

**Piotr Gibas**

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, Katedra Gospodarki Przestrzennej  
i Środowiskowej, ul. 1 Maja 50, 40-287 Katowice, piotr.gibas@ue.katowice.pl

## WYMIAR FRAKTALNY POLSKIEGO ORGANIZMU PRZESTRZENNEGO

**Abstract:** Fractal dimension of Polish spatial organism. The analysis of the fractal dimension becomes one of the new approach features in spatial research. This approach bases on the perception of space as a living structure, an organism which in its complexity and heterogeneity is a multi-scale creation although holistically perceived. The aim of the authors was to determine the nationwide fractal dimensions for the distinguished construction categories and designation of general regularities in these layout.

**Keywords:** fractal dimension, living structure, spatial organism, construction categories

**JEL codes:** R110, R140, R580

### Wprowadzenie

Wśród podstaw teoretycznych rozważań nad gospodarką przestrzenną możemy odnaleźć wiele koncepcji i kategorii zapożyczonych z innych dziedzin nauki. Przede wszystkim pochodzą one z fizyki (np. model grawitacji, potencjał miejsca, dyspersja i entropia przestrzenna), ale także z biologii (np. cykl życia, model ofiara–drapieżca, organizm miejski, bioekonomia). Aktualnie w literaturze przedmiotu obserwuje się nasilenie tego procesu. Skutkuje to upowszechnieniem się koncepcji organizmu (w tym, ujęcie logika i filozofa przyrody A.N. Whitehada lub żywej struktury (organizacji) według Ch. Alexandra) oraz renesansem takich koncepcji, jak morfologia miejska lub metabolizm miasta. Pojawiają się nawet głosy za zmianą obecnego paradygmatu

badzeń przestrzennych na nowy i lepiej dostosowany do analizowania złożonego i dynamicznie zmieniającego się świata. Takie rozważania w swej istocie połączyć mogą dorobek geografii i ekonomii z językiem opisu zarezerwowanym wcześniej dla nieliniowej fizyki i matematyki oraz z biologiczno-ekologicznymi koncepcjami życia złożonych struktur [Ho 2015].

## Założenia teoretyczne

Ceniony za swój dorobek z matematyki logik A.N. Whitehead (1861–1947), tworząc filozofię procesu, nazwał „organizmem” dynamiczny element rzeczywistości, który, aby „trwać i odczuwać”, musi być powiązany z innymi organizmami, a jednocześnie być „wiązką” lub „splotem” organizmów, które go współtworzą, dziedzicząc po poprzednikach, w procesie swojego wzrostu i rozwoju określony zespół cech [na podstawie: Daly, Cobb 1989; Jusiak 1992; Ogrodnik i in. 2010]. Oznacza to, że organizmem są zarówno byty materialne (np. drzewa) i niematerialne (np. idee), myślące (ludzie, zwierzęta), jak i niemyślące (budynki, samochody), oraz to, że organizmy mają różny stopień złożoności (np. atom, związek chemiczny, cegła, budynek, zabudowa, infrastruktura, struktura przestrzenna), przy czym większe z nich są czymś więcej niż prosta suma mniejszych, a zatem są one zmienne w czasie. W takim ujęciu struktura przestrzenna staje się organizmem i obejmuje oprócz np. miast także mniej złożone obszary przestrzenne, np. obszary wiejskie.

Analiza złożoności jest podstawą dyscypliny określanej jako morfologia miejska. Studia nad formą miast (a obecnie coraz częściej większych jednostek przestrzennych, tj. układów funkcjonalnych, regionów, krajów) wywodzą się od badań Goethego (1749–1832) w zakresie biologii, nad rozpoznaniem prawidłowości lokalizacji obiektów w ramach większej struktury, którą ukształtowały [Gauthiez 2004; Oliveira, Monteiro 2014; Goh i in. 2016]. Studia z zakresu morfologii miejskiej rozwijały się początkowo pod wpływem szkoły niemieckiej, następnie francusko-szwajcarskiej i hiszpańsko-portugalskiej, by aktualnie poddać się inspiracji ośrodków naukowych z Wielkiej Brytanii, Szwecji oraz państw Dalekiego Wschodu (głównie Chin i Japonii). Badacze skupieni wokół tych szkół analizują tkankę miejską poprzez takie jej komponenty, jak: a) budynki (lub zabudowę), b) działki i inne wydzielenia (np. dzielnice), c) ulice, d) otwarta przestrzeń [Syahidah i in. 2018], by móc przeanalizować ich wzajemną konfigurację oraz przeprowadzić bardziej złożone analizy przestrzenne, obecnie najczęściej oparte na systemach GIS [Erin i in. 2017].

Analiza wymiaru fraktalnego staje się jednym z wyróżników nowego podejścia w badaniach przestrzennych. Wymiar fraktalny, szczególnie jeżeli jest liczony według formuły Ht-index, jest w nich podnoszony jako odpowiednik odległości euklidesowej [Jiang, Yin 2014]. Wymiar ten jest też miarą struktur

żywych (a więc, w ujęciu zwolenników tej koncepcji, nadaje się do opisu przestrzeni miast i obszarów wiejskich dużo bardziej niż mechanistycznie rozumiana odległość euklidesowa) [Jiang, Ren 2017]. Ten nowy paradygmat podnosi także kwestię myślenia w kategoriach optimum Pareta (w miejsce optimum Gaussiana), prawa Zipfa (w miejsce prawa Toblera) oraz przejścia od rozważań natury mechanistycznej do organicznej. W podejściu tym dominuje więc myślenie wielkoskalowe, lecz zarazem holistyczne, oparte na wzorcach nieregularnych kształtów i ich współzależności, powtarzalne, choć oparte na dysproporcji i przestrzennej niejednorodności [Jiang 2018a, b]. Siłą napędową tych zmian jest zaś upowszechnienie się big data oraz możliwości ich przetwarzania [Robinson i in. 2017].

W polskiej literaturze przedmiotu analiza wymiaru fraktalnego mimo uznania jej za jedną z możliwych metod opisywania stanu i struktury zagospodarowania przestrzennego [Bajerowski, Wielgosz 2003] jest wykorzystywana w badaniach przestrzennych stosunkowo rzadko [Solon 2002; Miałdun, Ostrowski 2010; Czornik i in. 2012; Ratajczak 2013; Łabędź 2016]. Najczęściej prace te dotyczyły jednak stosunkowo niewielkich fragmentów przestrzeni lub form ukształtowanych przez czynniki przyrodnicze. Niniejszy artykuł wypełnia tę lukę badawczą, wyznaczając wymiary fraktalne form antropogenicznych, ujmowanych całościowo w skali kraju.

## 1. Dobór cech i metody badawczej

Podstawę obliczeń stanowiły centroidy (punktowe reprezentacje) ponad 14,7 mln budynków ujętych w Banku Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k<sup>1</sup>), według stanu na 2015 r. Centroidy te wyznaczono w oprogramowaniu QGIS ver. 2.14.3 Essen, a podczas obliczeń wykorzystano także oprogramowanie SAGA GIS ver. 2.3.2 oraz IDRISI ver. ANDY.

Wymiar fraktalny wyznaczono metodą pudełkową – w stosunku do poszczególnych typów budynków wyróżnionych względem 21 funkcji ogólnych uwzględnionych w BDOT10k (tab. 1). Obliczenia wykonano dla map prezentujących występowanie danej kategorii w układzie rastrowym, o wymiarze pojedynczej komórki rastra równej 1 ha, dla całej Polski. Prowadzono je w polskim układzie odniesienia PL-ETRF89 (EPSG: 2180). Wymiar fraktalny wyliczono w oprogramowaniu SAGA GIS według formuły pudełkowej, polegającej na nakładaniu na kształt (powstający w wyniku rastryfikacji danych punktowych) kolejnych siatek analitycznych o coraz mniejszych oczkach,

<sup>1</sup> Struktura bazy danych została opisana w pozycji: *Opis ...* [2011]. Więcej na temat tworzenia tej bazy podają Olszewski i Gotlib [2013].

Tabela 1

## Kody i definicje funkcji ogólnych budynków\* w BDOT10K

Kod	Nazwa	Definicja
1110	budynki mieszkalne jednorodzinne	Obiekty budowlane, których co najmniej połowa powierzchni użytkowej jest używana do celów mieszkalnych. Należą do nich samodzielne budynki, takie jak wille, domy letniskowe, leśniczówki, domy mieszkalne w gospodarstwach rolnych, rezydencje wiejskie itp. oraz domy bliźniacze lub szeregowe, w których każde mieszkanie ma swoje własne wejście z poziomu gruntu.
1121	budynki o dwóch mieszkaniach	Samodzielne budynki, domy bliźniacze lub szeregowe o dwóch mieszkaniach ze wspólnym wejściem.
1122	budynki o trzech i więcej mieszkaniach	Pozostałe budynki mieszkalne o trzech i więcej mieszkaniach.
1130	budynki zbiorowego zamieszkania	Domy mieszkalne dla studentów, dzieci, ludzi starszych i innych grup społecznych, w szczególności internaty, bursy szkolne, domy studenckie, domy dziecka, domy dla bezdomnych, domy opieki społecznej (bez opieki medycznej) itp. oraz budynki mieszkalne na terenie koszar, zakładów karnych i poprawczych, aresztów śledczych, a także budynki rezydencji prezydenckich i biskupich.
1211	budynki hoteli	Budynki czasowego zakwaterowania, takie jak: hotele, motele, gospody, pensjonaty, samodzielne restauracje i bary.
1212	budynki zakwaterowania turystycznego pozostałe	Budynki czasowego zakwaterowania, takie jak: schroniska młodzieżowe, schroniska górskie, domy kempingowe, domy wypoczynkowe oraz pozostałe budynki zakwaterowania turystycznego.
1220	budynki biurowe	Budynek wykorzystywany jako miejsce pracy lub działalności biura, sekretariatu oraz inne budynki o charakterze administracyjnym, w szczególności: banku, operatora pocztowego, urzędu miejskiego, gminnego lub samorządowego, ministerstwa, lokal administracyjny różnych podmiotów gospodarczych, budynek parlamentu, centrum konferencyjne lub kongresowe, budynek sądu itp.
1230	budynki handlowo-usługowe	Budynek, w którym świadczona jest działalność handlowa lub handlowo-usługowa dla ludności: centrum handlowe, dom towarowy, pawilon handlowy lub usługowy, samodzielny sklep lub butik, hala używana do targów, aukcji lub wystaw, targowisko pod dachem, stacja paliw, stacja obsługi itp., apteka.
1241	budynki łączności, dworców i terminali	Budynek transportu lub łączności, dworca, terminalu, w tym: budynek lotniska, budynek dworca kolejowego, dworca autobusowego, terminalu portowego, budynek stacji kolejki górskiej lub wyciągu krzesełkowego, budynek stacji nadawczej radia lub telewizji, budynek centrali telefonicznej, centra telekomunikacyjne itp., hangar lotniczy, budynek nastawni kolejowej, zajezdnia dla środków transportu, budynek latarni morskiej, budynek (wieża) kontroli ruchu powietrznego, garaż lub zadaszony parking.

1242	budynki garaży	Budynek przeznaczony do przechowywania i niezawodowej obsługi pojazdów mechanicznych, w tym: garaże i zadaszone parkingi, budynki do przechowywania rowerów itp.
1251	budynki przemysłowe	Budynek przeznaczony na cele produkcyjne dla wszystkich gałęzi przemysłu, w szczególności: fabryki, warsztaty, hale produkcyjne, rzeźnie, browary, montownie, wytwórnie filmowe itp. Definicja nie obejmuje: rolniczych budynków produkcyjnych, hal magazynowych.
1252	zbiorniki, silosy i budynki magazynowe	Budynek przeznaczony do składowania i przechowywania towarów (z wyłączeniem rolniczych budynków produkcyjnych): powierzchnie magazynowe, zbiorniki na ciecze, gazy, materiały stałe (silosy), chłodnia, elewator zbożowy itp.
1261	ogólnodostępne obiekty kulturalne	Klasa obejmuje w szczególności: kino, operę, teatr, salę koncertową, budynki ogrodów zoologicznych i botanicznych.
1262	budynki muzeów i bibliotek	Klasa obejmuje w szczególności obiekty, takie jak: muzeum, biblioteka, galeria sztuki itp.
1263	budynki szkół i instytucji naukowych	Klasa obejmuje w szczególności: budynek przedszkolny lub szkolny, budynek szkoły wyższej lub placówki badawczej, laboratorium badawcze, budynek placówki oświatowo-wychowawczej, pracy pozaszkolnej oraz kształcenia ustawicznego, stację meteorologiczną i hydrologiczną, budynek obserwatorium.
1264	budynki szpitali i zakładów opieki medycznej	Budynek instytucji świadczącej usługi medyczne i chirurgiczne oraz pielęgnacyjne dla ludzi (z wyłączeniem domów opieki społecznej bez opieki medycznej). Budynki szpitala, szpitala klinicznego, sanatorium, przychodni, poradni, żłobka, ośrodka pomocy społecznej, szpitala więziennego i wojskowego, budynek przeznaczony do termoterapii, wodolecznictwa, rehabilitacji, stacja krwiodawstwa, laktarium, klinika weterynaryjna itp., budynek instytucji świadczącej usługi zakwaterowania, z opieką lekarską i pielęgnacyjną dla ludzi starszych, niepełnosprawnych itp.
1265	budynki kultury fizycznej	Budynek pełniący funkcje obiektu sportowego: hala sportowa, budynek przeznaczony do imprez sportowych, kryty basen, lodowisko, kręgielnia, sztuczne lodowisko itp., zadaszone trybuny do oglądania sportów na świeżym powietrzu.
1271	budynek gospodarstwa rolnego	Budynek magazynowy dla działalności rolniczej lub budynek gospodarstwa rolnego, w szczególności budynek inwentarski, stodoła, budynek gospodarczy do przechowywania sprzętu, materiałów, narzędzi i płodów rolnych, szopa rolnicza, spiżarnia, piwnica, silos rolniczy, szklarnia oraz budynek przeznaczony do wykonywania prac warsztatowych, inny budynek służący mieszkańcom budynku mieszkaniowego, zamieszkania zbiorowego, rekreacji indywidualnej, a także ich otoczenia.
1272	budynki przeznaczone do sprawowania kultu religijnego i czynności religijnych	Budynki sakralne, w tym: kościół, kaplica, cerkiew, meczet, synagoga oraz obiekty na terenie cmentarzy: dom pogrzebowy, krematorium.

1273	obiekty budowlane wpisane do rejestru zabytków i objęte indywidualną ochroną konserwatorską oraz nieruchomości archeologiczne dobra kultury	Wszystkie obiekty budowlane bez względu na stan zachowania, ale nie wykorzystywane do innych celów; nieruchomości archeologiczne dobra kultury.
1274	pozostałe budynki niemieszkalne, gdzie indziej nie wymienione	Budynki niesklasyfikowane w żadnej innej grupie budynków, w szczególności: areszt śledczy, schronisko dla nieletnich, zakład karny lub poprawczy, zabudowa koszarowa, toaleta publiczna itp.

\*Budynki można też podzielić według 162 funkcji szczegółowych.

Źródło: Opis... [2011].

całkowicie pokrywających obiekt oraz kolejnym zliczaniu zajętych przezeń komórek. Wymiar fraktalny został więc obliczony jako współczynnik nachylenia linii regresji, obrazującej krzywą ilorazów  $\ln$  liczby zajętych komórek przy danej skali oraz  $\ln$  odwrotności skali komórki [Morency, Chapleau 2003; Prigarin i in. 2013; Łabędź 2016: 11–14].

Do celów analitycznych zaprezentowano wykres giełdowy wyznaczonych wartości (powierzchnia otwarcia, powierzchnia maksymalna, powierzchnia minimalna, powierzchnia zamknięcia). Ponieważ analizowany obszar jest stosunkowo duży, kolejne wartości pokazano w skali logarytmicznej – im wyżej położony jest wykres, tym bardziej rozległy przestrzennie jest dany organ przestrzennego organizmu (raster w rozdzielczości 1 ha przedstawiający w kategoriach logicznych prawdy miejsca występowania budynków o określonej funkcji).

Analizy kształtu organów dokonano poprzez analizę wymiarów fraktalnych wyznaczonych dla 20 klas wielkości siatki analitycznej (od skali 1:100 do skali 1:221 684); im wyższa była wartość współczynnika wymiaru fraktalnego dla skali 1:100, tym bardziej skomplikowany był kształt przestrzenny. Dla porównania wyników wartości współczynników fraktalnych w skali 1:100 pokazano na wykresie gradację skomplikowania kształtu dla poszczególnych kategorii budynków. Wybrane przykłady zaprezentowano zaś dla całości skali siatki analitycznej.

## 2. Wybrane wyniki badań

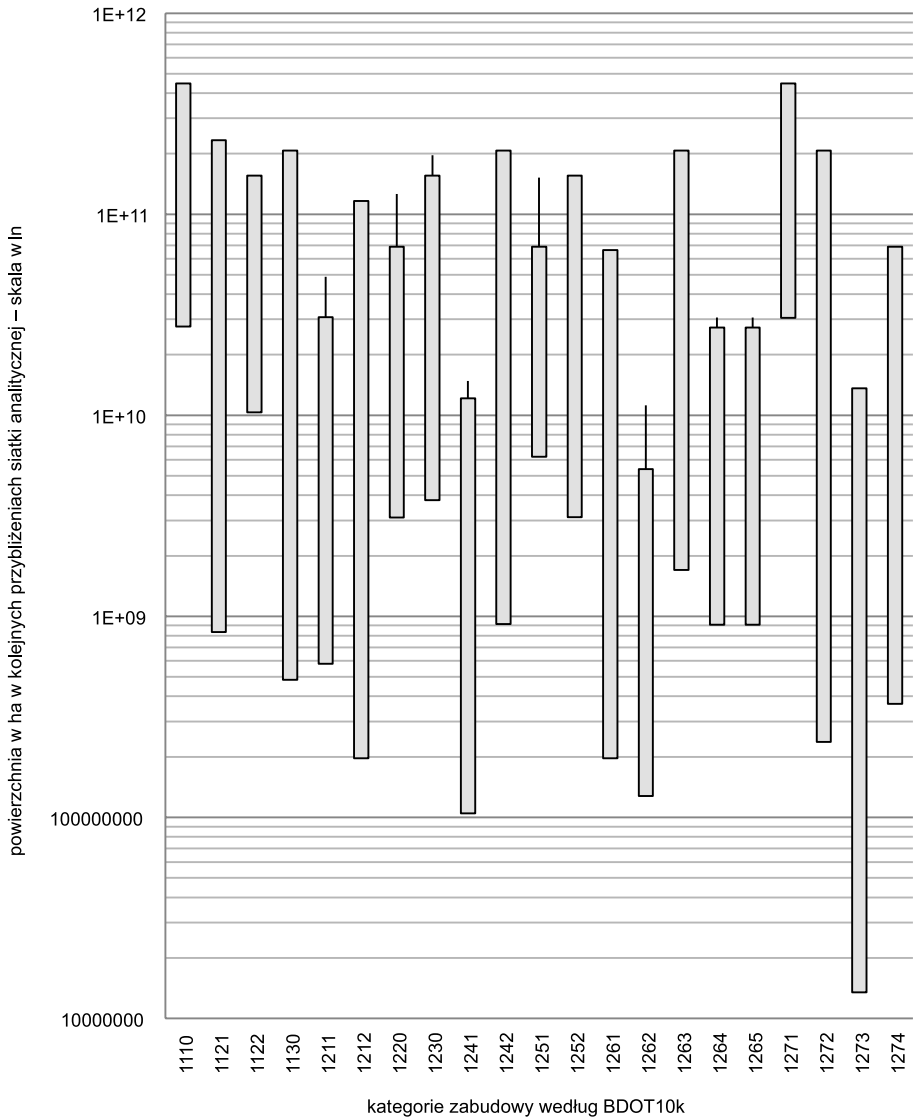
Największy obszar zajmowały budynki mieszkalne jednorodzinne (kategoria 1110) oraz budynki gospodarstw rolnych (kategoria 1271), przy czym te pierwsze występowały na obszarze od 27 610 158 561 ha (w skali 1:100) do 446 925 453 102 ha (w skali 1:221684), natomiast drugie obejmowały obszar od 30 508 296 534 ha w skali 1:100 do 446 925 450 000 w skali 1:221683,782001. Stosunkowo duży był także obszar, na którym występowały budynki o trzech i więcej mieszkaniach (kategoria 1122), gdyż zajmowały one powierzchnię od 1 645 330 000 ha w skali 1:100 do 155 314 810 000 ha w skali 1:98 526 (zwiększenie współczynnika skali do np. 1:221 684 nie spowodowało kolejnych zwiększeń pola powierzchni – ryc. 1).

Spośród ważnych dla struktury przestrzennej zabudowań największy jest obszar, na którym występuje funkcja przemysłowa (kategoria 1251), tj. 6 209 134 679 ha w skali 1:100, następnie funkcja handlowo-usługowa (kategoria 1230) – 3 786 450 275 ha w skali 1:100 oraz funkcje administracyjno-biurowe (kategoria 1220) – 3 096 116 413 w skali 1:100. Miejsca świadczenia usług publicznych najbardziej zaznaczają się w aspekcie świadczenia usług: naukowych i oświatowych (budynki kategorii 1263), powierzchnia 1 697 870 260 ha w skali 1:100, usług opieki zdrowotnej i medycznej (kategoria 1264), powierzchnia 906 875 171 ha oraz budynków, w których realizowana jest funkcja sportowa (kategoria 1265), powierzchnia 906 875 171 ha. Dwa ostatnie mają największe pola powierzchni dla skali 1:8650.

Największe wymiary fraktalne uzyskują zobrazowania lokalizacji: budynków o trzech i więcej mieszkaniach – kategoria 1122 (wymiar fraktalny: 6,285493), budynków szpitali i zakładów opieki medycznej – kategoria 1264 (wymiar fraktalny: 4,939407), budynków kultury fizycznej – kategoria 1265 (4,939407), budynków przemysłowych – kategoria 1251 (4,679218) oraz budynków szkół i instytucji naukowych – kategoria 1263 (4,496478) (zob. ryc. 2).

Najmniejsze wymiary cechują zobrazowania lokalizacji: budynków garaży (1,3159), ogólnodostępnych obiektów kulturalnych (1,301804), pozostałych budynków niemieszkalnych, gdzie indziej niewymienionych (1,293627), budynków gospodarstwa rolnego (1,21798), budynków mieszkalnych jednorodzinnych (1,146152), budynków o dwóch mieszkaniach (1,089971) oraz budynków przeznaczonych do sprawowania kultu religijnego i dla innych czynności religijnych (1,022096). Zobrazowania pozostałych budynków przyjmują wymiar fraktalny na poziomie typowym, przy czym najbliższej średniej były budynki zakwaterowania turystycznego pozostałe (wymiar fraktalny równy 2,600721).

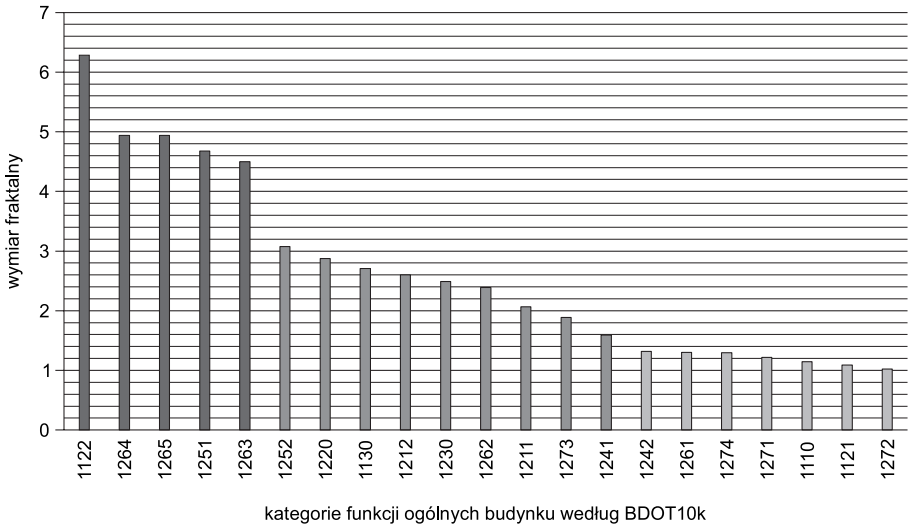
Ciekawe z punktu widzenia przebiegu wyznaczania wymiaru fraktalnego są wykresy gradientu wymiaru fraktalnego dla przynajmniej trzech spośród



Ryc. 1. Zmiany powierzchni zabudowy terytorium Polski w kolejnych przybliżeniach siatki analitycznej

Źródło: Opracowanie własne.

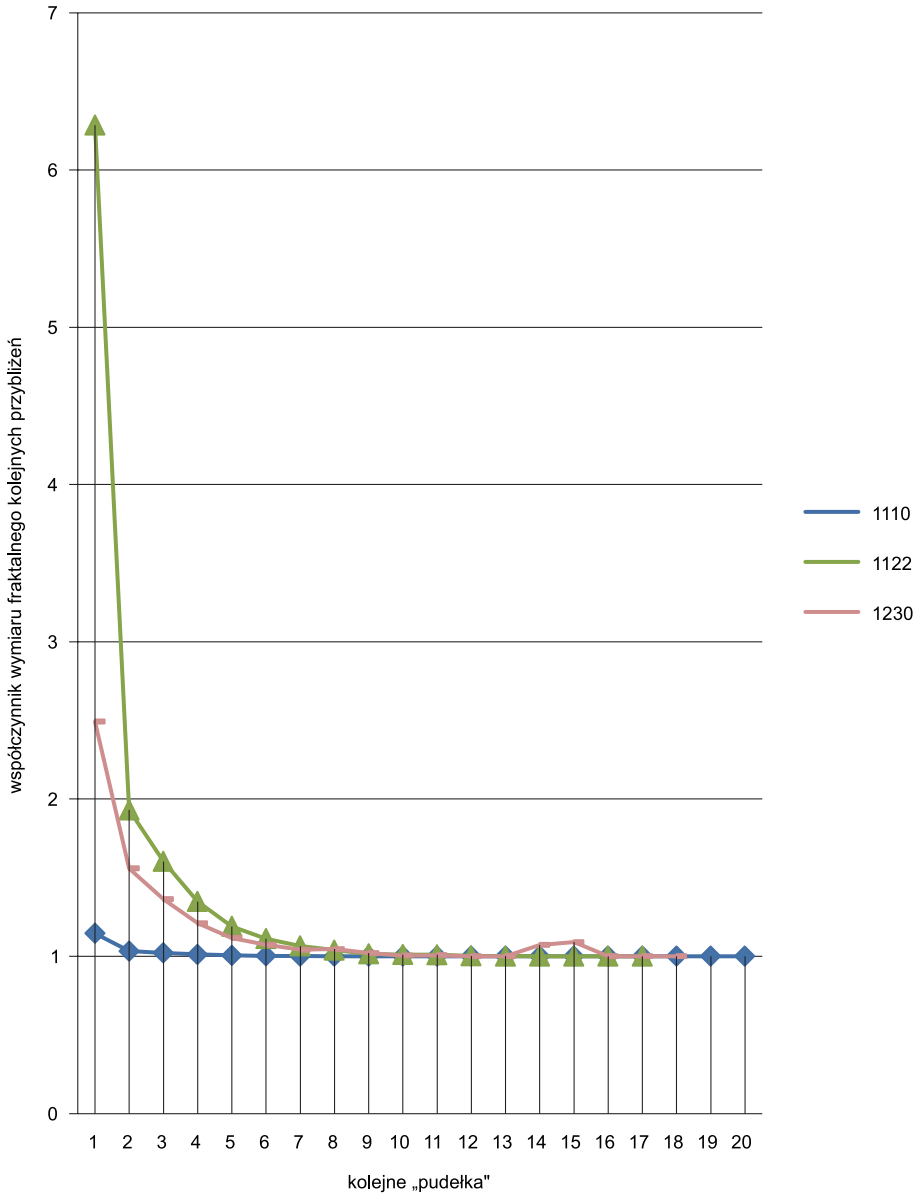




Ryc. 2. Współczynnik wymiaru fraktalnego dla skali 1:100 według funkcji ogólnych budynków (ujęcie ogólnopolskie)  
 Źródło: Opracowanie własne.

opisywanych układów funkcjonalnych. Największe zmiany cechują wykres logarytmów dla budynków o trzech i więcej mieszkaniach (kategoria 1122 na ryc. 3). Jak już opisano, funkcja dla tych budynków odznacza się największym poziomem startowym, jednak stosunkowo szybko przybiera wartości średnie (w układzie siatki analitycznej drugiej skali, tj. 1:150), by następnie ustabilizować wzrost powierzchni swojego występowania na siedemnastym poziomie skali (tj. 1:98526), po przekroczeniu tej wielkości powierzchnia nie zmienia się. Świadczy to o bardzo dużej koncentracji przestrzennej tej formy zabudowy w postaci lokalizacji punktowej w stosunkowo niewielkiej liczbie gmin. (por. ryc. 3).

Drugim ciekawym przypadkiem są zobrazowania lokalizacji budynków przeznaczonych pod funkcje handlowe i usługowe (kategoria 1230). Wymiar fraktalny dla tego typu zabudowań mieści się w typowym obszarze zmienności tego wymiaru, jednak pomiędzy skalą 1:19 462 a skalą 1:29 193 następuje ponowny wzrost tego wymiaru (lokalne maksimum), po czym, po przekroczeniu skali 1:98 526, nie występuje już przyrost powierzchni zajętej pod tą funkcje. Można to wyjaśnić wewnętrznym zróżnicowaniem tej grupy budynków poprzez współwystępowanie w niej obiektów o różnej randze i różnym znaczeniu dla funkcjonowania całości (są tutaj zarówno obiekty handlowe wysoce wyspecjalizowane, oderwane od pozostałej tkanki budowlanej,



Ryc. 3. Zmiany współczynnika wymiaru fraktalnego w kolejnych „pudełkach” według funkcji ogólnych budynków – wybrane przykłady  
Źródło: Opracowanie własne.

np. centra handlowe, jak i występujące grupowo obiekty współtworzące lokalne centra jednostek osiedleńczych).

Trzeci przypadek dotyczy analizy kształtu zobrazowania lokalizacji budynków mieszkalnych jednorodzinnych (kategoria 1110). Jak już wspomniano, budynki te przynależą do grupy o największej powierzchni zajmowanego obszaru (na drugim miejscu są budynki gospodarcze, kategoria 1271). Wymiar fraktalny zobrazowania lokalizacji budynków jednorodzinnych jest na poziomie poniżej średniej, pomniejszonej o odchylenie standardowe. Dalsze silna redukcja tego wymiaru następuje dla skali 1:150, po czym wymiar fraktalny systematycznie spada do osiągnięcia maksymalnego współczynnika skali (na poziomie 1:221 684, tj. 20 redukcji siatki analitycznej). Taki rozkład wymiaru fraktalnego jest wynikiem powszechności występowania tej formy zabudowy w przestrzeni kraju oraz stosunkowo małego zróżnicowania jej występowania pomiędzy jednostkami niższego rzędu (województwa, gminy, układy funkcjonalne itp.).

## Podsumowanie

Myślenie w kategoriach organizmu przestrzennego, czyli żywej struktury przestrzennej, nie tylko spełnia założenia nowego podejścia metodologicznego, lecz pozwala też na połączenie koncepcji, tj. „miejskości” i „wiejskości”, które (jak zauważył Dymitrow 2017) nadal są przeciwstawiane sobie, pomimo ogromnych zmian, jakie zaszły w ubiegłych dziesięcioleciach, zarówno w przestrzeni, jak i w społeczeństwie. Badanie układu przestrzennego oraz stopnia koncentracji budynków pełniących różne funkcje ma nie tylko walor poznawczy, lecz także różnorodne implikacje praktyczne [Gibas 2017; Gibas, Heffner 2018a, b]. Spojrzenie na te kwestie poprzez pryzmat wymiaru fraktalnego dopełnia obrazu, ukazując z jednej strony generalne prawidłowości w strukturze zabudowy, a z drugiej ilościowe cechy charakteryzujące ten układ.

Rozpoznanie to jest ważne z uwagi na aktualnie ponoszone kwestie dotyczące np. *smart city*, prężności/odporności miejskiej, przeciwdziałaniu skutkom zmian klimatycznych, uwarunkowaniom tworzenia dóbr wspólnych, metabolizmu miejskiego, ekonomii cyrkularnej, czyli współczesnego myślenia o zrównoważonym rozwoju [Oliviera i in. 2014]. Jednocześnie, mając świadomość ograniczeń zastosowanej metody [Tannier 2018] oraz znikomej liczby jej zastosowań w rozważaniach z zakresu ujęcia ogólnokrajowego, na razie niewskazane jest formułowanie wniosków o dynamice i kierunku rozwoju zabudowy w ramach jej poszczególnych kategorii, ta bowiem może być analizowana jedynie na bazie danych prezentujących te same elementy struktury w różnych okresach. Z tego punktu widzenia istotnym zagadnieniem byłoby powtórzenie analizy dla innego okresu, niż zaprezentowany w tym artykule.

## Literatura

- Bajerowski T., Wielgosz A., 2003 *Zastosowanie geometrii fraktalnej w analizie przestrzennej*, [w:] *Podstawy teoretyczne gospodarki przestrzennej i zarządzania przestrzenią*, T. Bajerowski (red.). Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn: 129–132.
- Czornik M., Twardzik M., Gibas P., Polko A., 2012, *Ocena gospodarowania zasobami przestrzennymi miasta*, [w:] *Gospodarowanie przestrzennymi zasobami miasta w świecie ponowoczesnym*, M. Czornik (red.). Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice: 179–212.
- Dymitrow M., 2017, *Rural/urban redux: Conceptual problems and material effects*. University of Gothenburg.
- Erin I., Fusco G., Cubukcu E., Araldi A., 2017, *City and territory in the Globalization Age*. 24th ISUF International Conference, 27–29 September, Valencia (Conference proceeding).
- Gauthiez B., 2004, *The history of urban morphology*, *Urban Morphology* 8(2): 71–89.
- Gibas P. (red.), 2017, *Analiza zmian i prognoza przyrostu zabudowy mieszkaniowej na obszarze Polski do 2020 roku*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Gibas P., Heffner K., 2018a, *Koncentracja zabudowy na obszarach wiejskich*. *Więś i Rolnictwo*, 2 (179), DOI: 10.7366/wir022018/10.
- Gibas P., Heffner K., 2018b, *Spoleczne i ekonomiczne koszty bezładnej przestrzeni – osadnictwo obszarów wiejskich*, [w:] *Studia nad chaosem przestrzennym*. T. II. *Koszty chaosu przestrzennego*, A. Kowalewski, T. Markowski, P. Śleszyński (red.). Studia Komitetu Przestrzennego Zagospodarowania Kraju Polskiej Akademii Nauk, 182.
- Goh S., Choi, M.Y., Lee K., Kim K., 2016, *How complexity emerges in urban systems: theory of urban morphology*. *Physical Review E*, May.
- Ho M.W., 2015, *Sustainable cities as organisms, a circular thermodynamics perspective*. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 2.
- Jiang B., 2018a, *Editorial: Spatial Heterogeneity, Scale, Data Character, and Sustainable Transport in the Big Data Era*. *International Journal of Geo-Information*, 7(5), DOI: 10.3390/ijgi7050167.
- Jiang B., 2018 b, *New Paradigm in Mapping: A Critique on Cartography and GIS* [[https://www.researchgate.net/publication/329643348\\_New\\_Paradigm\\_in\\_Mapping\\_A\\_Critique\\_on\\_Cartography\\_and\\_GIS](https://www.researchgate.net/publication/329643348_New_Paradigm_in_Mapping_A_Critique_on_Cartography_and_GIS); dostęp: 27.12.2018].
- Jiang B., Ren Z., 2017, *Geographic Space as a Living Structure for Predicting Human Activities Using Big Data*. *International Journal of Geographical Information Science*, January, DOI: 10.1080/13658816.2018.1427754.
- Jiang B., Yin J., 2014, *Ht-Index for Quantifying the Fractal or Scaling Structure of Geographic Features*. *Annals of the Association of American Geographers*, 104(3), DOI: 10.1080/00045608.2013.834239
- Jusiak J., 1992, *Filozofia nauki i teoria poznania Alfreda Northa Whiteheada*. Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin.
- Kaya H.S., Bölen F., 2017, *Urban DNA: morphogenetic analysis of urban pattern*. *International Journal of Architecture & Planning*, 5, 1.
- Łabędź P., 2016, *Algorytmy fraktalne w cyfrowej analizie obiektów przestrzennych*. Praca doktorska napisana pod kierunkiem T. Burczyńskiego i A. Ozimek, obroniona

- w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, Instytut Informatyki, Wydział Fizyki, Matematyki i Informatyki Politechniki Krakowskiej, Kraków: 13–14 [www.ippt.pan.pl/\_download/doktoraty/2016labeledz\_p\_doktorat.pdf; dostęp: 6.08.2018].
- Miałdun J., Ostrowski M., 2010, *Wymiar fraktalny fragmentów zdjęć lotniczych strefy przybrzeżnej jeziora Mikołajskiego, Śniardw i Łuknajno*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 21.
- Morency C., Chapleau R., 2003, *HarFa – Harmonic and Fractal Image Analysis* [http://www.fch.vut.cz/lectures/imagesci/download\_ejournal/09\_C.Morency.pdf; dostęp: 6.08.2018].
- Ogrodnik B., Kulik R., Skubała P., 2010, *Filozofia, psychologia i ekologia dla zrównoważonego rozwoju*. Śląski Ogród Botaniczny, Mikołów.
- Oliveira V., Monteiro C., 2014, *As origens da morfologia urbana e a geografia alemã*. Revista de Morfologia Urbana, 2(1).
- Oliviera V., Pinho P., Batista L., Patatas T., Manteiro C. (red.), 2014, *Our common future in Urban Morphology*. FEUP, Porto.
- Olszewski D., Gotlib D. (red.), 2013, *Rola bazy danych obiektów topograficznych w tworzeniu infrastruktury informacji przestrzennej w Polsce*. Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Warszawa.
- Opis bazy danych topograficznych i ogólnogeograficznych oraz standardy techniczne tworzenia map. Załącznik do rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 17 listopada 2011 r. w sprawie bazy danych topograficznych oraz bazy danych ogólnogeograficznych, a także standardowych opracowań kartograficznych, 2011, t. I [Dz.U. 2011 załącznik do nr 279, poz. 1642].
- Prigarin S.M., Sandua K., Kazmierczak M., Hahn K., 2013, *Estimation of Fractal Dimension: A Survey with Numerical Experiments and Software Descriptio*. International Journal of Biomathematics and Biostatistics, 2, 2, July–December [https://www.researchgate.net/publication/259224255\_Estimation\_of\_Fractal\_Dimension\_A\_Survey\_with\_Numerical\_Experiments\_and\_Software\_Description; dostęp: 6.08.2018].
- Ratajczak W., 2013, *Obiekty, struktury i procesy przestrzenne. Analiza fraktalna*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Robinson A.C., Demšar U., Moore A.B., Buckley A., Jiang B., Field K., Kraak M.J., Camboim S.P., Sluter C.R., 2017, *Geospatial big data and cartography: research challenges and opportunities for making maps that matter*. *Geospatial big data and cartography: Research challenges and opportunities for making maps that matter*, DOI: 10.1080/23729333.2016.1278151.
- Solon J., 2002, *Ocena różnorodności krajobrazu na podstawie analizy struktury przestrzennej roślinności*. Prace Geograficzne 185. Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego, Warszawa.
- Syahidah A.M., Harun N.Z., Abdullah A., 2018, *Urban morphological analysis framework for conservation planning and management*. Planning Malaysia: Journal of the Malaysian Institute of Planners, 11(1).
- Tannier C., 2018, *About fractal models in urban geography and planning: refuting the aesthetics and the universal norm*. Blog post on *Cybergeo Conversation* [https://cybergeo.hypotheses.org/223; dostęp: 18.02.2019].