

Mariusz LAMPRECHT  • Dawid JANKOWSKI

SKŁADNIA PRZESTRZENI A RUCH PIESZY PRÓBA ZASTOSOWANIA I OCENY WYBRANYCH NARZĘDZI ANALITYCZNYCH

8

Dr Mariusz Lamprecht – *Uniwersytet Łódzki*
Wydział Nauk Geograficznych
Instytut Zagospodarowania Środowiska i Polityki Przestrzennej
Zakład Fizjografii i Planowania Przestrzennego
ul. Kopcińskiego 31, 90-142 Łódź
e-mail: mariusz.lamprecht@geo.uni.lodz.pl

Lic Dawid Jankowski
Niezależny badacz
e-mail: dawidjankowski.alk@gmail.com

ZARYS TREŚCI: Celem prezentowanych badań jest próba zastosowania i oceny wybranych narzędzi składni przestrzeni w analizie konfiguracyjnej ciągów pieszych na terenie wielorodzinnego osiedla mieszkaniowego. Zakres przestrzenny badań obejmuje Teofilów B, jedną z trzech części wielorodzinnego osiedla mieszkaniowego Teofilów w Łodzi. Realizacja celu składała się z trzech etapów: konstrukcji teoretycznej reprezentacji ciągów pieszych na obszarze badań oraz obliczenia ich wybranych parametrów konfiguracyjnych, obserwacji rzeczywistego ruchu pieszych na obszarze badań oraz oceny zgodności pomiędzy realnie występującym ruchem pieszych a miarami teoretycznymi. Otrzymane wyniki wskazują na istotną korelację pomiędzy wartościami teoretycznymi a rzeczywistym ruchem pieszych na badanym obszarze. Świadczy to o tym, że model teoretyczny sieci ciągów pieszych oraz zastosowane miary wypracowane na gruncie składni przestrzeni cechują się wysokim dopasowaniem do realnego natężenia ruchu pieszego. Dzięki temu są one wartościowym narzędziem wspomagającym planowanie i organizację układów urbanistycznych, pozwalając nie tylko testować rozwiązania przestrzenne w fazie projektowej, ale także uzasadniać reorganizację istniejących układów.

SŁOWA KLUCZOWE: składnia przestrzeni, ruch pieszy, teoria ruchu naturalnego, osiedle wielorodzinnne, Łódź, osiedle Teofilów.

SPACE SYNTAX AND PEDESTRIAN MOVEMENT. AN ATTEMPT TO APPLY AND EVALUATE SELECTED TECHNIQUES

ABSTRACT: The purpose of the presented study is to attempt to apply and evaluate selected techniques of space syntax in the configurational analysis of pedestrian routes within a multi-family residential estate. The spatial research area encompasses Teofilów B, one of the three parts of Teofilów – a multi-family residential estate in Lodz. The goals have been achieved in three stages: firstly, the construction of a theoretical representation of pedestrian routes within the researched area and the calculation of their selected configurational parameters, secondly the observation of the actual pedestrian movement in the researched area, and thirdly the evaluation of the correspondence between the actual pedestrian movement and the theoretical measures. The results obtained show a significant correlation between the theoretical values and the actual pedestrian movement in the researched area. This proves that the theoretical model of the pedestrian route network and the applied measures developed in the field of space syntax highly correspond with the actual intensity of pedestrian traffic. Therefore, they are a valuable tool that facilitates the planning and organisation of urban layouts, making it possible to not only test spatial solutions in their design phase but also justify the reorganisation of existing layouts.

KEYWORDS: space syntax, pedestrian movement, natural movement theory, multi-family estate, Lodz, Teofilów estate.

8.1. Wprowadzenie

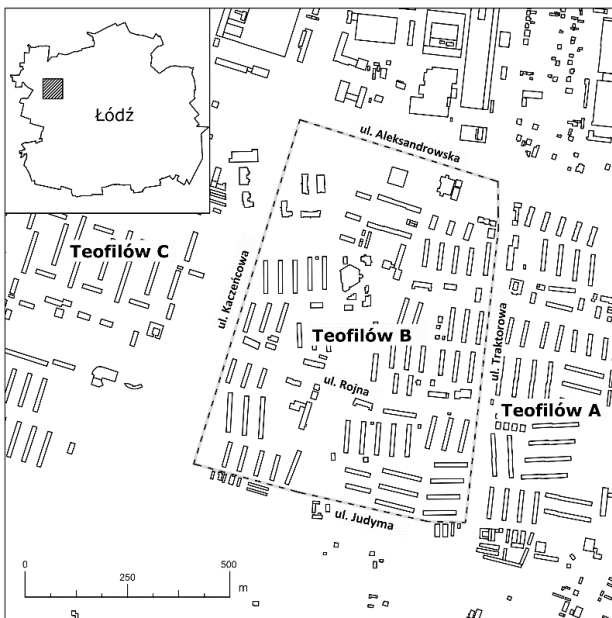
Wielorodzinne budownictwo mieszkaniowe stanowi miejsce zamieszkania znacznej części polskiego społeczeństwa. Różne szacunki wskazują, że tzw. blokowiska zamieszkuje ok. 8 mln osób lub połowa ludności miejskiej kraju, natomiast w Łodzi to ok. 300 tys. osób (Szafrńska 2012). W ten sposób osiedla blokowe są obszarem życia znaczącej części populacji naszego kraju. Stanowią one jednocześnie specyficzną przestrzeń fizyczną, której ukształtowanie i zagospodarowanie może mieć istotny wpływ na funkcjonowanie zamieszkujących je społeczności (Lamprecht 2016).

Przestrzeń dostosowana do potrzeb stanowi ważny element wartościowania środowiska miejskiego i autooceny zajmowanej pozycji przestrzennej. Sposób urządzenia i zorganizowania przestrzeni wpływa nie tylko na dostępność (osiągalność) celów na danym terytorium, ale także np. na relacje społeczne, a więc kształtowanie się miejskich sąsiedztw oraz postaw wobec zajmowanego terytorium (Kryczka 1981; Kotus 2006; Fuhrmann 2010). Badania naukowe wskazują, że wiele cech przestrzeni, takich jak możliwość realizacji kontaktów społecznych, funkcjonalność i użyteczność miejsc (pomieszczeń, ulic, placów) jest uzależniona od sposobu skonfigurowania danego układu (miasta, budynku) (Hillier, Hanson 1984; Peponis, Wineman 2002). Mowa tu przede wszystkim o dowodach dostarczanych przez badania realizowane na gruncie składni przestrzeni (*space syntax*), rozwijającej się od kilku dekad dyscyplinie badawczej.

Celem prezentowanych badań jest próba zastosowania i oceny wybranych narzędzi składni przestrzeni w analizie konfiguracyjnej ciągów pieszych na terenie wielorodzinnego osiedla mieszkaniowego. Realizacja celu wymagała postępowania badawczego złożonego z trzech etapów:

- konstrukcji teoretycznej reprezentacji ciągów pieszych na obszarze badań oraz obliczenia ich wybranych parametrów konfiguracyjnych,
- obserwacji rzeczywistego ruchu pieszych na obszarze badań,
- oceny zgodności pomiędzy realnie występującym ruchem pieszych a miarami teoretycznymi.

Zakres przestrzenny badań obejmuje Teofilów B, jedną z trzech części wielorodzinnego osiedla mieszkaniowego Teofilów w Łodzi. Granice Teofilowa B oparte są o ul. Aleksandrowską (od północy), ul. Traktorową (od wschodu), ul. Judyma (od południa), ul. Kaczeńcowa (od zachodu). Wśród tych ciągów komunikacyjnych wyróżnia się ul. Aleksandrowska, która jest ważnym elementem sieci komunikacyjnej Łodzi, umożliwiając mieszkańcom Teofilowa dojazd do centrum miasta. W przestrzeni osiedla wyraźnie widoczna jest także arteria komunikacyjna w postaci ul. Rojnej, której równoleżnikowy układ dzieli Teofilów B na dwie nierówne części: północną o powierzchni ok. 33 ha oraz południową o powierzchni ok. 18 ha. Ulica ta wraz z ciągami o przebiegu południkowym, tj. ul. Traktorową, ul. Kaczeńcowa, ul. Rydzową i ul. Szczecińską stanowi główny układ komunikacyjny osiedla. Uzupełniają go liczne drogi dojazdowe oraz gęsta sieć ciągów pieszych towarzyszących trasom kołowym lub funkcjonujących samodzielnie (ryc. 1).



Ryc. 1. Zakres przestrzenny badań

Źródło: oprac. własne na podstawie Bazy Danych Obiektów Topograficznych

Powierzchnia obszaru badań wynosi ok. 52 ha, a zamieszkuje go ok. 9,5 tys. mieszkańców. W obrębie osiedla, zdominowanego przez wielorodzinne budownictwo mieszkaniowe, znajdują się m.in. kompleks handlowo-usługowy „Teofilek”, szkoły podstawowe, przedszkola, żłobek oraz kilka obiektów sportowo-rekreacyjnych.

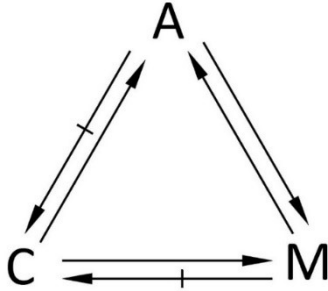
8.2. Teoria i problematyka badań składni przestrzeni

Składnia przestrzeni (*space syntax*) swoją genezą sięga lat 70. XX wieku. Fundamenty tej teorii przez dekady rozwijały się dzięki pracy prof. B. Hilliera i jego zespołu na Uniwersytecie Londyńskim. Zostały one przedstawione w dwóch kluczowych dziełach: *Social logic of space* (Hillier, Hanson 1984) oraz *Space is the machine* (Hillier 1996). Idea składni przestrzeni opiera się na dwóch założeniach, mówiących o tym, że przestrzeń nie jest jedynie tłem dla ludzkich działań, lecz ich atrybutem, oraz że przestrzeń ma charakter konfiguracyjny. Celem składni przestrzeni jest zrozumienie wzajemnych zależności pomiędzy różnymi przejawami życia społecznego a konfiguracją przestrzeni, w której ono się toczy. Poprzez konfigurację rozumiany jest zbiór relacji (np. ulic w mieście), wzajemnie zależnych w taki sposób, że zmiana pojedynczej relacji (np. wybudowanie ulicy) wpływa na całą konfigurację (Hillier 2014). Składnia przestrzeni koncentruje się zatem na tym, jakie społeczne własności mają układy relacyjne oraz jak przedstawić przestrzeń jako układ relacyjny (Ratajczak 2013).

Jednym z ważnych elementów składni przestrzeni jest teoria ruchu naturalnego (*natural movement theory*). Opiera się ona na założeniu, że konfiguracja sieci ulicznej jest jednym z czynników kształtujących ruch pieszych. Wynika to z relacji pomiędzy konfiguracją, ruchem oraz atraktorami. Konfiguracja jest w tym układzie najbardziej stabilnym elementem o jednokierunkowym wpływie zarówno na ruch pieszych, jak i na rozmieszczenie atraktorów (ryc. 2). Atraktory takie, jak np. podmioty usługowe (A) oraz ruch pieszy (M) są ze sobą wzajemnie powiązane. Jednak w pozostałych przypadkach zależności są jednostronne: konfiguracja (C) wpływa na lokalizację atraktorów, ale atraktory nie wpływają na konfigurację. Podobnie jednostronnie konfiguracja kształtuje wzorce ruchu pieszego. Konfiguracja jest zatem kluczowa w rozumieniu rozmieszczenia atraktorów, ruchu pieszego oraz morfologii analizowanego układu. W efekcie kształtuje ona wzorce ruchu pieszego w miastach, a pojęcie ruchu naturalnego należy rozumieć jako tę część ruchu w ogólnych przepływach pieszych, która jest uwarunkowana konfiguracją układu.

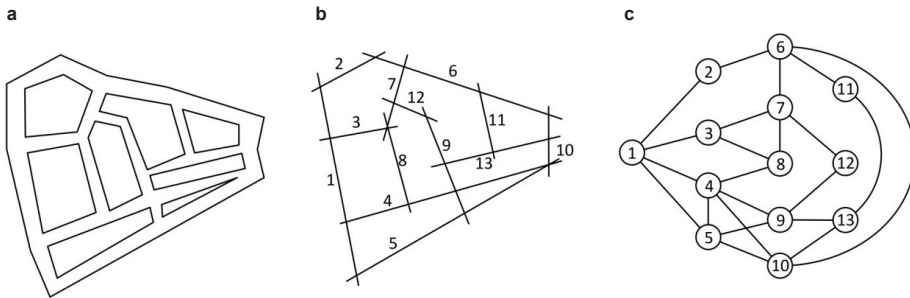
Analizy prowadzone w nurcie składni przestrzeni odbywają w oparciu o model odzwierciedlający konfigurację danego układu (np. miasta). Model ten powstaje poprzez transformację dwuwymiarowego planu układu do jak najmniejszego liczebnie zbioru prostych linii reprezentujących wszystkie budujące go przestrze-

nie dostępne pieszco (*axial map*), a następnie przekształcenia tak otrzymanego zestawu linii do postaci grafu (*dual graph*) (ryc. 3).



Ryc. 2. Relacje pomiędzy atraktorami (A), ruchem pieszcy (M) oraz konfiguracją (C)

Źródło: B. Hillier i in. (1993).

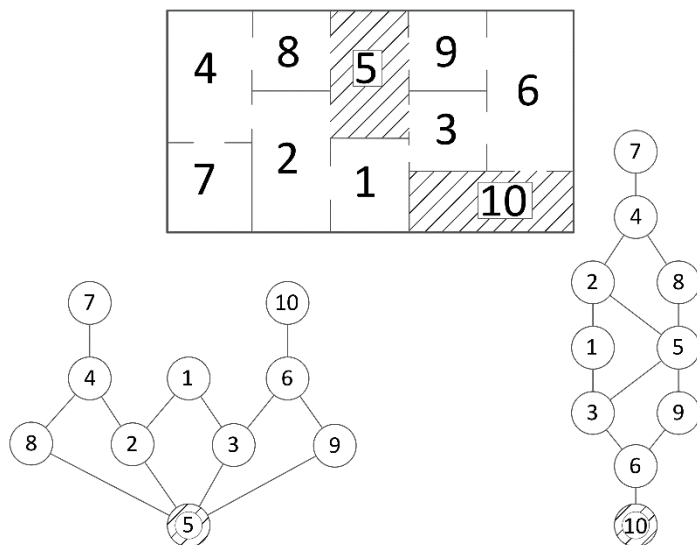


Ryc. 3. Reprezentacja przestrzeni miejskiej: a – fikcyjny plan miasta, b – mapa osiowa (*axial map*), c – graf łączności (*connectivity graph*)

Źródło: B. Jiang, Ch. Claramunt (2002).

Grafy konstruowane są w sposób charakterystyczny dla składni przestrzeni. Mają one za zadanie odzwierciedlić schemat relacji pomiędzy przestrzeniami budującymi badany układ. Z tego względu wierzchołki grafu reprezentują przestrzenie (np. ulice lub pomieszczenia), a jego krawędzie symbolizują ich połączenia (wejścia, skrzyżowania itp.). Zastosowanie metod ilościowych, stosowanych np. w naukach o sieciach, pozwala następnie obliczyć szereg charakterystyk dla wierzchołków, a więc dla odpowiadających im realnych przestrzeni. Końcowym efektem analiz jest rysunek wartościujący przestrzeń. Powstaje on w wyniku przeniesienia wartości obliczonych dla wierzchołków grafu na realne przestrzenie reprezentowane przez te wierzchołki. Rysunek przyjmuje zazwyczaj postać zbioru linii reprezentujących układ badanych przestrzeni.

Specyfiką składni przestrzeni jest uwzględnianie zmienności perspektywy analizowanego układu w zależności od przyjętego punktu obserwacji (np. postrzeganie konfiguracji danej kondygnacji w budynku jest zależne od położenia obserwatorów) (ryc. 4).



Ryc. 4. Grafy połączeń odzwierciedlające osiągalność wszystkich przestrzeni z pomieszczeń nr 5 i nr 10

Źródło: B. Hillier (2014).

W naturalny sposób początkowe badania składni przestrzeni koncentrowały się na ruchu pieszych. Zmierzały one do rozwoju i potwierdzenia założeń teoretycznych oraz usprawnienia warsztatu badawczego. Liczne analizy pozwoliły wielokrotnie wykazać, że parametry konfiguracyjne przestrzeni odzwierciedlają się zarówno w postaci przestrzennych wzorców ruchu pieszych, jak i np. w rozmieszczeniu podmiotów gospodarczych (Hillier i in. 1993; Penn i in. 1998; Baran i in. 2008; Koohsari i in. 2016). Uzyskano także potwierdzenie, że struktura przestrzenna obszarów miejskich odgrywa nie tylko znaczącą rolę w rozkładzie ruchu pieszych, ale że istnieją związki pomiędzy konfiguracją przestrzeni a użytkowaniem gruntów (Ozbil i in. 2011). Wykazuje się przy tym na przykład, że korelacja między ruchem pieszych a atrybutami konfiguracyjnymi środowiska zbudowanego jest wyższa niż między ruchem pieszych a atrybutami funkcjonalnymi (Lerman, Omer 2013).

Także w Polsce podjęto szereg badań nad dostępnością pieszą i ruchem pieszych w miastach z wykorzystaniem ujęcia charakterystycznego dla składni przestrzeni. Spośród nich należy wymienić analizę i ocenę centralnej części Lublina (Kocki, Kwiatkowski 2016) oraz dzielnicy Kośminek w Lublinie (Kocki, Kwiatkowski 2017). Badania poświęcone modelowaniu pieszej dostępności zrealizowano także w Gdańsku, oceniając dostępność przestrzeni publicznych na kampusie Politechniki Gdańskiej (Marczewska 2017). W Krakowie przeprowadzona została

analiza sieci ulicznej i ciągów pieszych w otoczeniu przystanku kolejowego Kraków-Łobzów (Książkiewicz 2015). W ostatnim czasie przeprowadzono także szereg badań nad konfiguracją i ruchem pieszych w centrum Łodzi (Lamprecht 2020a; Lamprecht 2020b).

Zaletą składni przestrzeni jest istotne ograniczenie subiektywizmu badacza w ocenie przestrzeni oraz bezpośrednie przełożenie wyników badań na plan analizowanego układu. Wyniki analiz składni przestrzeni mogą mieć realne zastosowanie, np. w projektowaniu urbanistycznym sprzyjającym aktywności pieszej (Koohsari i in. 2019), planowaniu jednostek sąsiedzkich (Porta i in. 2012), ograniczaniu izolacji niektórych obszarów miasta (Önder, Gigi 2010) czy ocenie planowanych interwencji w struktury urbanistyczne (Trigueiro, Medeiros 2007). Metoda jest szeroko wykorzystywana również w projektowaniu wnętrz i optymalizowaniu układu pomieszczeń.

Wśród słabych stron składni przestrzeni wymieniane są zarówno kwestie techniczne związane m.in. ze sposobem budowy modelu miasta, dopuszczającym swobodę interpretacyjną badacza (Ratti 2004; Kostakos 2010), jak i dotyczące założeń metodologicznych i teoretycznych. Spośród tych ostatnich wymienić można uwzględnianie w analizach jedynie dwóch wymiarów trójwymiarowej rzeczywistości (tj. płaskiego planu miasta) oraz przypisywania konfiguracji przestrzeni zbyt dużej roli w funkcjonowaniu społeczeństw. Wskazuje się także problemy takie, jak efekt krawędzi (*edge effect*), zmienność wyników w zależności od skali przestrzennej badań czy trudności w uchwyceniu zmienności czasoprzestrzennej (Ratti 2004; Montello 2007; Pafka i in. 2018).

8.3. Budowa i analiza modelu graficznego

Pierwszy etap postępowania badawczego polegał na wykonaniu rysunku sieci ciągów pieszych, przetworzeniu go do postaci modelu umożliwiającego obliczenie miar teoretycznych opartych o topologię analizowanego układu, a następnie wizualizację otrzymanych wartości.

Celem rysunku ciągów pieszych jest dwuwymiarowe odzwierciedlenie układu przestrzeni, którymi mogą swobodnie przemieszczać się piesi. Przyjęto, iż na badanym obszarze układ ten budują:

- utwardzone ciągi komunikacyjne przeznaczone do ruchu pieszych,
- inne odcinki ogólnie dostępnych ciągów pieszych, ukształtowane w postaci alei lub utrzymane w formie swobodnej,
- przedepty (*elephant path*), tj. ścieżki faktycznie wytworzone przez pieszych w przeciwieństwie do tych, które powstały na desce kreślarskiej (Frick 1987),
- niektóre odcinki dróg wewnętrznych (dróg niepublicznych) przeznaczonych również do ruchu drogowego (*Ustawa...* 1985),
- przejścia dla pieszych.

W modelu pominięto natomiast ciągi nieprzeznaczone dla ruchu pieszego (ścieżki rowerowe, drogi dla ruchu kołowego), jak i przestrzenie umożliwiające ruch pieszy, ale niedostępne lub o ograniczonym dostępie (np. na obszarach strzeżonych osiedli lub całodobowych parkingów), a także przestrzenie otwarte. Źródłem wyjściowym była Baza Danych Obiektów Topograficznych (GUGiK 2014). Z uwagi na to, że baza ta nie zawierała znacznej liczby ciągów użytkowanych przez pieszych, konieczne było przeprowadzenie jej weryfikacji i uzupełnień w oparciu o ortofotomapę i inwentaryzację terenową.

Tak zdefiniowana sieć ciągów umożliwiających przemieszczanie się pieszo stała się podstawą konstrukcji modelu teoretycznego. Spośród kilku wypracowanych w składni przestrzeni modeli, wykorzystano ulice naturalne (*natural streets*) (Jiang, Zhao, Yin 2008) konstruowane w oparciu o osie ulic. Wybór ten podyktowany był konstrukcją bazy BDOT, w której ulice reprezentowane są przez linie rysowane w ich osi. Zaletą modelu opartego o ulice naturalne jest także automatyzacja procesu jego budowy ograniczająca subiektywizm badacza. Polega ona na automatycznym rozbiciu linii reprezentujących ciągi piesze na segmenty (tj. odcinki od skrzyżowania do skrzyżowania), a następnie na ich ponownym automatycznym połączeniu w ciągi tworzące wygodne (z uwagi na niewielką zmianę kierunku wędrówki) trasy przemieszczania się, tj. ulice naturalne w myśl zasady dobrej ciągłości wypracowanej na gruncie psychologii postaci (Jiang, Zhao, Yin 2008).

Budowa modelu wraz z obliczeniami dla wierzchołków grafu reprezentujących ulice naturalne przeprowadzona została w oparciu o oprogramowanie Axwoman 6.3 (Jiang 2015). Podczas konstrukcji ulic naturalnych przyjęto standardową wartość kątową 45° . Aby ograniczyć efekt krawędzi, modelem objęto także otoczenie badanego obszaru wyznaczone ekwidystantą 400 m, tj. obszaru uznawanego za łatwo osiągalny pieszo (Ewing 1999). Tak wyznaczona strefa zewnętrzna ma rozciągłość porównywalną z badanym osiedlem.

W ocenie konfiguracji przestrzeni użytkowanych w ruchu pieszym posłużono się miarą integracji, która uważana jest za kluczową w odzwierciedlaniu własności konfiguracyjnych przestrzeni miejskiej. Wysoki stopień integracji wskazuje na to, że dana przestrzeń jest dobrze połączona (zintegrowana) z całą strukturą, a niski świadczy o gorszym połączeniu z danym układem, co skutkuje trudniejszą dostępnością (Kocki, Kwiatkowski 2016). Wyróżnić można integrację globalną (*global integration*), uwzględniającą wszystkie przestrzenie w układzie oraz lokalną (*local integration*), obliczaną dla każdej przestrzeni w układzie w zadanym sąsiedztwie. Pozostawianie tych miar we wzajemnej korelacji informuje z kolei o czytelności układu przestrzennego dla użytkownika. Im wyższa korelacja, tym lepsza jest orientacja i wiedza pieszego o jego położeniu w kontekście całego układu (Dettlaff 2014).

Rozkład wartości integracji w przestrzeni wynika z konfiguracji całego układu dróg umożliwiających przemieszczanie się. Ciągi piesze o wysokiej integracji, tj. niskiej topologicznej głębi to przestrzenie, z których jest najbliżej do wszystkich innych analizowanych przestrzeni w układzie. Teoretycznie powinny one być najczęściej użytkowane przez pieszych dążących do osiągnięcia znajdujących się w tym układzie „miejsc docelowych”. Przestrzenie najrzadziej użytkowane to z kolei przestrzenie o niskiej integracji, głęboko zagnieżdżone w układzie, topologicznie marginalne.

Integrację oblicza się dla każdego wierzchołka grafu za pomocą formuły (zachowano oryginalne nazewnictwo miar) (szerzej w Al-Sayed i in. 2014):

$$INT_i = \frac{1}{RRA_i}$$

gdzie:

$$RRA_i \text{ (Real Relative Asymetry)} = \frac{RA_i}{D_{value}},$$

$$RA_i \text{ (Relative Asymmetry)} = \frac{2(MD_i - 1)}{n - 2},$$

$$MD_i \text{ (Mean Depth)} = \frac{D_i}{n - 1},$$

$$D_i \text{ (Total Depth)} = \sum_{j=1}^{n-1} d_{ij},$$

$$D_{value} = \frac{2 \left\{ n \left[\log_2 \left(\frac{n+2}{3} \right) - 1 \right] + 1 \right\}}{(n-1)(n+2)},$$

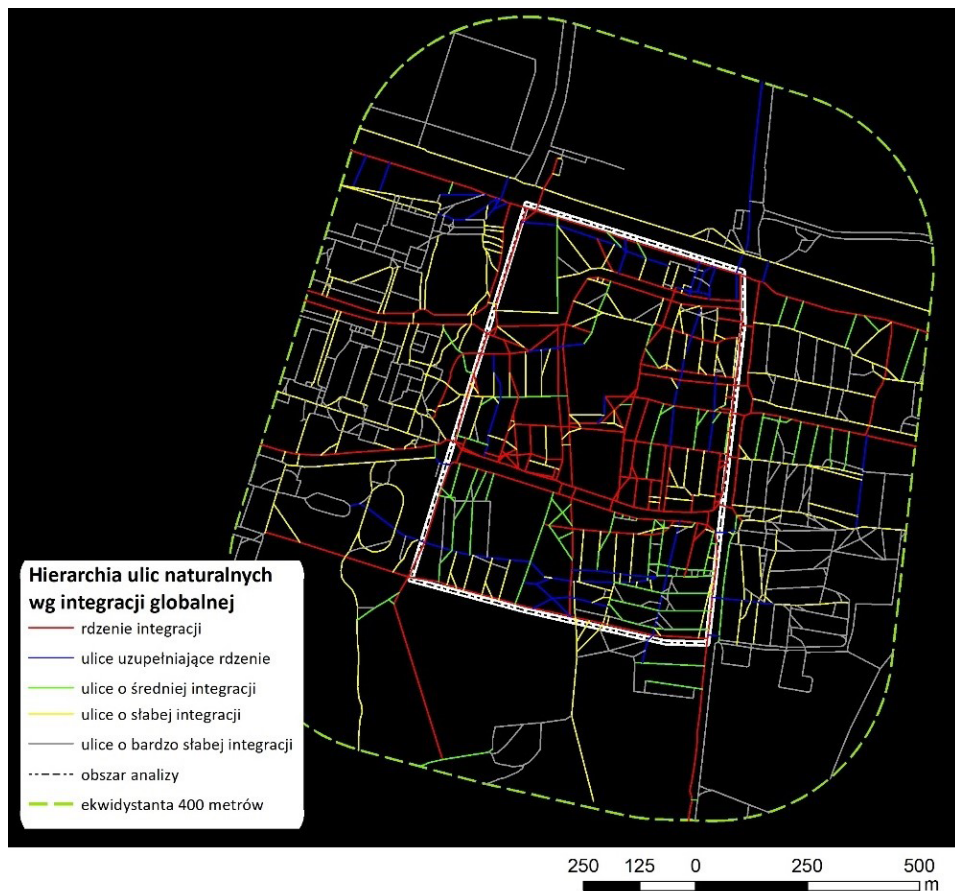
n – liczba przestrzeni w analizowanym systemie (wierzchołków w grafie),

D_{value} odzwierciedla Total Depth korzenia w grafie ukorzenionym, teoretycznym (*diamond graph*).

Efektem obliczeń jest barwna mapa linii naturalnych w spektrum typowym dla składni przestrzeni. Przejście od koloru czerwonego, poprzez niebieski, zielony, pomarańczowy aż do szarego oddaje zmienność poziomu integracji od wartości najwyższych (oznaczonych barwą czerwoną) do najniższych (oznaczonych barwą szarą). Linie czerwone symbolizują przestrzenie dobrze zintegrowane, a szare słabo zintegrowane/najbardziej odseparowane.

Na potrzeby prezentowanych analiz i w nawiązaniu do klasyfikacji B. Hilliera i J. Hanson (1984), ulice naturalne pogrupowano hierarchicznie według osiągniętych przez nie poziomów integracji (ryc. 5). Barwą czerwoną oznaczono rdzenie integracji (10% ulic naturalnych o najwyższych wartościach integracji), niebie-

ską ulice uzupełniające rdzenie (dalsze 5%), zieloną i żółtą grupy ulic o niższych wartościach integracji (odpowiednio dalsze 10% i 25%). Barwą szarą oznaczono pozostałe 50% ulic naturalnych (ciągi o znaczeniu marginalnym).



Ryc. 5. Hierarchia ulic naturalnych według poziomów integracji globalnej

Źródło: oprac. własne.

Na badanym obszarze widoczne jest przestrzenne zróżnicowanie wartości integracji. Ulice położone wyżej w hierarchii koncentrują się w północnej części badanego obszaru. Decyduje o tym przede wszystkim wewnętrzna konfiguracja sieci ulicznej badanego osiedla, a w mniejszym stopniu uwzględnione w analizie jego sąsiedztwo. Zarówno północna, jak i południowa część Teofilowa B cechuje się podobnym sąsiedztwem zarówno po wschodniej, jak i zachodniej stronie. Ponadto pozostałe granice obu części obszaru badań przylegają do terenów o słabo rozwiniętej sieci ulicznej. Zauważalna jest także niewielka spójność wewnętrzna Teofilowa B zakończona ulicą Rojną.

8.4. Wyniki badań terenowych

Ocena realnego natężenia ruchu pieszych w skonstruowanej, teoretycznej hierarchii ciągów pieszych jest kluczowa dla realizacji celu pracy. Obserwacje terenowe przebiegały podobnie jak badania przeprowadzone w Londynie, w ośrodku macierzystym składni przestrzeni (Hillier i in. 1993). Zrealizowano je po wykonaniu modelu teoretycznego i obliczeniu parametrów konfiguracyjnych dla ulic naturalnych. Trasy obserwacji wyznaczono w taki sposób, aby objąć badaniami segmenty (tj. odcinki pomiędzy skrzyżowaniami) ulic naturalnych o różnych wartościach integracji. Obserwacje prowadzone były w dni robocze, w godzinach 8⁰⁰–18⁰⁰ w dwóch zamkniętych pętlach o długości możliwej do pokonania w tempie spacerowym w czasie jednej godziny. Czas obserwacji został podzielony na pięć dwugodzinnych okresów: 8⁰⁰–10⁰⁰, 10⁰⁰–12⁰⁰, 12⁰⁰–14⁰⁰, 14⁰⁰–16⁰⁰, 16⁰⁰–18⁰⁰. W każdym okresie prowadzono obserwacje dwukrotnie na danej pętli. Miejsce rozpoczęcia badania było równocześnie końcem godzinnej obserwacji. Kierunek przemieszczania się podczas badań był każdorazowo taki sam. Obserwator (autor prezentowanej pracy) przemieszczał się z prędkością ok. 5,5 km/godz. prowadząc badania w cyklach dwugodzinnych i powtarzał je w kolejnych porach dnia. Prowadzenie obserwacji polegało na rejestracji osób przemieszczających się pieszo, mijanych przez obserwatora lub mijających obserwatora. W obserwacjach uwzględniano takie cechy, jak płeć, orientacyjny wiek (dzieci, nastolatki i osoby dorosłe, seniorzy) oraz zachowanie (w ruchu/w bezruchu, np. w oczekiwaniu na pojazd komunikacji miejskiej). Dzieci były uwzględniane w obserwacjach jedynie wtedy, gdy nie znajdowały się pod nadzorem opiekuna (przyjęto, że obecność na danej trasie dziecka będącego pod opieką nie wynikała bezpośrednio z wyboru tego dziecka). W obserwacjach pomijano także osoby poruszające się w obrębie wyznaczonych ciągów, lecz prostopadle do ich przebiegu oraz osoby znajdujące się poza ciągami dla pieszych.

Obserwacje dostarczyły licznych danych nie tylko na temat natężenia ruchu na badanych trasach (tab. 1), ale pozwoliły także na szereg uogólnień na temat ruchu pieszego na obszarze Teofilowa B.

Łącznie zaobserwowano ponad 1,7 tys. osób na łącznej trasie o długości 10,4 km. Dominowały osoby przemieszczające się (niemal 83,9%). Nieco częściej spotykane były kobiety (52,7%) niż mężczyźni (47,3%). Najczęściej były to osoby dorosłe i nastolatki (67,5%), rzadziej seniorzy (28,9%), a sporadycznie samotnie przemieszczające się dzieci (3,6%). Uwzględniając zróżnicowanie czasu obserwacji, największym natężeniem ruchu pieszego cechowały się godziny 13⁰⁰–15⁰⁰ (ok. 1,9 os./100 m), a najniższym 9⁰⁰–10⁰⁰ oraz 12⁰⁰–13⁰⁰ (ok. 1,4 os./100 m). Największy udział w budowaniu tych prawidłowości mają osoby dorosłe (najliczniej obserwowane), jednak generalnie różnice w natężeniu ruchu w czasie dnia nie są wyraźne. Wpływa na to różny rozkład natężenia

Tabela 1. Ruch pieszy na obszarze Teofilowa B

| Trasa obserwacji | Ogółem | Kobiety | Mężczyźni | Dzieci | Dorośli | Seniorzy | W | |
|------------------|--------|---------|-----------|--------|---------|----------|-------|----------|
| | | | | | | | ruchu | bezruchu |
| [osoby] | | | | | | | | |
| 1 | 674 | 375 | 299 | 39 | 430 | 205 | 546 | 128 |
| 2 | 1045 | 531 | 514 | 23 | 730 | 292 | 896 | 149 |
| Razem | 1719 | 906 | 813 | 62 | 1160 | 497 | 1442 | 277 |
| [osoby na 100 m] | | | | | | | | |
| 1 | 13,18 | 7,33 | 5,85 | 0,76 | 8,41 | 4,01 | 10,68 | 2,50 |
| 2 | 20,09 | 10,21 | 9,88 | 0,44 | 14,03 | 5,61 | 17,22 | 2,86 |
| Średnio | 16,66 | 8,78 | 7,88 | 0,60 | 11,24 | 4,82 | 13,98 | 2,68 |

Źródło: oprac. własne na podstawie badań terenowych.

ruchu według grup wiekowych, powodujący niską zmienność w ujęciu ogólnym. W przypadku dzieci wyraźny wzrost natężenia obserwowany był w godz. 8⁰⁰–9⁰⁰ oraz 14⁰⁰–15⁰⁰, a wartości najniższe notowano w godz. 9⁰⁰–10⁰⁰. Szczyt natężenia ruchu seniorów przypadał w godzinach 10⁰⁰–12⁰⁰ oraz 13⁰⁰–14⁰⁰, minimum zaobserwowano w godz. 15⁰⁰–17⁰⁰. W przypadku osób dorosłych maksymalne natężenie obserwowano w godz. 13⁰⁰–16⁰⁰, a minimum w godz. 12⁰⁰–13⁰⁰ (ryc. 6).

Na dalszym etapie analiz podjęta została próba oceny korelacji obserwowanego, realnego natężenia ruchu pieszych z miarami konfiguracyjnymi sieci ulicznej: globalną oraz lokalną integracją.

Analizę oparto o wskaźnik korelacji liniowej Pearsona. Korelowano średnią wartość integracji obserwowanych odcinków trasy tworzących poziomy hierarchiczne dróg naturalnych z wartością obserwowanego na nich natężenia całkowitego ruchu pieszych (tab. 2). Z uwagi na to, że obserwacji poddano jedynie fragmenty dróg naturalnych przyjęto, iż zaobserwowane na nich natężenie jest charakterystyczne dla całej drogi naturalnej. W przypadku gdy trasa obserwacji przebiegała przez kilka fragmentów tej samej drogi naturalnej przyjmowano średnie natężenie ruchu.

Otrzymane wyniki wskazują na silną korelację pomiędzy wartościami teoretycznymi a rzeczywistym ruchem pieszych na badanym obszarze, jednak wartości poziomu istotności (*p-value*) informują o dużym prawdopodobieństwie realnego braku związku pomiędzy analizowanymi zmiennymi. Dla korelacji pomiędzy średnią integracją globalną obliczaną dla pięciu poziomów hierarchicznych ulic a obserwowanym średnim natężeniem ruchu $p = 0,134$, a dla integracji lokalnej $p = 0,087$. Należy jednak zaznaczyć, że zwiększenie liczby poziomów hierarchicznych (par obserwacji) poprawia istotność wyników. Np. dla 10 równych



Ryc. 6. Natężenie ruchu pieszych na osiedlu Teofilów B
 Źródło: oprac. własne na podstawie badań terenowych.

Tabela 2. Natężenie ruchu i miary integracji dróg naturalnych na obszarze Teofilowa B

| Hierarchia ulic naturalnych* | Łączna długość obserwowanych odcinków ulic [m] | Łączna liczba zaobserwowanych pieszych | Średnie natężenie ruchu pieszych [os./100 m] | Średnia wartość integracji | |
|---|--|--|--|----------------------------|------------------------------|
| | | | | globalnej | lokalnej (R ²)** |
| 1 | 3249,5 | 714 | 22,0 | 2,2263 | 4,7648 |
| 2 | 1307,6 | 200 | 15,3 | 1,9642 | 3,6829 |
| 3 | 2791,7 | 455 | 16,3 | 1,7849 | 3,5769 |
| 4 | 2183,8 | 239 | 11,0 | 1,5992 | 2,5940 |
| 5 | 494,2 | 74 | 15,0 | 1,4049 | 2,1476 |
| Korelacja pomiędzy wartościami integracji a natężeniem ruchu pieszego | | | | 0,7619 | 0,8231 |
| Wartość R ² | | | | 0,5804 | 0,6775 |
| Korelacja pomiędzy wartościami integracji globalnej i lokalnej | | | | | 0,9843 |

*Hierarchia ulic naturalnych odzwierciedla poziomy integracji globalnej: 1 – rdzenie integracji (tj. 10% wszystkich ulic naturalnych osiągających najwyższe poziomy integracji), 2 – dopełnienie rdzenia (tj. kolejne 5% ulic o nieco niższych wartościach integracji), 3–4 – dalsze 10% i 25% ulic (przeciętnie i słabo zintegrowanych), 5 – pozostałe 50% ulic (najslabiej zintegrowanych, odseparowanych).

**Integrację lokalną obliczono według dystansu topologicznego (przyjęto dystans dwóch kroków topologicznych).

Źródło: oprac. własne.

przedziałów wartości korelacji Pearsona $r = 0,6629$ przy $p = 0,037$ dla integracji globalnej oraz $r = 0,6543$ przy $p = 0,040$ dla integracji lokalnej. Wysoka korelacja pomiędzy integracją globalną i lokalną wskazuje na dobrą czytelność analizowanego układu.

8.5. Dyskusja i wnioski

W centrum badań nad ruchem pieszym znajdują się wybrane cechy środowiska zurbanizowanego odpowiedzialne za walkablity, tj. jego „przyjazność” dla transportu pieszego. Należą do nich m.in. różne przejawy intensywności miejskiej (*urban density*), różnorodność użytkowania (*diversity of land-use*), sposób zagospodarowania ciągów ulicznych (*street design*), układ sieci ulicznej (*grid pattern*) i jej przepuszczalność (*permeability*) zależną m.in. od wielkości kwartałów miejskich, gęstości skrzyżowań czy obecności sięgaczy (*cul-de-sac street*) (Owens 1993; Southworth 2005; Ozbil 2010; Sundquist i in. 2011). Prezentowa-

ne badania koncentrują się na bardziej abstrakcyjnych, topologicznych własnościach układów urbanistycznych, których analizę umożliwiają narzędzia składni przestrzeni. Badania takie podejmowane były na arenie międzynarodowej wielokrotnie i wskazywały na istotne związki pomiędzy topologicznymi lub kątowymi parametrami sieci ulicznej a ruchem pieszym (Hillier i in. 1993; Baran i in. 2008; Koohsari i in. 2016).

Wynik przeprowadzonych analiz wskazuje, że wybór drogi przez pieszych przemieszczających się w przestrzeni Teofilowa B także pozostaje w związku z konfiguracją ciągów pieszych. Statystycznie ulice naturalne o wyższych poziomach integracji są częściej wybierane niż ulice cechujące się niższą integracją. Należy jednak podkreślić, że zgodność obserwacji z modelem teoretycznym otrzymano korelując wyniki badań terenowych zgeneralizowanych do grup segmentów tworzących określone poziomy hierarchiczne ulic naturalnych, a akceptowalny poziom istotności statystycznej osiągnięto grupując wyniki w 10 klasach (poziomach hierarchicznych). Zmienność obserwowanego ruchu na pojedynczych segmentach o podobnych wartościach integracji była znaczna i w tak szczegółowej skali korelacja była znikoma. Wpływ na to miało zapewne uproszczenie badań, wynikające z ograniczonych możliwości badawczych, tj. prowadzenia obserwacji przez jedną tylko osobę w dość krótkim czasie. Oznaczało to, że badania nie mogły zostać zrealizowane w czasie ciągłym i równoległe na obu trasach obserwacji. Badania nie były też ponawiane na tyle, aby obserwacjami pokryć wszystkie kolejne dni w cyklu tygodniowym lub kilkutygodniowym. Obserwacje były także realizowane w okresie zimowym, który mógł ograniczać częstotliwość i długotrwałość podróży oraz pokonywane odległości przez pieszych, tj. redukować zachowania określone przez J. Gehla (2009) jako opcjonalne. Niska korelacja w ujęciu szczegółowym może być także wynikiem specyfiki analizowanego układu. Jak wskazują badania porównawcze założeń urbanistycznych o różnej genezie, ruch pieszych w układach modernistycznych zrealizowanych w drugiej połowie XX wieku pozostaje w słabszym związku z miarami składni przestrzeni i jest mniej przewidywalny aniżeli w układach starszych, o bardziej organicznym charakterze (Omer, Goldblatt 2016).

Należy podkreślić, że na wybór drogi przez osoby przemieszczające się pieszo wpływ ma szereg czynników nie identyfikowanych w prezentowanych badaniach. Należy do nich m.in. rozmieszczenie źródeł ruchu i miejsc docelowych (budynków, obiektów handlowych, usługowych i edukacyjnych, przystanków komunikacji zbiorowej, parkingów *etc.*), położonych nie tylko wewnątrz, ale i w sąsiedztwie obszaru badań. Innymi słowy, wykazany związek nie można w zupełności opisać w kategoriach ruchu naturalnego, tj. ruchu wynikającego z ram narzuconych konfiguracją sieci ulicznej. Trudno także jednoznacznie stwierdzić na ile ruch pieszych zależy bezpośrednio od konfiguracji przestrzeni dostępnych pieszo, a na ile jest on od niej zależny pośrednio (bo np. przestrzenne

wzorce rozmieszczenia działalności usługowej, miejsc docelowych dla pieszych, także mogą być pod wpływem konfiguracji układu).

Celowe jest podjęcie dalszych, pogłębionych badań nad możliwością zastosowania teoretycznych modeli składni przestrzeni do oceny istniejących i projektowanych osiedli mieszkaniowych. Poparcie przedstawionych wyników (które należy oceniać w kategoriach badań pilotażowych) kolejnymi badaniami i potwierdzenie zdolności predykcyjnych składni przestrzeni, pozwoli bezpośrednio przełożyć model teoretyczny i płynącą z niego waloryzację przestrzeni na realne działania związane z przestrzenną organizacją terenów mieszkaniowych. Wyniki dotychczasowych badań wskazują, że model syntaktycznej hierarchii ciągów komunikacyjnych pozwala precyzyjnie wskazać miejsca kluczowe dla funkcjonowania społeczeństwa. To sprawia, że jest on wartościowym narzędziem wspomagającym planowanie i organizację układów urbanistycznych. Pozwala on nie tylko testować rozwiązania przestrzenne w fazie projektowej, ale także uzasadniać reorganizację układu komunikacyjnego (np. wyłączenie z ruchu niektórych ciągów lub zamianę przedempt na urządzone ciągi piesze) lub stanowić podstawą zmian zagospodarowania (np. przestrzeni kluczowych dla ruchu). Możliwa jest także poprawa przestrzennej organizacji funkcji towarzyszących terenom mieszkaniowym, takich jak handel, usługi, rekreacja, a nawet przeciwdziałanie marginalizacji przestrzennej miejsc.

Literatura

- Al-Sayed K., Turner A., Hillier B., Iida S., Penn A., 2014, *Space syntax methodology*, University College of London, London.
- Baran P.K., Rodríguez D.A., Khattak A.J., 2008, *Space syntax and walking in a new urbanist and suburban neighbourhoods*, „Journal of Urban Design”, 13(1): 5–28.
- Dettlaff W., 2014, *Space syntax analysis – Methodology of understanding the space*, „PhD Interdisciplinary Journal”: 283–291.
- Ewing R.H., 1999, *Pedestrian and transit-friendly design: A primer for smart growth*, DC, American Planning Association.
- Frick T., 1987, *Rebuilding Central Park*, Technology Review.
- Fuhrmann M., 2010, *Residents' relationship with the territory and the spatial planning of residential housing developments*, „Miscellanea Geographica”, 14(1): 265–272.
- Gehl J., 2009, *Życie między budynkami*, RAM, Kraków.
- GUGiK, 2014, *Baza danych obiektów topograficznych*, Główny Urząd Geodezji i Kartografii.
- Hillier B., 1996, *Space is the machine: A configurational theory of architecture*, Space Syntax, London.
- Hillier B., 2014, *Spatial analysis and cultural information: The need for theory as well as method in space syntax analysis*, [w:] Paliou E., Lieberwirth U., Polla S. (red.), *Spatial analysis and social spaces*, De Gruyter, Berlin: 19–48.

- Hillier B., Hanson J., 1984, *The Social Logic of Space*, Bartlett School of Architecture and Planning, University College of London, Cambridge University Press,
- Hillier B., Penn A., Hanson J., Grajewski T., Xu J., 1993, *Natural movement: Or, configuration and attraction in urban pedestrian movement*, „Environment and Planning B: Planning and Design”, 20(1): 29–66.
- Jiang B., 2015, *Axwoman 6.3: An ArcGIS extension for urban morphological analysis*, University of Gävle, Sweden.
- Jiang B., Claramunt Ch., 2002, *Integration of space syntax into GIS: New perspectives for urban morphology*, „Transactions in GIS”, 6(3): 295–309.
- Jiang B., Zhao S., Yin J., 2008, *Self-organized natural roads for predicting traffic flow: A sensitivity study*, „Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment”, 7: 1–27.
- Kocki W., Kwiatkowski B., 2016, *Space Syntax w strukturze komunikacyjnej Lublina*, „Budownictwo i Architektura”, 15(1): 201–211.
- Kocki W., Kwiatkowski B., 2017, *Space Syntax w strukturze komunikacyjnej dzielnicy Kośminek w Lublinie*, „Budownictwo i Architektura”, 16(1): 153–163.
- Koohsari M.J., Oka K., Owen N., Sugiyama T., 2019, *Natural movement: A space syntax theory linking urban form and function with walking for transport*, „Health & Place”, 58: 102072.
- Koohsari M.J., Owen N., Cerin E., Giles-Corti B., Sugiyama T., 2016, *Walkability and walking for transport: Characterizing the built environment using space syntax*, „International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity”, 13(1): 1–9.
- Koohsari M.J., Sugiyama T., Mavoa S., Villanueva K., Badland H., Giles-Corti B., Owen N., 2016, *Street network measures and adults' walking for transport: Application of space syntax*, „Health & Place”, 38: 89–95.
- Kostakos V., 2010, *Space syntax and pervasive systems*, [w:] Jiang B., Yao X. (red.), *Geospatial Analysis and Modelling of Urban Structure and Dynamics*, Springer, Dordrecht: 31–52.
- Kotus J., 2006, *Terytorialne podsystemy społeczne o charakterze wspólnotowym w mieście*, „Przegląd Geograficzny”, 78(2): 231–245.
- Kryczka P., 1981, *Spoločność osiedla mieszkaniowego w wielkim mieście: Ideologie i rzeczywistość*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Książkiewicz S., 2015, *Modelowanie pieszej dostępności przestrzeni miejskiej w teorii Space Syntax*, [w:] Trzepacz P., Więclaw-Michniewska J., Brzosko-Sermak A., Kołós A. (red.), *Miasto w badaniach geografów*, 1, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków: 183–202.
- Lamprecht M., 2016, *The Role of The Built Environment in Human Life. Selected Issues*, „European Spatial Research and Policy”, 23(2), Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź: 65–81.
- Lamprecht M., 2020a (w druku), *Hidden properties of city plans. A case study of Łódź*, „European Spatial Research and Policy”, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Lamprecht M., 2020b (w druku), *Pedestrian movement and Space Syntax measures. Example of the city centre in Łódź, Poland*, „Studia Miejskie”, Wydawnictwo Uniwersytetu Opolskiego, Opole.

- Lerman Y., Omer I., 2013, *The effects of configurational and functional factors on the spatial distribution of pedestrians*, [w:] Vandenbroucke D., Bucher B., Crompvoets J. (red.), *Geographic Information Science at the Heart of Europe*, Springer Science & Business Media, Heidelberg: 383–398.
- Marczewska E., 2017, *Określenie stopnia dostępności przestrzeni publicznych na kampusie Politechniki Gdańskiej w myśl teorii projektowania uniwersalnego z użyciem metodologii space syntax*, [w:] Komar B. (red.), *Badania interdyscyplinarne w architekturze*, 2, Wydawnictwo Wydziału Architektury Politechniki Śląskiej, Gliwice: 91–103.
- Montello D.R., 2007, *The contribution of space syntax to a comprehensive theory of environmental psychology*, [w:] Kubat A.S., Ertekin Ö., Güney Y.I., Eyüboğlu E. (red.), *Proceedings of the 6th International Space Syntax Symposium*, Istanbul Technical University: 012.1–012.14.
- Omer I., Goldblatt R., 2016, *Spatial patterns of retail activity and street network structure in new and traditional Israeli cities*, „Urban Geography”, 37(4): 629–649.
- Owens P.M., 1993, *Neighborhood form and pedestrian life: Taking a closer look*, „Landscape and Urban Planning”, 26(1–4): 115–135.
- Ozbil A., 2010, *Walking to the Station: The Effects of Street Connectivity on Walkability and Access to Transit*, (doctoral dissertation), Georgia Institute of Technology.
- Ozbil A., Peponis J., Stone B., 2011, *Understanding the link between street connectivity, land use and pedestrian flows*, „Urban Design International”, 16(2): 125–141.
- Önder D.E., Gigi Y., 2010, *Reading urban spaces by the space-syntax method: A proposal for the South Haliç Region*, „Cities”, 27: 260–271.
- Pafka E., Dovey K., Aschwanden G., 2018, *Limits of space syntax for urban design: Axiality, scale and sinuosity*, „Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science”, 47(3): 508–522.
- Penn A., Hillier B., Bannister D., Xu J., 1998, *Configurational modelling of urban movement networks*, „Environment and Planning (B): Planning and Design”, 25(1): 59–84.
- Peponis J., Wineman J., 2002, *Spatial structure of environment and behavior*, [w:] Bechtel R., Churchman A. (red.), *Handbook of environmental psychology* John Wiley, New York: 271–291.
- Porta S., Latora V., Wang F., Rueda S., Strano E., Scellato S., Cardillo A., Belli E., Càrdenas F., Cormenzana B., Latora L., 2012, *Street centrality and the location of economic activities in Barcelona*, „Urban Studies”, 49(7): 1471–1488.
- Ratajczak W., 2013, *Obiekty, struktury i procesy przestrzenne: Analiza fraktalna*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe.
- Ratti C., 2004, *Space syntax: Some inconsistencies*, „Environment and Planning B: Planning and Design”, 31(4): 487–499.
- Southworth M., 2005, *Designing the walkable city*, „Journal of Urban Planning and Development” 131.4: 246–257.
- Sundquist K., Eriksson U., Kawakami N., Skog L., Ohlsson H., Arvidsson D., 2011, *Neighborhood walkability, physical activity, and walking behavior: The Swedish Neighborhood and Physical Activity (SNAP) study*, „Social Science & Medicine”, 72(8): 1266–1273.

Szafrańska E., 2012, *Przemiany struktury społecznej, przestrzennej i funkcjonalnej wielkich osiedli mieszkaniowych na przykładzie osiedla Widzew-Wschód w Łodzi*, „Space–Society–Economy”, 11: 179–195.

Trigueiro E.B.F., Medeiros V., 2007, *The bridge, the market, a centrality forever lost and some hope*, [w:] Kubat A.S., Ertekin Ö., Güney Y.I., Eyüboğlu E. (red.), *Proceedings of the 6th International Space Syntax Symposium*, Istanbul Technical University: 036.01–036.12.

Ustawa z dnia 21 marca 1985 roku o drogach publicznych (z późn. zm.) (Dz.U., 2020, poz. 470, 471, 1087).

Historia artykułu

Data wpływu: 11 grudnia 2020

Data akceptacji: 4 stycznia 2021