

Krzysztof Janc, Wojciech Jurkowski

Uniwersytet Wrocławski

Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska

Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego

Zakład Zagospodarowania Przestrzennego

KJ: krzysztof.janc@uwr.edu.pl,  <https://orcid.org/0000-0002-1666-2848>

WJ: wojciech.jurkowski@uwr.edu.pl,  <https://orcid.org/0000-0002-8926-3004>

Rozmieszczenie sieci wi-fi na obszarach wiejskich na przykładzie gminy Bierutów¹

Zarys treści: Sieci wi-fi odgrywają obecnie istotną rolę w funkcjonowaniu Internetu, a rozpoznanie ich rozkładu przestrzennego w skali lokalnej ma kluczowe znaczenie dla zrozumienia wyzwań i kierunków rozwoju społeczności lokalnych, szczególnie w kontekście inteligentnego rozwoju obszarów wiejskich. W artykule zaprezentowano wyniki badań, w których materiał źródłowy pozyskano metodą wardrivingu na obszarze gminy Bierutów. Celem opracowania była identyfikacja związków pomiędzy rozmieszczeniem sieci wi-fi a rozmieszczeniem ludności i zabudowy w skali lokalnej. Autorzy opracowali procedurę pozyskiwania danych dotyczących sieci wi-fi oraz ocenili możliwości ich wykorzystania do ilościowej charakterystyki ludności i sieci osadniczej. Analiza wykazała, że na badanym obszarze istnieje wyraźna zależność pomiędzy rozmieszczeniem sieci wi-fi a rozmieszczeniem mieszkań, budynków i ludności. Można stwierdzić, że niezależnie od charakterystyki danego obszaru oraz jego cech społecznych, korzystanie z podłączenia do sieci bezprzewodowej jest standardem. W kontekście metodycznym badanie potwierdziło, że rozmieszczenie sieci wi-fi pozwala pośrednio oszacować liczbę ludności, a także bezpośrednio liczbę budynków i mieszkań.

Słowa kluczowe: sieć wi-fi, Internet, obszary wiejskie, *smart rural development*, wardriving

Wprowadzenie

W obecnych czasach można zaobserwować wzrastającą zależność społeczeństwa od technologii informacyjnych. Zjawisko to ma charakter globalny i dotyczy zarówno największych aglomeracji, jak i obszarów wiejskich (Streitz 2019). Dla większości światowego społeczeństwa Internet stanowi podstawowe źródło

¹ Publikacja przygotowana w ramach projektu badawczego Narodowego Centrum Nauki, 2020/39/B/HS4/00423, „Technologie cyfrowe a sprawiedliwość przestrzenna. Wyzwania dla inteligentnego rozwoju obszarów wiejskich” (SMART RURAL).

informacji oraz główne narzędzie komunikacji interpersonalnej. W efekcie staje się on kluczowym czynnikiem rozwoju społeczno-ekonomicznego, w różnych skalach przestrzennych: krajowej, regionalnej, jak również lokalnej (Tranos 2013, Magnusson, Hermelin 2019). Dlatego też dostęp do nieograniczonego, swobodnego, bezpiecznego i niezawodnego łącza, niezależnie od aktualnej lokalizacji, stanowi jedno z głównych wyzwań w kontekście zaspokojenia potrzeb współczesnego społeczeństwa.

Od początku rozwoju Internetu można zaobserwować nieustanne zmiany w zakresie dostępu oraz sposobów jego wykorzystania (Blank, Dutton 2014, Lee i in. 2015). W ostatnich latach wzrost powszechności smartfonów i innych przenośnych urządzeń stanowił kluczowy „kamień milowy” w rozwoju Internetu. Wraz z rosnącym zastosowaniem technologii mobilnych, liczba urządzeń podłączonych do Internetu również znacząco wzrosła, wielokrotnie przekraczając liczebność światowej populacji, jak wskazują szacunki największych firm technologicznych (np. Ericsson, Cisco). Obecność kilkudziesięciu miliardów urządzeń umożliwiających dostęp do zasobów cyfrowych oraz korzystanie z różnorodnych usług internetowych wymaga zapewnienia bezprzewodowego dostępu (Wireless Fidelity, wi-fi). Sieć wi-fi odgrywa obecnie zasadniczą rolę w funkcjonowaniu Internetu, będąc jednym z rozwiązań umożliwiających zaspokajanie potrzeb użytkowników zarówno w przestrzeni publicznej, jak i prywatnej. Jej znaczenie jest często analizowane w kontekście tzw. „Internetu Rzeczy” (*Internet of Things – IoT*), który stanowi istotną składową procesów cyfryzacji w wymiarze użytkowym i technologicznym.

Wskazane zmiany w zakresie funkcjonowania i wykorzystania Internetu, według większości badaczy tego zagadnienia, nie spowodowały jednak zanikania różnicowań przestrzennych w dostępie czy jakości Internetu. Zjawisko wykluczenia cyfrowego (*digital divide*) nadal występuje we wszystkich skalach przestrzennych (Janc, Jurkowski 2022). Jak podkreślają Salemnik i in. (2017), brak dostępu do Internetu wyklucza niektóre społeczności, zwłaszcza wiejskie, z pełnego uczestnictwa we współczesnym społeczeństwie. Szczególnie widoczne jest to w kontekście obecnych możliwości wykonywania pracy, uczenia się czy procedowania spraw administracyjnych w przestrzeni cyfrowej. Brak dostępu lub niska jakość łącza prowadzi w efekcie do wykluczenia społecznego mieszkańców danego obszaru (van Wee 2022). Dlatego też problem nierównomierności dostępu do Internetu stanowi główne wyzwanie w kontekście inteligentnego rozwoju obszarów wiejskich (*smart rural development*). Cyfryzacja na obszarach wiejskich z założenia powinna przynosić znaczące korzyści, ponieważ może przyczynić się do niwelowania różnic rozwojowych w porównaniu do miast (Birnbaum i in. 2021). Stąd szczegółowe rozpoznanie rozkładu przestrzennego jednego z kluczowych aspektów dostępu do Internetu na najniższym poziomie odniesienia przestrzennego (w skali lokalnej) jest kluczowe dla zrozumienia wyzwań i kierunków rozwoju społeczności lokalnych.

Cele opracowania należy rozpatrywać zarówno w ujęciu poznawczym, jak i metodycznym. Z punktu widzenia poznawczego celem jest zidentyfikowanie związków pomiędzy rozmieszczeniem sieci wi-fi a rozmieszczeniem ludności

i zabudowy na obszarach wiejskich w skali lokalnej. W wymiarze metodycznym natomiast jako cel przyjmuje się opracowanie procedury pozyskiwania danych dotyczących sieci wi-fi oraz ocenę możliwości wykorzystania tych danych do ilościowej charakterystyki ludności i sieci osadniczej na danym terenie. W ogólnym ujęciu niniejsze opracowanie jest próbą odpowiedzi na pytanie czy ze względu na powszechność korzystania z Internetu rozkład przestrzenny sieci wi-fi na obszarach wiejskich jest ściśle związany z rozmieszczeniem ludności, a co za tym idzie – również mieszkań i budynków. Biorąc pod uwagę specyfikę obszarów wiejskich, gdzie nadal występuje problem wykluczenia cyfrowego, zależność ta nie jest oczywista i wymaga empirycznej weryfikacji. W szczególności w mniejszych jednostkach osadniczych, ich peryferyjnych częściach oraz wsiach zamieszkałych głównie przez starszą populację i podlegających procesom depopulacji, pomimo istniejącej zabudowy, można spodziewać się braku sieci wi-fi.

Badanie zostało przeprowadzone w gminie Bierutów, której większość obszaru posiada typowo wiejski charakter. Jednocześnie badany teren stanowi przykład gminy miejsko-wiejskiej, co daje możliwość porównań na płaszczyźnie miastowości. Tego typu ujęcie stwarza możliwość analizy odmiennych uwarunkowań funkcjonalnych i morfologicznych sieci osadniczej.

Podjęmowane w opracowaniu zagadnienie znajduje się w obrębie problematyki geografii Internetu, w jej płaszczyźnie infrastrukturalnej (Janc 2017). Nie jest ono w pełni rozpoznane na gruncie literatury przedmiotu i można zidentyfikować braki w odniesieniu do stanu wiedzy w tym zakresie. Skanowanie sieci wi-fi, a w konsekwencji określenie różnicowań rozkładu przestrzennego tych sieci jest znane głównie z badań przestrzeni miejskiej (Torrens 2008, Konomi i in. 2019), natomiast obszary wiejskie pozostają zwykle poza sferą zainteresowań badaczy. Należy również zauważyć, że w przypadku badań nad Internetem bezprzewodowym większość autorów skupia się na publicznych punktach dostępu (tzw. hot spotach) w skali krajowej lub regionalnej (np. Janc, Ilnicki 2010, Wang i in. 2016, Kim 2018, Tang i in. 2019). Perspektywa lokalna, w szczególności wykraczająca poza obszar miasta i uwzględniająca kompleksowe podejście do problematyki, z włączeniem sieci prywatnych jest wciąż relatywnie słabo rozpoznana w badaniach geograficznych, a nieliczne opracowania nie wychodzą poza próbę przedstawienia metody, nie zaś potencjału analitycznego pozyskanego w ten sposób materiału (Santos i in. 2021).

Bezprzewodowy dostęp do Internetu – kontekst przestrzenny

W obecnych czasach potrzeba ciągłego korzystania z Internetu powoduje wzrost oczekiwań dotyczących dostępu do sieci, niezależnie od lokalizacji. Dotyczy to zarówno przestrzeni publicznych, jak i poszczególnych pomieszczeń gospodarstw domowych (mieszkań, domów). Oczekiwania te nie ograniczają się jedynie do urządzeń umożliwiających komunikację, pracę czy rozrywkę, takich jak

komputery przenośne, tablety czy smartfony. Istotne jest także uwzględnienie urządzeń, które stanowią integralną część codziennego środowiska życia i wspomagają jego funkcjonowanie. Mnogość podłączonych urządzeń, w tym sprzętu AGD, urządzeń peryferyjnych (np. drukarki, monitory), czujników, wymusza połączenie ich jedną, bezprzewodową siecią. W efekcie następuje zmiana sposobu łączenia się z Internetem, polegająca na odejściu od korzystania z łącza stacjonarnego na pojedynczym urządzeniu na rzecz łączenia się bezprzewodowo z wielu urządzeń. Jest to jeden z przejawów realizacji koncepcji inteligentnego rozwoju (*smart development*) w wymiarze infrastrukturalnym.

Smart development jest sposobem myślenia o rozwoju daleko wykraczającym poza znaczenie *stricto* techniczne, zarówno w odniesieniu do miast (np. Nam, Pardo 2011, Albino i in. 2015), jak i obszarów wiejskich (Naldi i in. 2015, Wolski, Wójcik 2019, Komorowski, Stanny 2020). Urządzenia takie, jak smartfony, tablety, laptopy, telewizory, kamery, monitory, drukarki i inne „podłączone” do Internetu, dają ogromną liczbę zastosowań, które zaspokajają potrzeby wszystkich użytkowników w każdej lokalizacji. Jest to cecha charakterystyczna ogólnie pojmowanej idei *smart*, polegającej na tworzeniu i podtrzymywaniu wzajemnych powiązań ludzi, instytucji, technologii, infrastruktury (Chourabi i in. 2012). Wraz z rozwojem tzw. „Internetu Rzeczy”, połączenia sprzętów używanych na co dzień tworzą „otoczenie”, które możemy określić jako *smart* (Streitz 2019). W konsekwencji infrastruktura bezprzewodowego Internetu stanowi niezbędne podłoże codziennego funkcjonowania i rozwoju zarówno miast, jak i obszarów wiejskich. Thomas i in. (2021) wskazali, że pod koniec drugiej dekady XXI w. gospodarstwa domowe podłączone do Internetu w USA posiadały średnio 9 urządzeń połączonych z siecią wi-fi, co wyraźnie podkreśla obecną skalę korzystania z Internetu bezprzewodowego.

Współcześnie, w ramach bezprzewodowego dostępu do Internetu, można wyróżnić dwa główne sposoby podłączania urządzeń mobilnych: bezprzewodowe sieci lokalne (wi-fi) oraz komórkowe sieci danych mobilnych. Jak zauważają Pahlavan i Krishnamurthy (2021), sieć wi-fi jest głównym wyborem dla smartfonów, ponieważ może zapewnić wyższą szybkość transmisji danych i bardziej niezawodne połączenia wewnętrzne przy niższych kosztach (użytkownicy zwykle korzystają z sieci komórkowych jako drugiego wyboru). Internet bezprzewodowy (*Wireless Fidelity* – wi-fi) działa pod rodziną standardów IEEE 802.11, której podstawowa wersja została opublikowana w 1997 r. Oczywiście w przypadku sieci bezprzewodowych dokonuje się ciągły postęp, zwłaszcza pod względem wzrostu możliwości przesyłu danych. Pomimo pojawienia się i upowszechniania technologii sieci komórkowej 5G oraz stosunkowo tanich ofert nielimitowanych pakietów danych komórkowych, spadek istotności sieci wi-fi nie został dotychczas zaobserwowany (Oughton i in., 2021a, b). Co ważne, sama technologia wi-fi również jest cały czas rozwijana, tak żeby sprostać coraz większym potrzebom „konsumpcji” danych i lepszej integracji z coraz liczniejszymi rozwiązaniami bazującymi na dostępie do Internetu (Martinez i in. 2024).

Zagadnienia związane z sieciami wi-fi są najczęściej rozpatrywane z perspektywy publicznego (otwartego) dostępu, zwłaszcza w odniesieniu do koncepcji

smart city i angażowania mieszkańców w różne aspekty funkcjonowania tych sieci (Louw, Von Solms 2019, McShane, Grechyn 2019, Kamiński i in. 2020). W przypadku obszarów wiejskich sieć wi-fi pełni niewątpliwie tę samą funkcję, a ponadto wspomaga bardziej efektywne monitorowanie i zarządzanie gospodarstwami rolnymi czy też w szerszym ujęciu – aktywnością rolniczą (Wolfert i in. 2017). Warunkiem *sine qua non* spełniania przez daną sieć wi-fi swojej roli jest wysoka jakość połączenia z Internetem w zakresie parametrów łącza (prędkość pobierania i wysyłania danych, opóźnienie sygnału). Jak zauważają Morris i in. (2022), lokalizacja ma kluczowe znaczenie, jeśli chodzi o dostęp do niezawodnej łączności cyfrowej, dlatego pomimo inwestycji obszary wiejskie, szczególnie te bardziej oddalone od największych miast, znajdują się w niekorzystnej sytuacji. Wskazują na to badania przeprowadzone w Polsce (Janc i in. 2022, Janc, Jurkowski 2022), gdzie wyraźnie zauważalna jest różnica pomiędzy miastami a obszarami wiejskimi w zakresie parametrów Internetu – zarówno stacjonarnego, jak i mobilnego. Stąd pomimo silnego potencjału transformacji obszarów wiejskich poprzez cyfryzację (Rundel, Salemin 2021, Cambra Fierro, Pérez 2022) potrzebne są ciągle działania we wszystkich możliwych sferach, zmierzające do stworzenia lepszego pokrycia dostępem do Internetu i upowszechniania korzystania z niego. W przeciwnym razie odwoływanie się do idei *smart* w aspekcie rozwoju obszarów wiejskich nie będzie możliwe.

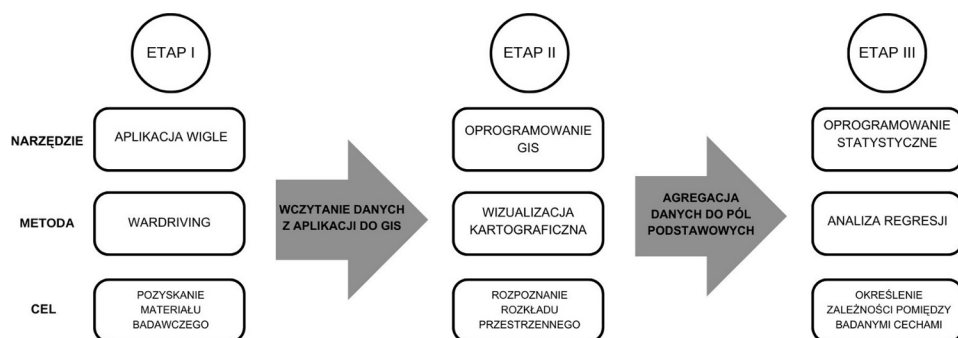
Wskazana powyżej nierównomierność dostępu do Internetu jest analizowana od wielu lat w różnych kontekstach przestrzennych (Gorman, Malecki 2000, Grubisic, O’Kelly 2002, Whitacre, Mills 2007, Stephens, Poorthuis 2015). Oprócz samego dostępu zwraca się uwagę na kwestię kompetencji cyfrowych, a także korzyści osiąganych w wyniku użytkowania Internetu (Hargittai 2002, Brandtzaeg i in. 2011, van Deursen, Helsper 2015). Braki w zakresie dostępu do Internetu, kompetencji w zakresie jego wykorzystania oraz korzyści, jakie przynosi, stanowią zatem główne składowe wykluczenia cyfrowego (*digital divide*), które po pierwsze charakteryzują się wielowymiarowością, a po drugie są zmienne w czasie. W odniesieniu do aspektu czasowego warto zaznaczyć, że ciągły postęp w dziedzinie wykorzystania Internetu (np. rozwój technologii mobilnych) wymusza konieczność zdobywania nowych kompetencji przez użytkowników, a także aktualizacji sprzętu oraz oprogramowania. Przebieg tych procesów warunkowany jest odpowiednimi zasobami (np. środki finansowe, wiedza), co jest związane z czynnikami stratyfikacji, analogicznie jak przy wcześniejszych formach wykluczenia cyfrowego. W tym opracowaniu poruszane jest również zagadnienie *smart divide* (Li i in. 2020), odnoszące się do użytkowania urządzeń typu *smart*, czyli zależnych od bezprzewodowego dostępu do Internetu. Istotą tego pojęcia nie jest jednak sam dostęp do takich urządzeń, lecz umiejętność ich efektywnego wykorzystania. Jak zauważa Lee (2016, s. 261), „ze względu na powszechne nasycenie rynku urządzeniami *smart*, kluczowe znaczenie ma zdolność do ich obsługi, a nie same ich użytkowanie”.

Zauważyć należy, że dotychczasowe badania nad zróżnicowaniem przestrzennym sieci wi-fi w skali lokalnej (wewnątrzmięskiej) pozwoliły na stwierdzenie prawidłowości, w której gęstość punktów dostępowych (*hot spotów*) związana

jest z występowaniem obszarów o określonych wartościach dochodu, poziomu wykształcenia oraz stylu życia mieszkańców czy innych cech społeczno-ekonomicznych (Grubestic, Murray 2004, Fuentes-Bautista, Inagaki 2006, Torrens 2008, Driskell, Wang 2009). Analogicznie do kwestii korzystania z publicznych punktów dostępowych, kapitał edukacyjny oraz kompetencje cyfrowe (pewność wykonywania określonych czynności) są istotnymi czynnikami wpływającymi na korzystanie z tych rozwiązań (McConnell, Straubhaar 2015). Dlatego też, badając zróżnicowania przestrzenne sieci wi-fi, należy zawsze rozważać ich „umocowanie” w przestrzeni fizycznej (Kim 2018). Biorąc pod uwagę zidentyfikowane zależności, postawione cele niniejszego opracowania mają kluczowe znaczenie z poznawczego punktu widzenia, a ich realizacja powinna przyczynić się do pogłębienia obecnego stanu wiedzy w analizowanej materii.

Metody badań

W ramach przyjętej procedury postępowania badawczego można wyróżnić trzy zasadnicze etapy, oparte na wykorzystaniu odmiennych metod badawczych (ryc. 1). W pierwszym etapie pozyskano materiał empiryczny, w drugim przeprowadzono rozpoznanie rozkładu przestrzennego sieci wi-fi na badanym obszarze, natomiast w trzecim etapie określono zależności pomiędzy rozmieszczeniem sieci wi-fi a rozkładem cech odnoszących się do demografii i sieci osadniczej badanego obszaru.



Ryc.1. Schemat procedury postępowania badawczego zastosowanej w niniejszym opracowaniu

Źródło: opracowanie własne.

Zasadniczym elementem pierwszego etapu były badania terenowe z wykorzystaniem metody *wardrivingu*, które zostały zrealizowane w dniu 27 czerwca 2022 r., w godzinach 8.00–16.00. Wardriving to technika pozyskiwania danych o rozmieszczeniu punktów bezprzewodowego dostępu do Internetu, w tym sieci wi-fi (Tsui i in. 2010). Polega ona na poruszaniu się po określonym obszarze geograficznym (zwykle samochodem osobowym) i skanowaniu sieci w czasie

rzeczywistym za pomocą odpowiedniego narzędzia (najczęściej aplikacji zainstalowanej na smartfonie) (Etta i in. 2022, s. 2). W przypadku prezentowanego badania przyjęto założenie, że skanowanie odbędzie się na obszarze gminy Bierutów, z wykorzystaniem samochodu osobowego.

Skanowanie wykonywano przy użyciu aplikacji WiGLE WiFi, dostępnej do pobrania na smartfony z systemem Android². Aplikacja umożliwia skanowanie sieci wi-fi, Bluetooth oraz stacji bazowych GSM. Odstęp czasowy pomiędzy kolejnymi skanowaniami został skonfigurowany w aplikacji w następujący sposób:

- co 10 sekund, gdy pojazd był nieruchomy;
- co 5 sekund, gdy pojazd poruszał się z prędkością do 8 km/h;
- co 1 sekundę, gdy pojazd poruszał się z prędkością większą niż 8 km/h.

Ustawienia aplikacji oraz pozostałe zasady przyjęte przez autorów zostały przetestowane przed przystąpieniem do badań właściwych podczas pilotażowego skanowania przeprowadzonego w kilku miejscowościach położonych pod Wrocławiem. Wówczas porównywano również efektywność skanowania w trakcie różnych sposobów przemieszczania się: pieszo i samochodem z niewielką prędkością, a w przypadku jazdy samochodem sprawdzono również, jakie znaczenie ma umiejscowienie smartfona w pojeździe. Wobec braku różnic w liczbie identyfikowanych sieci zdecydowano o przyjęciu szybszego sposobu przemieszczania się, tj. samochodu z prędkością nieprzekraczającą zwykle 20 km/h. Smartfon z włączoną aplikacją WiGLE WiFi umieszczony był w pobliżu przedniej szyby samochodu. Każda trasa była skanowana dwukrotnie, a w szczególnych sytuacjach dokonywano kolejnych, dodatkowych skanowań. Przede wszystkim dotyczyło to sytuacji, w których następowała konieczność poruszania się z prędkością wyższą niż 20 km/h, ze względu na chwilowe zwiększenie natężenia ruchu drogowego. Wówczas poruszanie się z założoną w badaniach prędkością byłoby niezgodne z przepisami zawartymi w kodeksie ruchu drogowego (konieczność jazdy z prędkością nieutrudniającą jazdy innym kierującym). Skanowanie zostało również powtórzone w obrębie obszarów o gęstej, zwartej zabudowie wielorodzinnej, gdzie występowała duża liczba sieci wi-fi. Wynikało to ze zwiększonego prawdopodobieństwa pominięcia niektórych sieci podczas pierwszego skanowania na tych obszarach. Należy podkreślić, że istniejąca sieć dróg nie była ograniczeniem dla przeprowadzenia badań, gdyż w wyjątkowych sytuacjach skanowanie wykonywano, poruszając się pieszo. Dotyczyło to obszarów przestrzeni publicznej z zakazem poruszania się pojazdów (np. strefa ruchu pieszego w centrum).

Autorzy przyjęli założenie, że skanowaniem zostaną objęte wszystkie budynki na terenie gminy (wg bazy BDOT 10k). Badania prowadzone były z perspektywy każdego „użytkownika przestrzeni publicznej” w jak największej bliskości danego

² Autorzy testowali również inne aplikacje (m.in. WiFi Analyzer, WiFi Tracker), jednak wyniki w zakresie skanowania nie różniły się znacząco. Ostatecznie zdecydowano się na wykorzystanie aplikacji WiGLE WiFi z uwagi na ponad 20-letni okres działania aplikacji (od 2001 r.), popularność na świecie i powiązanie z bazą danych, w której zgromadzono ponad 1 mld unikalnych sieci wi-fi. Aplikacja jest transparentna (kod źródłowy dostępny na GitHub), umożliwia dzielenie się wynikami skanowań i łatwy eksport danych. Dodatkowymi atutami były: intuicyjny interfejs, płynność działania i zgodność z używanymi przez autorów smartfonami.

budynku. Dlatego też nie było możliwości dokonania skanowania w pobliżu budynków znajdujących się na terenach zamkniętych, takich jak np. magazyny przemysłowe, hale produkcyjne lub obiekty wojskowe. Tego typu ograniczenia mogą ogólnie wpływać na kompletność pozyskiwanego materiału, ponieważ efektywny obszar sygnału dla sieci wi-fi wynosi zazwyczaj od około 100 do 300 m, jak podają Tang i in. (2019). Należy jednak podkreślić, że w przypadku gminy Bierutów udział wskazanych obszarów niedostępnych był relatywnie niewielki w skali badanej gminy (dotyczyło to maksymalnie kilkunastu budynków).

W kontekście ograniczeń skanowania należy również podkreślić, że w przypadku niektórych budynków nie było możliwości dokonania skanowania w bezpośrednim jego sąsiedztwie (np. przy ogrodzeniu posesji). Dotyczyło to pojedynczych budynków na obszarach rozproszonej zabudowy, do których zwykle prowadziła jedynie wąska, nieutwardzona droga dojazdowa bez możliwości zawrócenia czy też budynków usytuowanych centralnie na działkach o bardzo dużej powierzchni. Jednak jak wynika z obserwacji pojawiania się nowych wykrytych sieci wi-fi w aplikacji dokonywanych przez autorów w czasie rzeczywistym podczas skanowania, w tego typu przypadkach zdecydowana większość sygnałów sieciowych została przechwycona już z głównej drogi³.

Drugi etap badań miał charakter typowo analityczny. Jego celem było ukazanie rozkładu przestrzennego sieci wi-fi na tle struktury pokrycia gminy Bierutów z wykorzystaniem metod kartograficznych. Materiał pozyskany podczas skanowania w terenie został wyeksportowany z aplikacji WiGLE WiFi jako arkusz kalkulacyjny w formacie csv. Arkusz zawierał informacje odnośnie do zidentyfikowanych sieci bezprzewodowych wraz ze współrzędnymi geograficznymi. W nawiązaniu do przyjętych założeń badań, z bazy odfiltrowano informacje niezwiązane z sieciami wi-fi, czyli te o sieciach Bluetooth oraz stacjach bazowych sieci komórkowej. Nie usuwano tzw. hot spotów osobistych, czyli sieci wi-fi, które za pomocą smartfonów udostępniają transfer danych sieci komórkowej i często uruchamiane są na krótki okres. Po samej nazwie sieci nie można ich zidentyfikować, ponadto można przyjąć założenie, że ich liczba nie była na tyle duża, żeby wpłynąć na wyniki badań.

W następnej kolejności, dzięki wykorzystaniu odpowiednich narzędzi oprogramowania GIS (QGIS), możliwe było utworzenie warstw punktowych *shapefile*, a następnie wizualizacja rozkładu przestrzennego badanych obiektów. Specyfika działania aplikacji WiGLE WiFi polega na identyfikacji i zapisywaniu w swojej bazie danych każdej wykrytej sieci w bieżącej lokalizacji, która odnosi się do miejsca usytuowania urządzenia skanującego. W efekcie niektóre sieci wi-fi zostały zidentyfikowane kilkakrotnie podczas dokonywania kolejnych sesji skanowania. Dlatego w celu ukazania rozkładu przestrzennego unikalnych sieci wi-fi konieczne było uśrednienie wielu pomiarów (w konsekwencji również ich lokalizacji), tak aby dla jednej sieci wi-fi uzyskać jedną reprezentację punktową w przestrzeni. Dokonano tego, obliczając środki ciężkości bez stosowania wag (założono,

³ W tym miejscu należy podkreślić, że aplikacja WiGLE WiFi nie rejestruje lokalizacji danej sieci wi-fi (dystansu do niej) tylko miejsce, w którym znajduje się urządzenie skanujące (smartfon).

że wszystkie punkty mają taką samą masę), czyli de facto sprowadziło się to do obliczenia średniej arytmetycznej współrzędnych.

Trzeci etap badań polegał na analizie zależności pomiędzy liczbą sieci wi-fi a cechami obrazującymi demografię i sieć osadniczą badanego obszaru. W tym celu zastosowano zarówno metody statystyczne (analiza korelacji i regresji – oprogramowanie IBM SPSS Statistics), jak i kartograficzne (mapa przestrzennego rozkładu reszt modelu regresji – oprogramowanie QGIS). Jako źródło danych o demografii i sieci osadniczej wykorzystano siatkę pól podstawowych (kwadratów o boku 1 km) z Narodowego Spisu Powszechnego Ludności i Mieszkań z 2021 r. (NSP 2021). Każde pole siatki kwadratów zawiera informację o wartościach 3 cech (Portal Geostatystyczny 2023):

- liczba rezydentów (ogół ludności zamieszkującej lub przebywającej na danym terenie przez okres co najmniej 12 miesięcy w podziale na kategorie wiekowe);
- ogólna liczba mieszkań (mieszkania zamieszkałe przez co najmniej 1 osobę oraz te, w których zużycie energii elektrycznej wskazywało na zamieszkanie przez co najmniej 1 osobę);
- ogólna liczba budynków (różne kategorie budynków, w których zlokalizowane są mieszkania, przy założeniach analogicznych jak w przypadku mieszkań).

W celu umożliwienia porównań pomiędzy cechami konieczne było dokonanie agregacji przestrzennej punktów reprezentujących lokalizację poszczególnych sieci wi-fi, zeskanowanych podczas pierwszego etapu badania, do omówionych jednostek odniesienia z NSP 2021.

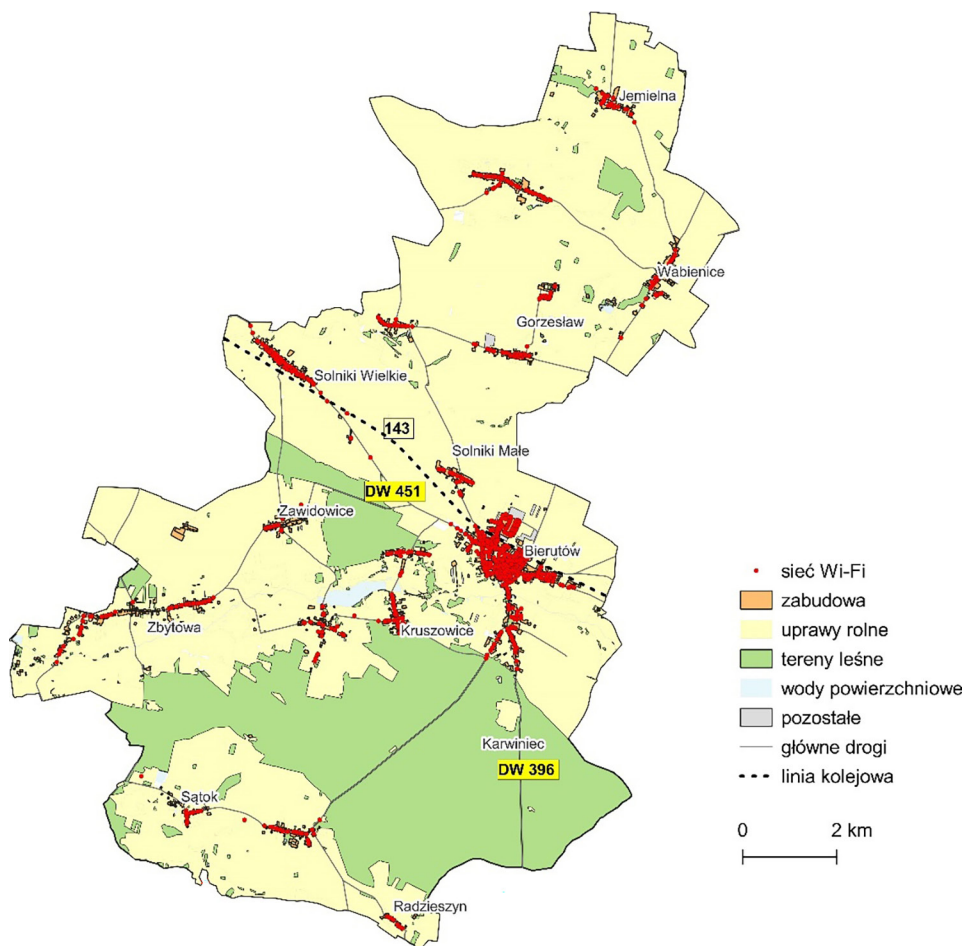
Wyniki badań

Gmina Bierutów znajduje się w północno-wschodniej części województwa dolnośląskiego, w obrębie powiatu oleśnickiego, przy granicy z województwem opolskim. Zajmuje powierzchnię około 147 km², a w jej skład wchodzi 17 miejscowości, w tym miasto Bierutów. Badana gmina została sklasyfikowana jako obszar pozaaglomeracyjny o małej gęstości zaludnienia, zgodnie z Delimitacją Obszarów Wiejskich wykonaną przez Główny Urząd Statystyczny (GUS 2022). Według Narodowego Spisu Powszechnego z 2021 r. gmina była zamieszkała przez 9240 osób, z czego udział ludności miejskiej nie przekraczał 50%. Badana jednostka charakteryzuje się również relatywnie słabą dostępnością transportową (zarówno drogową, jak i kolejową). Głównymi szlakami transportowymi są droga wojewódzka nr 451 i linia kolejowa nr 143, położone w układzie wschód–zachód, prowadzące od Kluczborka do Oleśnicy, które mają wyłącznie znaczenie regionalne.

Pod względem ilościowym, podczas badań terenowych zeskanowano łącznie 1718 sieci wi-fi, z czego 61% (1047) znajdowało się w mieście Bierutów, przede wszystkim w ramach ścisłego centrum. Na pozostałym obszarze, w obrębie 16 miejscowości, zeskanowano średnio 39 sieci wi-fi w każdej z nich, z wahaniami pomiędzy 17 a 85 sieci, odpowiednio w Zawidowicach i Solnikach Wielkich. Według szacunków autorów można przyjąć, że liczba tego typu budynków, do których dojazd był utrudniony bądź niemożliwy, mieściła się w przedziale od 15

do 20. Biorąc pod uwagę, że w gminie Bierutów znajdowały się 4453 budynki (wg bazy BDOT 10k), można przyjąć, że udało się zeskanować 99,5% zabudowy na badanym obszarze.

Analiza rozmieszczenia pojedynczych sieci wi-fi w miejscu ich zeskanowania na tle struktury pokrycia terenu badanej gminy pozwoliła na identyfikację prawidłowości przestrzennych w tym zakresie. Rozkład sieci wi-fi był nierównomierny i ściśle zdeterminowany występowaniem sieci osadniczej. Zeskanowano je wyłącznie w pobliżu terenów zabudowanych (ryc. 2), a obszarem ich koncentracji była centralna część gminy, ze szczególnym uwzględnieniem miasta Bierutów. W ogólnym ujęciu układ zeskanowanych punktów odwzorowywał typ morfologiczny danej wsi, które pod tym względem najczęściej miały formę ulicówek.

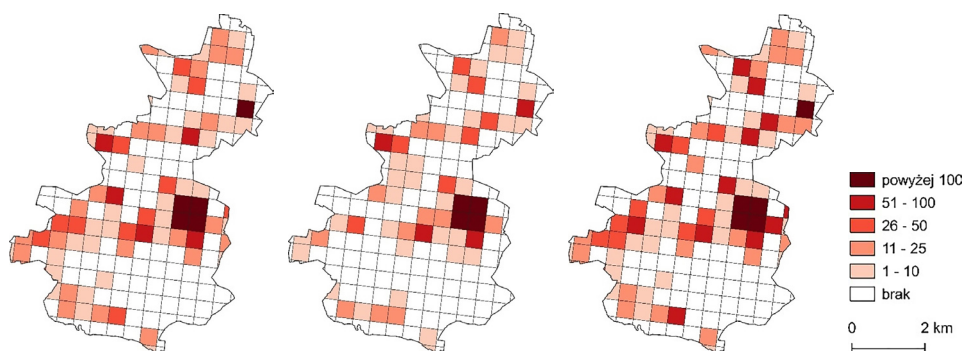


Ryc. 2. Struktura funkcjonalno-przestrzenna gminy Bierutów wraz z lokalizacjami sieci wi-fi

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych BDOT oraz materiału ze skanowania sieci wi-fi za pomocą aplikacji WiGLE WiFi.

Warto podkreślić, że w obrębie gminy Bierutów nie odnotowano większych powierzchniowo terenów zabudowanych pozbawionych sieci wi-fi. Tego typu sytuację zaobserwowano jedynie w przypadku pojedynczych budynków, co jednak wynikało prawdopodobnie z ograniczeń technicznych stosowanej metody (braku możliwości bezpośredniego dojazdu do posesji).

W celu określenia relacji pomiędzy rozmieszczeniem sieci wi-fi a rozmieszczeniem ludności, mieszkań i budynków, dokonano analizy współzależności tych zmiennych w polach podstawowych siatki kilometrowej (ryc. 3). Na obszarze gminy Bierutów wyróżniono 192 pola podstawowe, do których przypisane zostały wartości 4 badanych cech: liczby sieci wi-fi, liczby ludności, liczby mieszkań i liczby budynków. W przypadku liczby sieci wi-fi wartości niezerowe odnotowano tylko w obrębie 61 pól podstawowych. Natomiast w przypadku mieszkań i budynków były to 82 jednostki, a ludność reprezentowana była w 78 jednostkach. Uwzględniając tylko wskazane powyżej pola podstawowe, w których odnotowano wartości niezerowe w ramach poszczególnych cech, należy stwierdzić, że średnio w danym kwadracie znajdowało się: 38 sieci wi-fi, 44 mieszkania, 26 budynków i 125 osób.



Ryc. 3. Rozkład przestrzenny liczby sieci wi-fi (A), mieszkań (B) i budynków (C) w siatce kilometrowej w gminie Bierutów

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych NSP 2021 oraz materiału ze skanowania sieci wi-fi za pomocą aplikacji WiGLE WiFi.

Jako że występowanie sieci wi-fi stanowi pochodną użytkowania Internetu w obrębie miejsca zamieszkania lub pracy, w pierwszej kolejności dokonano oceny współzależności rozkładu liczby sieci wi-fi oraz liczby budynków i mieszkań. Pod względem statystycznym cechy te były ze sobą silnie skorelowane, o czym świadczyła wartość współczynnika korelacji liniowej Pearsona – 0,96 i 0,98⁴, odpowiednio dla związku: liczby sieci wi-fi z liczbą budynków i liczby sieci wi-fi z liczbą mieszkań. Zidentyfikowana współzależność uwidoczniła się także w ujęciu kartograficznym, gdzie rozkład przestrzenny badanych cech był bardzo do siebie zbliżony, nawet po zastosowaniu tych samych przedziałów wartości (ryc. 3).

⁴ Istotność statystyczna związku na poziomie $\alpha = 0,01$.

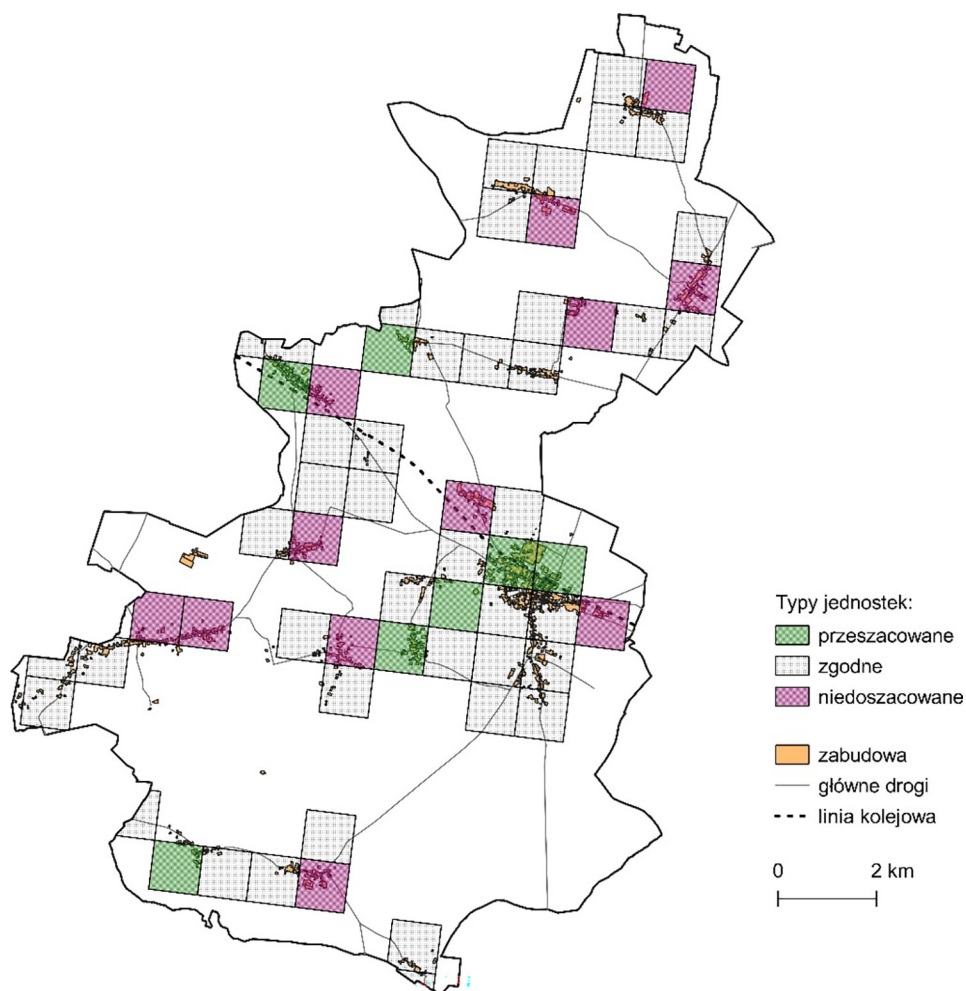
Zastosowanie takich samych przedziałów wynikało z założenia, że minimum jedna sieć wi-fi powinna przypadać na jedno mieszkanie (użytkownicy indywidualni) lub budynek (użytkownicy instytucjonalni). Wysokie wartości współczynników korelacji, potwierdzające przyjęte założenia, pokazały, że bazując na liczbie sieci wi-fi w zastosowanych polach podstawowych, można praktycznie w sposób bezpośredni szacować przybliżone przedziały wartości w zakresie liczby mieszkań, a nawet liczby budynków.

Zidentyfikowane zależności różnią się jednak nieznacznie na obszarach o odmiennym charakterze zabudowy. Różnice te można zaobserwować, porównując wartości odnotowane w Bierutowie z wartościami zarejestrowanymi w innych miejscowościach gminy. W przypadku obszarów o gęstej i zwartej zabudowie miejskiej liczba sieci wi-fi zwykle była niedoszacowana w porównaniu do liczby mieszkań i minimalnie przeszacowana w odniesieniu do liczby budynków. Natomiast na obszarach wiejskich z dominacją zabudowy jednorodzinnej zwykle występowało nieznaczne niedoszacowanie liczby sieci wi-fi, zarówno w kontekście liczby budynków, jak i mieszkań. Na przykład w dwóch polach podstawowych obejmujących obszary centralne Bierutowa (o zwartej zabudowie miejskiej) liczba sieci wi-fi, liczba budynków i liczba mieszkań wyniosła odpowiednio: 298, 142 i 509 w pierwszym polu oraz 328, 216 i 505 w drugim polu. Wartość osiągnięta dla sieci wi-fi znajdowała się zatem pomiędzy wartościami dla budynków i mieszkań.

W przypadku obszarów wiejskich z dominującą zabudową jednorodinną odnotowana liczba sieci wi-fi była zwykle nieznacznie niższa niż wartości obu pozostałych cech. Jako przykład można wskazać dwa pola podstawowe zlokalizowane we fragmentach wsi Karwiniec i Gorzesław, gdzie zanotowano wartości liczby sieci wi-fi, budynków i mieszkań wynoszące odpowiednio: 62, 75 i 93 dla Karwińca oraz 48, 51 i 54 dla Gorzesławia. Największą różnicę między rozkładem liczby sieci wi-fi a rozkładem liczby mieszkań i budynków zaobserwowano w południowej i południowo-zachodniej części gminy Bierutów. W kilku polach podstawowych tego obszaru nie odnotowano żadnej sieci wi-fi pomimo obecności kilku, a nawet kilkunastu mieszkań. Zdarzały się również jednostki, w których choć zeskanowano kilka pojedynczych sieci wi-fi, to wartości te były wyraźnie niższe w porównaniu do liczby budynków czy mieszkań. Należy jednak wziąć pod uwagę, że w przypadku kilku pól podstawowych może to być efekt problemu granicy gminy, co zostało opisane w części dyskusyjnej niniejszego opracowania. Liczba mieszkań i budynków na tym obszarze w dużej mierze odnosiła się do sieci osadniczej miejscowości z gminy Jelcz-Laskowice, położonej w bezpośrednim sąsiedztwie badanego obszaru.

Analizując zależność między liczbą sieci wi-fi a liczbą ludności, należy w pierwszej kolejności zauważyć bardzo silny charakter tego związku. Wartość współczynnika korelacji liniowej Pearsona pomiędzy tymi zmiennymi wyniosła 0,99. W przypadku obu cech porównywanie bezpośrednich wartości nie było zasadne, tak jak w przypadku liczby mieszkań i budynków. Jednak ze względu na charakter związku między tymi cechami, przeprowadzono dla nich analizę regresji liniowej z estymacją parametrów równania przy użyciu metody najmniejszych kwadratów.

Liczba sieci wi-fi została potraktowana jako zmienna zależna, a liczba ludności jako zmienna niezależna (wyjaśniająca). W kontekście celów badania istotnym aspektem analizy regresji były przestrzenne różnice pomiędzy wartościami rzeczywistymi a przewidywanymi na podstawie modelu. W związku z tym przedstawiono kartograficzną reprezentację reszt modelu regresji między rzeczywistą liczbą sieci wi-fi a liczbą przewidywaną w poszczególnych jednostkach (ryc. 4). Na podstawie wartości reszt wyodrębniono 3 typy jednostek (pól podstawowych), które w analizie nazwano: „zgodnymi”, „niedoszacowanymi” i „przeszacowanymi” względem modelu. W ramach pierwszego typu, czyli obszarów zgodnych, przyjęto granicę odchyień od modelu w przedziale od -10 do 10 , co wynikało z zakresu



Ryc. 4. Reszty modelu regresji pomiędzy liczbą sieci wi-fi (zmienna zależna) a liczbą ludności (zmienna niezależna) w siatce kilometrowej w gminie Bierutów

Źródło: opracowanie własne.

wartości reszt dla całego zestawu danych. Drugi typ, czyli obszary „przeszacowane” względem modelu, obejmował pola z odchyleniami od modelu w zakresie od 11 do 35. W tych przypadkach rzeczywista liczba sieci wi-fi była większa, niż wynikałoby to z modelu opartego na liczbie ludności. Trzeci typ to obszary „niedoszacowane” względem modelu, gdzie wartości reszt mieściły się w przedziale od -11 do -40. Rzeczywista liczba sieci wi-fi była tam mniejsza niż przewidywana na podstawie modelu.

Nawiązując do zastosowanego podziału, można zaobserwować związek między typami jednostek a charakterem zabudowy. Ogólnie rzecz biorąc, większy udział obszarów „niedoszacowanych” względem modelu zaobserwowano na terenach wiejskich o rozproszonej zabudowie, natomiast większy udział obszarów „przeszacowanych” względem modelu występował na terenach miejskich lub wsiach o zwartej zabudowie. Przykładem potwierdzającym te prawidłowości były cztery pola podstawowe w rejonie Bierutowa, w których odnotowano wartości zgodne z przyjętym modelem lub „przeszacowane” pod względem liczby sieci wi-fi. Dla pierwszej pary pól (zgodnej) wartości przewidywane z modelu i rzeczywiste wynosiły odpowiednio: 304 i 298 w pierwszym polu oraz 328 i 328 w drugim polu. W przypadku pól zaliczających się do typu „przeszacowanego” względem modelu były to: 408 i 430 oraz 149 i 185, odpowiednio dla wartości przewidywanej z modelu i rzeczywistej.

Dyskusja i wnioski

Na podstawie wykonanych analiz można sformułować kilka ogólnych wniosków zarówno o charakterze poznawczym, jak i odnoszących się do samej procedury postępowania badawczego, zaproponowanej w niniejszym opracowaniu. W pierwszej kolejności należy zauważyć, że w przypadku badanego obszaru występuje ścisła zależność pomiędzy rozmieszczeniem sieci wi-fi a rozmieszczeniem mieszkań, budynków oraz ludności. Sieci wi-fi znajdowały się tylko w obrębie terenów zabudowanych, nie występowały zaś na obszarach niezamieszkiwanych na stałe przez ludzi ani w miejscach, gdzie nie prowadzi się działalności gospodarczej. Rzędy wielkości w zakresie liczby sieci wi-fi były względnie porównywalne z liczbą mieszkań i liczbą budynków. Ten wniosek jest istotny, gdyż wyraźnie wskazuje, że korzystanie z sieci wi-fi jest powszechne nie tylko w miastach, ale również na wsiach. Zatem założenie przyjęte na początku badań, że wobec powszechności korzystania z Internetu rozkład przestrzenny sieci wi-fi jest ściśle związany z rozmieszczeniem ludności (w konsekwencji również mieszkań i budynków), okazało się prawdziwe.

Badania, realizowane w skali mikroprzestrzennej, umożliwiły precyzyjne przypisanie sieci wi-fi do konkretnych lokalizacji. W efekcie nie zaobserwowano wykluczenia cyfrowego w obrębie analizowanego obszaru badawczego. Nawet po agregacji danych do pól podstawowych, wniosek ten pozostaje niezmienny. Użyte wyniki wskazują zatem, że mieszkańcy obszarów wiejskich są dobrze przygotowani w kontekście podstaw inteligentnego rozwoju. Można więc stwierdzić,

że niezależnie od charakterystyki danego terenu zabudowanego oraz jego cech związanych z zakładaną stratyfikacją społeczną, korzystanie z podłączenia do sieci bezprzewodowej jest standardem. Oczywiście bez informacji dotyczących liczby i rodzaju urządzeń podłączonych do sieci wi-fi niemożliwe jest wyciąganie wniosków odnośnie do stopnia zaawansowania cyfryzacji na obszarach wiejskich. Niemniej jednak warto zaznaczyć, że niniejsze opracowanie stanowi istotny wkład w ogólną wiedzę dotyczącą rozpowszechnienia sieci wi-fi na terenach wiejskich. Wykazuje ono, że korzystanie z technologii wi-fi jest miejscami powszechne i stanowi istotny czynnik wspierający rozwój inteligentnych obszarów wiejskich. Należy uwzględnić, że zaprezentowane badania dotyczą studium przypadku jednej gminy, co uniemożliwia formułowanie uogólnień dotyczących całości obszarów wiejskich. Jest jednak istotnym elementem w badaniach nad prawidłowościami związanymi z analizowanym aspektem „cyfrowego krajobrazu” wsi.

Badanie wykazało, że rozmieszczenie sieci wi-fi pozwala pośrednio oszacować liczbę ludności, a także bezpośrednio liczbę budynków i mieszkań, co jest ważną konkluzją w kontekście metodycznym. Ze względu na powszechne korzystanie z Internetu bezprzewodowego, nawet na obrzeżach obszarów wiejskich skanowanie sieci wi-fi może być wykorzystywane do analizy rzeczywistych wzorców rozmieszczenia ludności w skali mikro.

Zaprezentowana w opracowaniu metoda badawcza mogłaby wiązać się z pewnymi ograniczeniami, które warto uwzględnić przy interpretacji uzyskanych wyników. Przede wszystkim w przypadku analiz przestrzennych należy rozważyć zastosowanie metod uwzględniających zależności przestrzenne, takich jak regresja przestrzenna, geograficznie ważona regresja (*Geographically Weighted Regression* – GWR) czy lokalne wskaźniki zależności przestrzennej (np. *Local Indicators of Spatial Association* – LISA). Ich wykorzystanie, tak jak każdej metody, wymaga jednak przyjęcia pewnych założeń i uwzględnienia specyfiki analizowanego zbioru danych. W przypadku zaprezentowanych w tym opracowaniu badań istotnym utrudnieniem w stosowaniu przytoczonych metod jest wyspowy (nieciągły) charakter obszaru badawczego, wynikający z uwzględnienia jednostek, w których rzeczywiście występuje analizowane zjawisko, co jest konsekwencją specyfiki sieci osadniczej. Kolejną kwestią jest liczba analizowanych jednostek, która jest stosunkowo niewielka. Aspekty te ograniczają możliwości konstrukcji macierzy wag. Przykładowo dla analiz przestrzennych z wykorzystaniem LISA zaleca się ich prowadzenie dla powyżej 60 jednostek przestrzennych (Getis, Aldstadt 2004). Co istotne, w przypadku specyfikacji wag czy też kalibracji modeli GWR należy podejmować arbitralne decyzje mogące znacząco obciążać wynik analizy (Brunsdon i in. 1999, Anselin 2002). Stąd też postanowiono sięgnąć do prostszej, tradycyjnie stosowanej na gruncie geografii społeczno-ekonomicznej i gospodarki przestrzennej analizy reszt z regresji liniowej.

Warto zwrócić uwagę, że w opracowaniu analizowano tylko jeden z typów dostępu bezprzewodowego, rezygnując z danych o transferze danych komórkowych. Należy podkreślić, że aplikacja wykorzystana do badań pozwoliła na identyfikację tylko rozmieszczenia stacji bazowych, a informacje możliwe do pozyskania od operatorów sieci komórkowych powinny być weryfikowane w terenie.

Oczywiście, jak wspomniano w części wstępnej, transfer danych komórkowych nie zapewnia zazwyczaj tak dobrej jakości połączenia internetowego jak dostęp przez wi-fi.

W kontekście możliwości wykorzystania przedstawionej metody w przyszłych badaniach istotnym ograniczeniem może być specyfika badanego obszaru. Należy brać pod uwagę, że skanowanie może być nieefektywne tam, gdzie duże powierzchnie zajmowane są przez tereny uniemożliwiające pomiar w bezpośrednim sąsiedztwie budynków, takie jak zamknięte kompleksy mieszkalne, obszary przemysłowe czy obiekty wojskowe. W czasie badań terenowych można również napotkać trudności techniczne związane z pomiarami w bezpośredniej bliskości budynków na obszarach rozproszonej zabudowy, położonych poza główną siecią drogową. O ile w przypadku badanej gminy Bierutów można założyć, że ograniczenia te nie wpływały w znaczącym stopniu na możliwość rozpoznania zjawiska w skali lokalnej, o tyle na innym obszarze mogą mieć one większe znaczenie.

W kwestii ograniczeń przyjętej procedury badawczej należy również zwrócić uwagę na pojawienie się problemu granicy, występującego często w analizach przestrzennych, który może niekiedy prowadzić do zniekształcenia wyników. W przypadku zaprezentowanej w niniejszym opracowaniu analizy kilka pól podstawowych przy granicach administracyjnych mogło zawierać dane z sąsiednich miejscowości, co wpływało na dokładność analiz. W przyszłych badaniach warto byłoby rozważyć zastosowanie metod, które minimalizowałyby wpływ tego problemu przykładowo poprzez uwzględnienie stref buforowych wokół granic administracyjnych. Ponadto analiza wyników powinna uwzględniać potencjalne zniekształcenia wynikające z problemu granicy, aby zapewnić większą dokładność i wiarygodność uzyskanych danych. O ile w przypadku gminy Bierutów problem ten nie był istotny, ponieważ przy granicach sieć osadnicza nie była zbyt rozwinięta, o tyle na obszarach silnie zurbanizowanych mógłby mieć większe znaczenie.

Pomimo przedstawionych ograniczeń metody badawczej, na podstawie przedstawionych wyników można określić kilka fundamentalnych zasad dotyczących tej metody badawczej. Przede wszystkim liczba zeskanowanych sieci wi-fi jest uzależniona od czynników związanych z rodzajem sieci osadniczej. Obszary o gęstej, zwartej zabudowie są zazwyczaj lepiej odwzorowane niż obszary z osadnictwem o bardziej rozproszonym charakterze, z dominującą zabudową jednorodziną. W rezultacie efektywność skanowania jest wyższa na obszarach o gęstej, zwartej zabudowie i lepiej rozwiniętej infrastrukturze. Prawdliwość ta została potwierdzona również przy analizie rozkładu reszt z modelu regresji, która ukazała, że obszary „niedoszacowane” względem modelu były przede wszystkim zlokalizowane we wsiach cechujących się bardziej rozproszonym osadnictwem jednorodzinym. W odniesieniu do liczby sieci wi-fi warto również zaznaczyć, że na obszarach zwartej zabudowy wartość ta znajdowała się w większości przypadków pomiędzy liczbą budynków a liczbą mieszkań. Ten trend był szczególnie widoczny na terenach silnie zurbanizowanych, leżących w granicach Bierutowa oraz w zwartej części obszarów wiejskich.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak występowania konfliktu interesów. Oświadczają, że tekst artykułu jest w całości ich dziełem.

Podział pracy przy artykule obrazował się następująco:

- konceptualizacja: KJ, WJ,
- metodologia: KJ, WJ,
- organizacja badań: KJ, WJ,
- analiza formalna: KJ, WJ,
- pisanie: KJ, WJ.

Literatura / References

- Albino V., Berardi U., Dangelico R.M. 2015. Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1): 3–21.
- Anselin L. 2002. Under the hood issues in the specification and interpretation of spatial regression models. *Agricultural Economics*, 27(3): 247–267.
- Birnbaum L., Wilhelm C., Chilla T., Kröner S. 2021. Place attachment and digitalisation in rural regions. *Journal of Rural Studies*, 87: 189–198.
- Blank G., Dutton W.H. 2014. Next Generation Internet Users. [W:] M. Graham, H. Dutton (red.), *Society and the Internet. How Networks of Information and Communication are Changing Our Lives*. Oxford University Press, s. 37–52.
- Brandtzæg P.B., Heim J., Karahasanović A. 2011. Understanding the new digital divide – A typology of Internet users in Europe. *International Journal of Human-Computer Studies*, 69(3): 123–138.
- Brunsdon C., Fotheringham A.S., Charlton M. 1999. Some notes on parametric significance tests for geographically weighted regression. *Journal of Regional Science*, 39(3): 497–524.
- Cambra Fierro J.J., Pérez L. 2022. (Re)thinking smart in rural contexts: A multi-country study. *Growth and Change*, 53(2): 868–889.
- Chourabi H., Nam T., Walker S., Gil-Garcia J.R., Mellouli S., Nahon K., Pardo T.A., Scholl H.J. 2012. Understanding smart cities: An integrative framework. *Proceedings of the Forty-Fifth Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, s. 2289–2297.
- van Deursen A.J., Helsper E.J. 2015. The third-level digital divide: who benefits most from being online? *Communication and Information Technologies Annual*, 10: 29–52.
- Driskell L., Wang F. 2009. Mapping digital divide in neighborhoods: Wi-Fi access in Baton Rouge, Louisiana. *Annals of GIS*, 15(1): 35–46.
- Etta V.O., Sari A., Imoize A.L., Shukla P.K., Alhassan M. 2022. Assessment and Test-case Study of wi-fi Security through the Wardriving Technique. *Mobile Information Systems*.
- Fuentes-Bautista M., Inagaki N. 2006. Reconfiguring public Internet access in Austin, TX: Wi-Fi's promise and broadband divides. *Government Information Quarterly*, 23(3–4): 404–434.
- Getis A., Aldstadt J. 2004. Constructing the spatial weights matrix using a local statistic. *Geographical Analysis*, 36(2): 90–104.
- Gorman S.P., Malecki E.J. 2000. The networks of the Internet: an analysis of provider networks in the USA. *Telecommunications Policy*, 24: 113–134.
- Grubestic T.H., O'Kelly M.E. 2002. Using Points of Presence to Measure Accessibility to the Commercial Internet. *The Professional Geographer*, 54: 259–278.
- Grubestic T.H., Murray A.T. 2004. „Where” Matters: Location and Wi-Fi Access. *Journal of Urban Technology*, 11(1): 1–28.
- GUS 2022. Delimitacja Obszarów Wiejskich (DOW) (<https://stat.gov.pl/statystyka-regionalna/jednostki-terytorialne/delimitacja-obszarow-wiejskich-dow-;dostep:10.06.2023>).
- Hargittai E. 2002. Second-Level Digital Divide: Mapping Differences in People's Online Skills. *First Monday*, 7(4).

- Janc K. 2017. Geografia Internetu. Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego, 41.
- Janc K., Ilnicki D. 2010. The Hotspot – a new technology, but is it also a new, geographical face of the Internet? *Geographia Polonica*, 83(2): 55–65.
- Janc K., Ilnicki D., Jurkowski W. 2022. Spatial regularities in Internet performance at a local scale: The case of Poland. *Moravian Geographical Reports*, 30(3): 163–178.
- Janc K., Jurkowski W. 2022. Przestrzenne zróżnicowanie jakości Internetu w aspekcie wykluczenia cyfrowego w Polsce. *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 25(1): 73–84.
- Kamiński C., Ratusznei J., Trindade A., Cavalcanti D. 2020. Profiling of a large-scale municipal wireless network. *Wireless Networks*, 26: 5223–5253.
- Kim Y.L. 2018. Seoul's wi-fi hotspots: wi-fi access points as an indicator of urban vitality. *Computers, Environment and Urban Systems*, 72: 13–24.
- Komorowski Ł., Stanny M. 2020. Smart villages: Where can they happen? *Land*, 9(5): 151.
- Konomi S.I., Sasao T., Hosio S., Sezaki K. 2019. Using ambient WiFi signals to find occupied and vacant houses in local communities. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 10(2): 779–789.
- Lee S. 2016. Smart divide: Paradigm shift in digital divide in South Korea. *Journal of Librarianship and Information Science*, 48(3): 260–268.
- Lee H.J., Park N., Hwang Y. 2015. A new dimension of the digital divide: Exploring the relationship between broadband connection, smartphone use and communication competence. *Telematics and Informatics*, 32(1): 45–56.
- Louw C., Von Solms B. 2019. Free public wi-fi security in a smart city context – An end user perspective. [W:] D.B. Rawat, K.Z. Ghafoor (red.), *Smart Cities Cybersecurity and Privacy*. Elsevier, s. 113–127.
- Li R., Chen K., Wu D. 2020. Challenges and Opportunities for Coping with the Smart Divide in Rural America. *Annals of the American Association of Geographers*, 110(2): 559–570.
- Magnusson D., Hermelin B. 2019. ICT development from the perspective of connectivity and inclusion – the operation of a local digital agenda in Sweden. *Norsk Geografisk Tidsskrift*, 73(2): 81–95.
- Martínez V.M., Ribeiro M.R., Mota V.F. 2024. wi-fi faces the new wireless ecosystem: a critical review. *Annals of Telecommunications*, 79(5): 397–413.
- McConnell C., Straubhaar J. 2015. Contextualizing Open wi-fi Network Use with Multiple Capitals. *Communication and Information Technologies Annual*, 10: 205–232.
- McShane I., Grechyn V. 2019. Public Wi-Fi provision by Australian local government authorities. *Australian Journal of Public Administration*, 78(4): 613–630.
- Morris J., Morris W., Bowen R. 2022. Implications of the digital divide on rural SME resilience. *Journal of Rural Studies*, 89: 369–377.
- Naldi L., Nilsson P., Westlund H., Wixe S. 2015. What is smart rural development? *Journal of Rural Studies*, 40: 90–101.
- Nam T., Pardo T.A. 2011. Conceptualizing Smart City with Dimensions of Technology, People, and Institutions. *Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference: Digital Government Innovation in Challenging Times*, s. 282–291.
- Oughton E.J., Kusuma J., Peyronel T., Crowcroft J. 2021a. wi-fi Wardriving Studies Must Account for Important Statistical Issues, arXiv, 2101.06301.
- Oughton E.J., Lehr W., Katsaros K., Selinis I., Bubley D., Kusuma J. 2021b. Revisiting Wireless Internet Connectivity: 5G vs wi-fi 6. *Telecommunications Policy*, 45(5): 102–127.
- Pahlavan K., Krishnamurthy P. 2021. Evolution and Impact of wi-fi Technology and Applications: A Historical Perspective. *International Journal of Wireless Information Networks*, 28(3): 3–19.
- Portal Geostatystyczny. 2023 (<https://portal.geo.stat.gov.pl/>; dostep: 15.07.2023).
- Rundel C., Salemin K. 2021. Hubs, hopes and high stakes for a relatively disadvantaged low tech place. *Local Economy*, 36(7–8): 650–668.
- Salemin K., Strijker D., Bosworth G. 2017. Rural development in the digital age: A systematic literature review on unequal ICT availability, adoption, and use in rural areas. *Journal of Rural Studies*, 54: 360–371.
- Santos F., Pesantes P., Bonilla-Bedoya S. 2021. Exploring wardriving potential in the Ecuadorian Amazon for indirect data collection. [W:] *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 690(1) IOP Publishing, 012054.

- Stephens M., Poorthuis A. 2015. Follow the Neighbor: Connecting the Social and the Spatial Networks on Twitter. *Computers, Environment and Urban Systems*, 53: 87–95.
- Streitz N. 2019. Beyond ‘smart-only’ cities: redefining the ‘smart-everything’ paradigm. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 10(2): 791–812.
- Tang X., Tan Z., Hu S., Geng H. 2019. Evaluating spatial service and layout efficiency of municipal wi-fi facilities for SmartCity planning: A case study of Wuhan city, China. *Socio-Economic Planning Sciences*, 65: 101–110.
- Thomas J., Wilken R., Rennie E. 2021. *wi-fi*. John Wiley & Sons.
- Torrens P.M. 2008. *wi-fi Geographies*. *Annals of the Association of American Geographers*, 98(1): 59–84.
- Tranos E. 2013. *The Geography of the Internet: Cities, Regions and Internet Infrastructure in Europe*. Edward Elgar Publishing.
- Tsui A.W.T., Lin W.C., Chen W.J., Huang P., Chu H.H. 2010. Accuracy Performance Analysis between War Driving and War Walking in Metropolitan wi-fi Localization. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 9(11): 1551–1562.
- van Wee B. 2022. Accessibility and equity: A conceptual framework and research agenda. *Journal of Transport Geography*, 104: 103421.
- Wang M., Liao F.H., Lin J., Huang L., Gu C., Wei Y.D. 2016. The Making of a Sustainable Wireless City? Mapping Public wi-fi Access in Shanghai. *Sustainability*, 8(2): 111.
- Whitacre B.E., Mills B.F. 2007. Infrastructure and the Rural-urban Divide in High-speed Residential Internet Access. *International Regional Science Review*, 30: 249–273.
- Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.J. 2017. Big data in smart farming – a review. *Agricultural Systems*, 153: 69–80.
- Wolski O., Wójcik M. 2019. Smart Villages Revisited: Conceptual Background and New Challenges at the Local Level. [W:] A. Visvizi, M.D. Lytras, G. Mudri (red.), *Smart Villages in the EU and Beyond*. Emerald Publishing Limited, s. 29–48.

Distribution of wi-fi networks on a local scale on the example of the Bierutów commune

Abstract: Since the beginning of the Internet, we have seen constant changes in the ways we use it. Nowadays, we are increasingly seeing a shift away from using a fixed-line connection on one device to a wireless connection from multiple devices. The wi-fi network currently plays an important role in the functioning of the Internet, as it is one of the solutions to meet the needs of Internet users. However, the spread of wi-fi networks does not mean that spatial differences in access or Internet quality have disappeared. As a result, the problem of uneven access to the Internet remains a major challenge. From the point of view of scientific research, accurate identification of the spatial distribution of Internet access at the lowest spatial reference level (local scale) is crucial for understanding the challenges and directions of development of local communities, especially in the context of smart rural development. The article presents the results of research based on source material obtained by scanning wi-fi networks using the wardriving method in the area of Bierutów commune. The purpose of this study was to identify the relationships between the distribution of wi-fi networks and the distribution of population and buildings on a local scale. The study was also of great importance in the methodological dimension. The authors developed a procedure for obtaining data on wi-fi networks and assessed the possibility of using this data for quantitative characterization of the population and settlement network in a given area. Based on the conducted analyses, it can be concluded that the distribution of wi-fi networks is closely related to the distribution of population, housing, and buildings, confirming the assumption of widespread Internet usage. In a methodological context, the study confirmed that the distribution of wi-fi networks allows to estimate the population indirectly, as well as the number of buildings and dwellings directly.

Key words: wi-fi network, Internet, rural areas, smart rural development, wardriving