr VLVI/452/2006 z dn	29,4%	
Gmina:	Tarnowo podgórne	22,7%	32,8%	Gmina:	Rokietnica	45,1%	
22	Uchwala Nr XXXVI/277/2000 Ra	53,5%	60,1%	60	Uchwala Nr XXXIV/346/2005 Ra	76,3%	
Gmina:	Tarnowo podgórne	44,1%	56,9%	Gmina:	Rokietnica	55,3%	
23	Uchwala Nr XLVII/392/2001 Rad	38,5%	45,8%	61	Uchwala nr XLVIII/410/2006 Gm	54,6%	
Gmina:	Tarnowo podgórne	33,1%	38,4%	Gmina:	Suchy Las	53,2%	
24	Uchwala Nr XLII/325/2000 Rady	48,0%	58,0%	62	Uchwala nr LVII/502/2006 Rady	23,1%	
Gmina:	Tarnowo podgórne	38,0%	44,6%	Gmina:	Suchy Las	28,6%	
25	Uchwala Nr LXII/538/98 Rady G	33,3%	54,8%	63	Uchwala nr X/75/2007 Rady gm	21,2%	
Gmina:	Tarnowo podgórne	36,6%	44,1%	Gmina:	Suchy Las	27,6%	
26	Uchwala Nr LX/508/2001 Rady G	24,2%	45,3%	64	Uchwala nr LVI/490/2006 Rady	58,1%	
Gmina:	Tarnowo podgórne	41,4%	32,7%	Gmina:	Suchy Las	59,2%	
27	Uchwala Nr LI/457/2001 Rady G	32,4%	38,4%	65	UCHWALA NR LVII/501/2006 RA	60,7%	
Gmina:	Tarnowo podgórne	23,5%	28,1%	Gmina:	Suchy Las	71,5%	
28	Uchwala Nr LI/457/2001 Rady G	13,9%	22,9%	66	Uchwala nr LI/433/2006 Rady G	42,4%	
Gmina:	Tarnowo podgórne	18,3%	22,9%	Gmina:	Suchy Las	41,1%	
29	Uchwala Nr IV/22/98 Rady Gmi	46,5%	54,9%	67	Uchwala nr XLIX/370/2005 Rady	45,5%	
Gmina:	Tarnowo podgórne	43,9%	58,6%	Gmina:	Oborniki	35,7%	
30	Uchwala Nr XLI/313/2000 Rady	25,6%	28,2%	68	Uchwala nr XXXII/198/2005 Rad	39,8%	
Gmina:	Tarnowo podgórne	21,2%	36,1%	Gmina:	Szamotoły	40,9%	
31	Uchwala Nr LIJ/272/97 Rady Gm	42,6%	56,1%	69	Uchwala nr XXXV/220/2005 Rad	33,3%	
Gmina:	Suchy Las	43,8%	60,6%	Gmina:	Szamotoły	37,1%	
33	Uchwala Nr LIJ/272/97 Rady Gm	61,8%	72,1%	71	Uchwala Nr 385/LX/ 2006 Rady G	46,8%	
Gmina:	Suchy Las	62,2%	76,6%	Gmina:	Czerwonak	41,9%	
34	Uchwala Nr LIJ/272/97 Rady Gm	62,1%	75,0%	72	Uchwala Nr 385/LX/ 2006 Rady G	33,3%	
Gmina:	Suchy Las	51,6%	69,2%	Gmina:	Czerwonak	35,5%	
35	Uchwala Nr LIJ/272/97 Rady G	40,4%	56,9%	73	Uchwala Nr 385/LX/ 2006 Rady G	30,4%	
Gmina:	Suchy Las	52,6%	74,2%	Gmina:	Czerwonak	41,7%	
36	Uchwala Nr LIX/317/98 Rady Gn	83,3%	88,9%	75	UCHWALA NR XV/88/2007 RADY	28,9%	
Gmina:	Suchy Las	66,7%	83,5%	Gmina:	Komorniki	40,5%	
37	Uchwala Nr XXXII/307/2000 Rad	56,4%	70,5%	76	UCHWALA NR LI/305/2006 RADY	68,0%	
Gmina:	Suchy Las	59,2%	79,7%	Gmina:	Komorniki	57,5%	
38	Uchwala Nr LXIV/339/99 Rady G	47,0%	63,9%	77	UCHWALA NR XIX/126/2004 RAC	41,4%	
Gmina:	Suchy Las	53,2%	59,1%	Gmina:	Komorniki	41,6%	
39	Uchwala Nr XLVIII/450/2001 Ra	33,9%	55,5%	78	UCHWAEA NR XLV/278/2006 RA	23,5%	
Gmina:	Suchy Las	41,1%	57,7%	Gmina:	Komorniki	24,8%	
40	Uchwala Nr XLIV/425/2001 Rad	30,6%	35,9%	79	UCHWALA NR XIX/126/2004 RAC	20,0%	
Gmina:	Suchy Las	24,1%	36,2%	Gmina:	Komorniki	25,0%	

## 5. WNIOSKI I PODSUMOWANIE

W powyższym badaniu regresji wielorakiej stworzono dwa modele uznane za spełniające kryteria i zdadne do wnioskowania. Za ich pomocą opisuje się zmienność relatywnego stopnia rozwoju w odstępach 10 i 15 lat od uchwały. Trzeci model odpowiadający okresowi pięcioletniemu odrzucono ze względu na zbyt niskie dopasowanie oraz dużą korelację zmiennych niezależnych, których oddziaływanie było sprzeczne z ogólną wiedzą o planowaniu przestrzennym. Zdanie to dotyczy negatywnego wpływu dostępności gabinetów lekarskich w odległości mniejszej niż 1000 metrów. Taka sytuacja ilustruje jedno z niebezpieczeństw związanych z połączeniem słabego dopasowania z wysoką korelacją zmiennych niezależnych. Syntetyzując tę myśl, gdy dwa predyktory są silnie skorelowane, ale nie mają wpływu na zmienną objaśnianą, to przy badaniach regresji możliwe jest błędne ustalenie, że obie oddziałują, lecz w przeciwnym kierunku. W rezultacie ich wartości się zerują i bilans pozornie jest poprawny, co jest ustaleniem metodologicznym. Warto także nadmienić, że każda z predykcji obarczona jest błędem. Jest on o tyle silniejszy, że sam pomiar nie mógł być od niego w pełni wolny w związku z pojawiającymi się czasami błędami w bazach danych i niekompletnością. Jest to powód, dla którego pomiary były dokonywane z możliwie największą dokładnością, zawsze na podstawie więcej niż jednej bazy danych. Dla relatywnego stopnia rozwoju były to bazy EGiB, ortofotomapy archiwalne, BDOT i wrywkowo osobista inwentaryzacja. Rzetelniejsze i pełniejsze bazy znacząco przyspieszyłyby pracę i pozwoliły także na ujęcie większej puli przypadków. Istotnym spostrzeżeniem jest czytelna zależność pomiędzy odstępem czasu od uchwały a stopniem dopasowania. Wraz ze wzrostem tego czasu dopasowanie znacząco się polepszało, o czym świadczą wartości skorygowanego R-kwadrat równe dla 5, 10 i 15 lat odpowiednio 0,331, 0,618 i 0,671. Dłuższe okresy są niewątpliwie mniej podatne na chwilową zmianę koniunktury. Równocześnie w związku ze zmianą ustawy mniejszą liczbą przypadków oraz większym rozrzuceniem w czasie za podstawę do wnioskowania oraz narzędzie zdadne do wykorzystania w analizach w procesie projektowania urbanistycznego oraz decyzjach z zakresu planowania przestrzennego wybrany został model regresji dla odstępów dziesięcioletniego zamiast piętnastoletniego. Ten drugi natomiast pełni funkcję pomocniczą i porównawczą. Objasnienie skali i kierunku zależności poszczególnych zmiennych niezależnych wskazuje, że najistotniejsza we wszystkich przypadkach jest odległość od centrum aglomeracji, której wzrost przekłada się na wolniejszy rozwój. Najbardziej pozytywnie z badanych parametrów oddziałuje natomiast dostęp do zasobów przyrodniczych, w tym zieleni publicznej oraz lasu otwartego. Na drugim miejscu pod tym względem jest instalacja sanitarna, dopiero na kolejnym dostęp do obiektów użyteczności publicznej reprezentowanych w modelu dziesięcioletnim przez liceum w odległości 2500 metrów. W podobnym stopniu pozytywnie wpływa także sposób organizacji inwestycji polegający na realizacji wielu obiektów przez jednego inwestora z zamiarem

sprzedaży. Według badania na takich obszarach budynki powstają nieznacznie szybciej. Ta ustalona w analizie hierarchia ważności poszczególnych zmiennych jest dość zaskakująca, jednak jeszcze bardziej zaskakują cechy pogarszające tempo rozwoju. Poza odległością od centrum aglomeracji, której kluczowy wpływ był do przewidzenia, na drugim miejscu jest lokalna dostępność działek pod zabudowę oraz mieszkań szacowana na podstawie arealu funkcji mieszkaniowej przewidzianej w planach w promieniu 600 metrów od środka terenu opracowania. Jest to estymacja bardzo ogólna, nieuwzględniająca mnóstwa czynników, jednak w dwóch modelach wskazująca na czytelną zależność. Skłania to do dalszych poszukiwań bardziej szczegółowego sposobu oceny oraz badania zdiagnozowanej relacji. Wiąże się to także w pewnym stopniu z kolejną ze zmiennych, odsetkiem zabudowy szeregowej, która negatywnie wpływa na relatywny stopień rozwoju. Wszak taki typ budynków także zwiększa liczbę mieszkań, więc po części wiąże się z lokalną dostępnością działek pod zabudowę jednorodziną. Oczywiście w grę wchodzi także preferencje co do typologii. Najsłabszy negatywny wpływ ma sąsiedztwo drogi lub torów kolejowych, wciąż jest on bardzo istotny. Jest to także trudne do zdiagnozowania, gdyż w większych obszarach uciążliwość ta występuje tylko dla części obiektów.

Obraz rysujący się na podstawie tego badania jest uproszczony ze względu na prosty sposób wprowadzenia danych na temat złożonej rzeczywistości przestrzennej. Przykładowo, zaproponowany pomiar dostępu do lasu otwartego lub zieleni publicznej nie reprezentuje oczywiście całego bogatego opisu warunków przyrodniczych obszaru, pozwala jednak w sposób zobiektywizowany je zmierzyć i oszacować jako wartość liczbową, co następnie pozwala na dokonanie analizy statystycznej. Płynie z tego wniosek dotyczący możliwości wykorzystania w szeroko pojętym projektowaniu urbanistycznym. Streścić go można jako konieczność holistycznej, jakościowej oceny każdej sytuacji przestrzennej i postrzeganie modelu regresji jako narzędzia pomocniczego, które w istotny sposób może pomóc w ocenie uwarunkowań i wpływu decyzji projektowych. Równocześnie podstawowym zastosowaniem jest analiza i ocena, a sama prognoza wymaga założenia, że zależności nie ulegną zmianie w czasie i o ile nie dotyczą tej samej aglomeracji, to nie zmieniają się ze względu na lokalizację. Ostatecznie można stwierdzić, że wykorzystanie modelu rozwoju pozwala ocenić decyzje projektowe, wspomagać proces projektowy, a także wspierać argumentacje na korzyść rozwiązań spełniających założone kryteria. Przez to wykorzystanie powyższego modelu pozwala na dążenie do tworzenia przestrzeni zdecydowanie bardziej dostosowanej dla osób w późnym wieku.

## LITERATURA

- Almeida C.M., Gleriani J.M., Castejon E.F., Soares-Filho B.S. (2013). *Using neural networks and cellular automata for modelling intra-urban land-use dynamics*. International Journal of Geographical Information Science, vol. 22, no. 9, 943–963.
- Barełkowski R. (2014). *FAST – Fast Simulation Tool for sustainable development of energy infrastructure in suburban areas*. Energy Quest, At Ekaterinburg, Russia, 61-71.
- Barełkowski R. (2015). *FAST Matrix: depicting the time-related aspect of urban development*, w: *The Sustainable City X: Urban Regeneration and Sustainability*, eds. C.A. Brebbia, W.F. Flores-Escobar, WIT Press, 3-10.
- Beim M. (2007). *Modelowanie procesu suburbanizacji w aglomeracji poznańskiej z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych i automatów komórkowych*, Zakład Ekonometrii Przestrzennej Instytut Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej UAM, 156-183 (praca doktorska pod kierunkiem prof. UAM dr. hab. Waldemara Ratajczaka).
- Dz.U. 1994, nr 89, poz. 415. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. o zagospodarowaniu przestrzennym, uchylona.
- Dz.U. 2003, nr 80, poz. 717. Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, art. 1.13, art. 3.2, art. 10.1, art. 10.5, art. 15.1, art. 37.2, art. 47.1.
- Dz.U. 2015, poz. 1777. Ustawa z dnia 9 października 2015 r. o rewitalizacji, art. 3.1.3.
- Groat L., Wang, D. (2002). *Architectural Research Methods*, John Wiley & Sons.
- Idczak P. (2016). *Peryurbanizacja w Poznańskim Obszarze Metropolitalnym*. Studia i Prace WNEiZUS, nr 46/2, 244-253.
- Irwin E.G., Bockstael N.E. (2007). *The evolution of urban sprawl: Evidence of spatial heterogeneity and increasing land fragmentation* (ed. L. Turner II). Proceedings of National Academy of Science of United States of America, vol. 104, no. 52, 20672-20677.
- Kissling W.D., Carl G. (2007). *Spatial autocorrelation and the selection of simultaneous autoregressive models*. Global Ecology and Biogeography, vol. 17, no. 1, 59–71.
- Krenker A., Bester J., Kos A. (2011). *Introduction to the Artificial Neural Networks* (ed. K. Suzuki). Artificial Neural Networks-Methodological Advances and Biomedical Applications, InTech, 5-7.
- Lesage J.P., Fischer M.M. (2008). *Spatial Growth Regressions: Model Specification*. Estimation and Interpretation, Spatial Economic Analysis, vol. 3, no. 3, 278-280.
- Luo J. (2008). *Modeling Urban Growth with Geographically Weighted Multinomial Logistic Regression*. Published in SPIE Proceedings, Geoinformatics 2008 and Joint Conference on GIS and Built Environment: The Built Environment and Its Dynamics, vol. 7144, 1-11.
- Madsen H., Thyregod P. (2010). *Introduction to General and Generalized Linear Models*. Texts in Statistical Science Series, Taylor & Francis Group, 47.
- Maithani S., Jain R.K., Arora M.K. (2007). An artificial neural network based approach for modeling urban spatial growth. ITPI Journal, vol. 4, no. 2, 43-51.
- Małek J. (2016). *Historyczne i współczesne uwarunkowania procesów suburbanizacji, przestrzeń i FORMa*, 432-442.
- Ossowicz T. (2003). *Metoda ustalania kolejności przedsięwzięć polityki przestrzennej miasta wielkiego*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Sugumaran R., DeGroote J. (2010). *Spatial Decision Support Systems, Principles and Prac-*

- tices*, Taylor & Francis Group, New York, 197-199.
- Szczepański P., Pyszny K., Zydróż A. (2013). *Analiza zróżnicowania stopnia szczegółowości ustaleń polityk przestrzennych wybranych gmin aglomeracji poznańskiej*. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 15, 2768-2775.
- Triantakoustantis D., Mountrakis G. (2012). *Urban Growth Prediction: A Review of Computational Models and Human Perceptions*. *Journal of Geographic Information System*, vol. 4, 555-587.
- Wang S., Jiang H., Lu H. (2002). *An Integrated Fuzzy Clustering Algorithm GFC for Switching Regressions*. *Journal of Software*, vol. 13, no. 10, 1906-1910.
- Welfe A. (2003). *Ekonometria. Metody i ich zastosowanie*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 64-90.
- Zipser T., Sławski J. (1988). *Modele procesów urbanizacji: teoria i jej wykorzystanie w praktyce planowania*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 5-15.

## DEVELOPMENT ANALYSIS AS A TOOL TO SUPPORT THE DESIGN OF HIGH-QUALITY RESIDENTIAL AREAS FOR AN AGING POPULATION

### Summary

Urban sprawl causes a deterioration in the quality of housing, hinders access to emergency services, and also influences the environmental pollution. Suburban development is chaotic and absorbs huge areas. In turn, it leads to the low quality of infrastructure. Lack of water supply and sewage treatment results in individual water intakes and septic tanks, often illegally turned into individual sewage treatment plants. Lack of gas and heating network causes the usage of solid and liquid fuels, and in practice smog emission. The picture is completed with traffic jams. Therefore, urban sprawl has also a direct impact on the public health issues. In this context, the research is focused on establishing a regression model. Its application will allow to determine the parameters indicating the future development. This model can be used as the spatial planning supporting. The study was conducted in selected residential areas covered by local spatial development plans according to within the Poznan urban agglomeration out of city area

**Keywords:** spatial design support systems, housing areas growth modeling, multiple regression for spatial development, suburbanisation