

MARIUSZ CIESIELSKI, KRZYSZTOF STEREŃCZAK, RADOMIR BAŁAZY

Wykorzystanie danych społecznościowej informacji geograficznej do monitorowania ruchu w przestrzeni leśnej

Application of the Volunteered Geographic Information data to monitor traffic in the forest area

ABSTRACT

Ciesielski M., Stereńczak K., Bałazy R. 2019. Wykorzystanie danych społecznościowej informacji geograficznej do monitorowania ruchu w przestrzeni leśnej. Sylwan 163 (1): 80-88.

The purpose of this study was to present the possibilities of using available Volunteered Geographic Information (VGI) created by the users of OpenStreetMap program and sports applications such as GPies.com or Endomondo to monitor the traffic in the forest area. In addition, areas where, due to high traffic, potential conflicts between different user groups may occur, were marked out. The research area covered two mountain forest districts located in the Sudetes Mountains: Szklarska Poręba and Świeradów, which due to their tourist values and an extensive network of hiking and cycling trails arouse society's interest. In the area, 2896 unique activities divided into cycling, running and hiking were registered. It was shown that 7.3% of the length of routes used by pedestrians, 13.6% of the length of routes for runners and 11.0% of the length of routes for cyclists are characterized by high intensity of traffic, while 30.3%, 28.4% and 37.7% of routes for the indicated groups, respectively, are characterized by medium intensity of traffic. On other routes, low intensity of utilization was observed. Existing hiking and cycling trails were pointed out as the most frequently used routes. The specially designed bicycle routes, the so-called 'Single track', located in the Świeradów Forest District, were popular among the users. The highest traffic occurred in the morning and afternoon, on weekends and in the summer months. According to the adopted assumptions, there is a high risk of conflicts between runners and cyclists at about 1.5% of the route length as well as 2.1% of the length of routes used simultaneously by pedestrians and cyclists. It should be stated that VGI data can be used to monitor traffic in forest areas and constitute one of the elements of the decision support system (DSS). A certain weakness of VGI data from the sports applications used in this study could be the lack of the possibility of creating user profiles. Consequently that causes lack of more detailed data on this subject (age, sex, etc.). The limitation in the data usage is the privacy policy, which allows downloading only such data that has been made available for public use in the application resources.

KEY WORDS

sports application, GPS, forest recreational function, the Sudetes

ADDRESSES

Mariusz Ciesielski – e-mail: M.Ciesielski@ibles.waw.pl

Krzysztof Stereńczak – e-mail: K.Sterenczak@ibles.waw.pl

Radomir Bałazy – e-mail: R.Balazy@ibles.waw.pl

Zakład Geomatyki, Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

Wstęp

Las jest miejscem, w którym człowiek realizuje jedną z podstawowych potrzeb, jaką jest kontakt z naturą [Gołos 2013]. Czynnikiem motywującym do rekreacyjnego wykorzystania lasu jest również chęć aktywnego spędzania czasu. Do aktywności realizowanych w lesie możemy zaliczyć m.in. wypoczynek czynny (jazda na rowerze, bieganie, spacer) oraz nowe formy spędzania czasu, jak bushcraft czy geocaching. Wymienione elementy oraz wzrost poziomu życia i świadomości ekologicznej sprawiają, że w oczach ludzi społeczna funkcja lasu staje się ważniejsza niż funkcja produkcyjna [Mandziuk, Janeczko 2009; Gołos 2013]. Z punktu widzenia zarządzania terenami leśnymi informacja o miejscach i porach, w których odbywa się ruch turystyczny oraz o jego natężeniu jest niezwykle istotna. Może ona wspomóc ochronę terenów, na których wzmożony ruch turystyczny mógłby doprowadzić do przekroczenia naturalnej pojemności ekosystemów [Lyon i in. 2011], czy też minimalizować ryzyko powstawania konfliktów pomiędzy różnymi grupami użytkowników [Nogueira Mendes i in. 2012]. Ponadto może być wykorzystana do dostosowania infrastruktury technicznej do potrzeb różnych grup użytkowników przestrzeni [Dye, Shaw 2007], jak również do kierowania użytkowników do różnych lokalizacji w obszarze kompleksu leśnego, dopasowanych do konkretnego odbiorcy i jednocześnie kanalizujących aktywność w obszarach najbardziej atrakcyjnych bądź optymalnych z punktu widzenia zarządzania kompleksem leśnym [Lyon i in. 2011].

Badania nad natężeniem wykorzystania przestrzeni leśnej wynikające z aktywności społeczeństwa, w tym np. wędrówek pieszych, biegania i jazdy na rowerze, prowadzono dotychczas wieloma sposobami. Do najpopularniejszych można zaliczyć badania ankietowe [Lindhagen, Hörnsten 2000; Skłodowski i in. 2013], monitorowanie ruchu przy pomocy kamer video umożliwiające określenie natężenia różnych grup osób w jednostce czasu [Visschedijk, Henkens 2002; Arnberger 2006] czy systemy informacji przestrzennej (SIP/GIS), w tym głównie Global Positioning System (GPS). Zaletą stosowania odbiorników GPS, w odróżnieniu od tradycyjnych metod, jest m.in. możliwość wskazania przestrzennego rozmieszczenia badanych osób, tras przez nie pokonywanych oraz miejsc i czasu postoju [Taczanowska i in. 2008; Meijels i in. 2014]. Dynamiczny rozwój GIS oraz powszechny dostęp do urządzeń mających wbudowane odbiorniki GPS (np. telefony komórkowe, zegarki sportowe, nawigacje) przyczyniły się do rozwoju społecznościowej informacji geograficznej (Volunteered Geographic Information – VGI) [Goodchild 2007]. Dane VGI są tworzone przez ochotników (wolontariuszy). Mogą one stanowić cenne źródło informacji do przestrzennego obrazowania aktywności społeczeństwa na dużych i cennych obszarach przyrodniczych oraz w parkach miejskich [Nogueira Mendes i in. 2012; Foody i in. 2014]. Łatwy i powszechny dostęp do aplikacji i portali umożliwiających rejestrowanie aktywności fizycznej (np. platformy Endomondo, GPSies, Strava) sprawia, że w internecie dostępnych jest wiele danych, które mogą być wykorzystane do monitorowania ruchu, również na terenach leśnych.

Niniejsza praca przedstawia możliwość wykorzystania danych VGI do monitorowania aktywności na terenach będących w zarządzie Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe. Szczegółowe cele pracy to: I) określenie intensywności wykorzystania istniejących na obszarach leśnych dróg i szlaków w podziale na różne formy aktywności (pieszych, biegaczy oraz rowerzystów), II) wskazanie terminów największego wykorzystania infrastruktury liniowej (ujęcie dobowe, tygodniowe i roczne) oraz III) detekcja takich odcinków szlaków czy dróg, na których ze względu na dużą intensyfikację natężenia ruchu może dochodzić do potencjalnych konfliktów pomiędzy różnymi grupami użytkowników.

Material i metody

Teren badań położony jest w Sudetach Zachodnich, na obszarze administracyjnym dwóch nadleśnictw górskich – Szklarska Poręba i Świeradów. Walory turystyczne regionu, do których zalicza się położenie w paśmie Sudetów Zachodnich [Kondracki 1994], liczne atrakcje przyrodnicze (Karkonoski Park Narodowy, Torfowiska Izerskie), miasta Świeradów-Zdrój (miejscowość uzdrowiskowa) i Szklarska Poręba (ośrodek narciarski) oraz rozbudowana baza noclegowa i sportowo-rekreacyjna (szlaki piesze, rowerowe, trasy biegowe) powodują, że ruch turystyczny w regionie odbywa się cały rok. Wybór obszaru badawczego uwarunkowany był faktem, że jest to miejsce uznawane przez narciarzy, rowerzystów oraz biegaczy za jedno z najlepszych do do trenowania. Popularność regionu i związana z tym liczba turystów mają wpływ na wielkość obciążenia wybranych dróg i ścieżek zlokalizowanych na terenach leśnych.

W badaniach wykorzystano zestawy danych pochodzące z czterech różnych źródeł, w tym trzech źródeł VGI. Warstwę sieci komunikacyjnej pozyskano z Leśnej Mapy Numerycznej (drogi publiczne i leśne oraz ścieżki). Zasób ten uzupełniono informacją przestrzenną na temat szlaków turystycznych (pieszych i rowerowych) z projektu OpenStreetMap. Dane na temat aktywności użytkowników aplikacji sportowych pozyskano z dwóch portali: GPies.com oraz Endomondo. W tym celu we wbudowanych wyszukiwarkach danych znaleziono w obu aplikacjach aktywności spełniające następujące kryteria: aktywność odbywała się w promieniu 50 km od miejscowości Świeradów-Zdrój, zarejestrowana została przy pomocy urządzenia GPS, rodzaj aktywności obejmował wędrówki piesze, bieganie, jazdę na rowerze/kolarstwo/kolarstwo górskie. W aplikacji GPies.com istnieje ograniczenie możliwości pobrania tylko ostatnich 250 zarejestrowanych śladów GPS (format gpx) z danej aktywności. Dodatkową różnicą pomiędzy danymi uzyskanymi z tych dwóch portali jest informacja o dacie rejestracji wykonywanej aktywności. W przypadku portalu GPies.com taka informacja istnieje, w portalu Endomondo jest jej brak. W obu portalach pobrano tylko aktywności, dla których został zdefiniowany status „publiczny”, co oznacza, że właściciel aktywności umożliwił wgląd w jej zapis innym użytkownikom.

Analiza danych została przeprowadzona według metodyki zaproponowanej przez Nogueirę Mendesa i in. [2012]. W pierwszym etapie wykonano konwersję danych gpx do formatu shapefile, a następnie ograniczono zasięg przestrzenny danych do granic nadleśnictw Świeradów i Szklarska Poręba. W zasięgu przestrzennym wygenerowano siatkę regularnych kwadratów o boku 25 m. Wielkość pola podstawowego była uwarunkowana dokładnością pomiarów GPS z różnych odbiorników (np. telefonów). Według Zandbergena i Barbeau [2011] średnia dokładność wynosi od 5 do 8,5 m. Do każdego pola podstawowego przypisano informacje o liczbie zarejestrowanych w jego obrębie aktywności, z podziałem na rodzaj aplikacji, z której pochodziły dane, oraz formę aktywności. W kolejnym etapie wykonano konwersję danych wektorowych do danych rastrowych z uwzględnieniem podziału na 10 decyli, gdzie decyl 1 dla danych zbiorczych oznaczał przedział 1-3 zarejestrowanych aktywności, a decyl 10 powyżej 160 aktywności. Konwersję wykonano dla każdego rodzaju aktywności, jak również dla danych zbiorczych. Po stworzeniu rastrow wartości liczbowe charakteryzujące poszczególne decyle poddano reklasyfikacji, gdzie klasa 1 (decyl 1-3) oznaczała niski stopień intensywności wykorzystania, klasa 2 (decyl 4-7) średni stopień intensywności wykorzystania, a klasa 3 (decyl 8-10) wysoki stopień intensywności wykorzystania.

Następnie sprawdzono, w których miejscach może dochodzić do potencjalnych konfliktów pomiędzy różnymi aktywnościami. Porównano sytuacje, w których aktywność rowerzystów mogła wystąpić w miejscach aktywności osób spacerujących lub biegających. Przyjęto następujące założenia: w miejscach, w których wartości rastrow dla pojedynczych aktywności przekraczają 8 decyl

(wysoki stopień intensywności dwóch aktywności), istnieje wysokie ryzyko wystąpienia konfliktów; jeżeli wartość co najmniej jednego rastra znajduje się w przedziale 4-7 decyl (średni stopień intensywności), a drugiego w przedziale 4-10 decyl, wówczas istnieje średnie ryzyko wystąpienia konfliktów; jeżeli wartość co najmniej jednego z rastrów zalicza się od 1 do 3 decyla (niski stopień intensywności), a drugiego do przedziału 1-10, to ryzyko wystąpienia konfliktów pomiędzy użytkownikami przestrzeni jest niskie [Nogueira Mendes i in. 2012]. W analizie sprawdzono również, jaki odsetek tras wybieranych przez poszczególne grupy użytkowników stanowią trasy znajdujące się w LMN i OpenStreetMap, a jakie trasy biegnące poza formalnie wyznaczonymi. Ponadto na podstawie informacji o terminie zarejestrowania aktywności w danych GPScie.com sprawdzono rozkład aktywności (jazda na rowerze oraz wędrówki piesze) w czasie – w ujęciu dobowym, tygodniowym i rocznym. Wszystkie analizy przestrzenne wykonano w oprogramowaniu ArcGIS 10.3 (Esri), natomiast analizy statystyczne przy użyciu nieparametrycznego testu U-Manna-Whitneya w oprogramowaniu Statistica 10 (StatSoft).

Wyniki

Zdefiniowane zapytanie umożliwiło wyszukanie 130 tras (format liniowy shapefile) w aplikacji Endomondo, na których użytkownicy zarejestrowali łącznie 2149 aktywności za pomocą urządzeń z GPS, w tym: 565 aktywności w kategorii bieganie, 292 wędrówki piesze oraz 1223 aktywności w kategorii jazda na rowerze/kolarstwo/kolarstwo górskie. Natomiast w aplikacji GPScie.com zarejestrowano 747 różnych tras (bieganie 250, spacer 249, jazda na rowerze/kolarstwo/kolarstwo górskie 248). Większość tras zarejestrowanych przez GPS (wszystkie aktywności) pokrywała się z istniejącymi drogami leśnymi i publicznymi oraz ścieżkami. Jedynie 3,8% długości zarejestrowanych tras biegnie poza nimi.

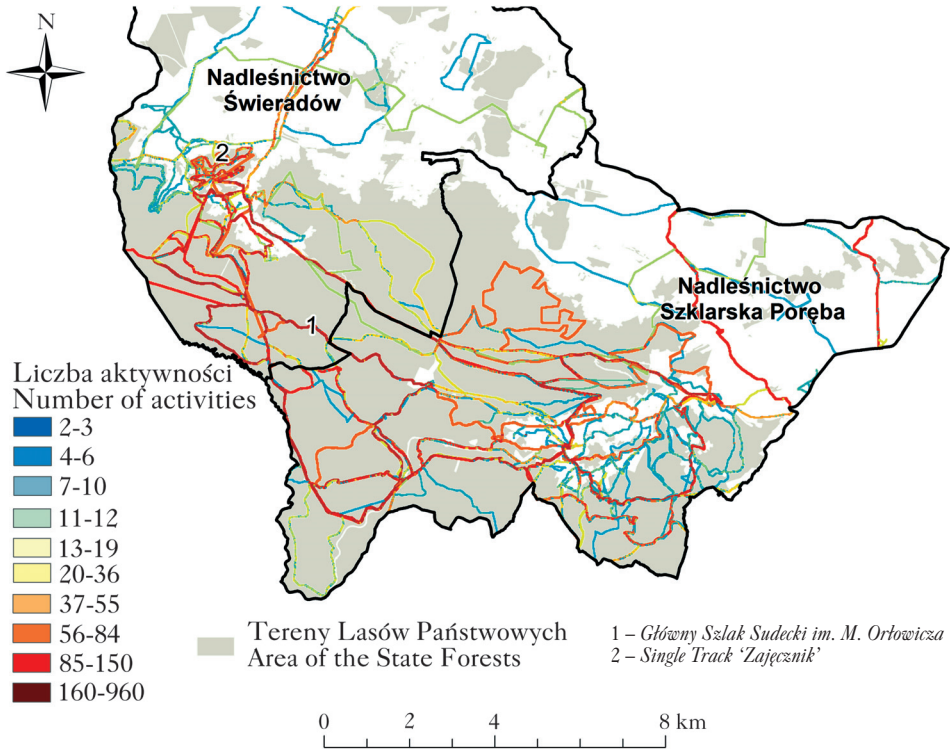
Wykorzystanie istniejących dróg i ścieżek było zróżnicowane (tab.). Wysoką intensywnością wykorzystania charakteryzowało się 7,3% długości tras zarejestrowanych podczas wędrówek pieszych, 13,6% zarejestrowanych podczas biegania oraz 11,0% podczas jazdy na rowerze. Średnią intensywność wykorzystania zaobserwowano na około 30% tras, a niską na pozostałych 60% tras. Najpopularniejszą trasą, pokonywaną łącznie 960 razy (dane zbiorcze dla wszystkich aktywności), był fragment Głównego Szlaku Sudeckiego im. M. Orłowicza pomiędzy Polaną Izerską a Rozdrożem pod Kopą, w tym 588 razy trasa ta została zarejestrowana przez rowerzystów (ryc. 1). Wykazano istotne różnice w liczbie zarejestrowanych aktywności na trasach, którymi przebiegają oznakowane szlaki turystyczne piesze i rowerowe oraz w liczbie aktywności na pozostałych trasach ($U=460339,500$, $Z=-5,745$, $p<0,001$). Istnieją również różnice w liczbie zarejestrowanych aktywności między drogami leśnymi, wzdłuż których przebiegają szlaki turystyczne

Tabela.

Intensywność [%] wykorzystania dróg i ścieżek na terenach leśnych według rodzaju zarejestrowanej aktywności

Intensity [%] of using the roads and paths in forest areas by type of registered activity

	Wędrówki piesze Walking	Bieganie Running	Jazda na rowerze Cycling
Niska (1-3 decyl) Low (1-3 decile)	62,3	58,0	51,3
Średnia (4-7 decyl) Medium (4-7 decile)	30,3	28,4	37,7
Duża (8-10 decyl) Large (8-10 decile)	7,3	13,6	11,0



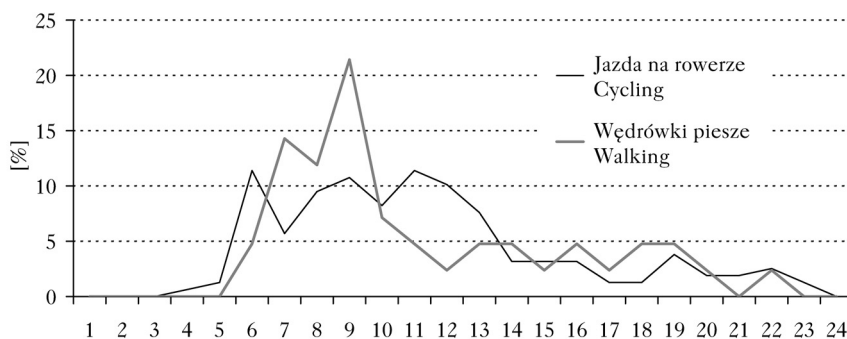
Ryc. 1.

Przestrzenny rozkład aktywności zarejestrowanych na portalach GPies.com i Endomondo
Spatial distribution of activities registered on GPies.com and Endomondo

a pozostałych drogami leśnymi ($U=92793,000$, $Z=-3,881$, $p<0,001$); drogami publicznymi, wzdłuż których przebiegają szlaki turystyczne a pozostałymi drogami publicznymi ($U=78419,5$, $Z=-28137$, $p=0,005$). Stosując taki sam podział w przypadku ścieżek leśnych, nie wykazano różnic ($U=2038$, $Z=-0,458$, $p=0,647$).

Delimitacja tras intensywnie wykorzystywanych przez różne grupy użytkowników wykazała, że pomiędzy biegaczami a rowerzystami wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia konfliktu występuje na 1,5% długości tras, średnie prawdopodobieństwo na 10,4% długości tras, a na 88,1% długości tras ryzyko jest niskie. W większości trasy o średnim i wysokim prawdopodobieństwie pokrywają się z istniejącymi szlakami pieszymi i rowerowymi wyznaczonymi na analizowanym obszarze. Ponadto do potencjalnych konfliktów może dochodzić również na trasie Świeradów – Szklarska Poręba w okolicy tzw. zakrętu śmierci oraz na wyznaczonej trasie rowerowej – Single Track „Zajęcznik”. Wysokie ryzyko wystąpienia konfliktów pomiędzy pieszymi a rowerzystami występuje na 2,1% długości tras, natomiast na 14,9% długości tras ryzyko jest średnie.

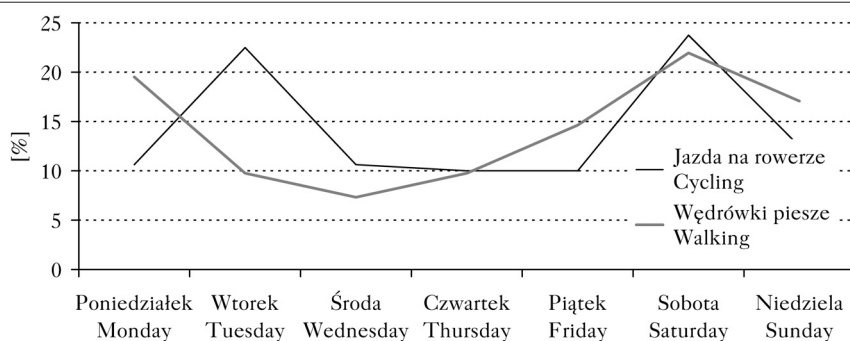
Rozkład czasowy poszczególnych aktywności zarejestrowany na portalu GPies.com przedstawiono na rycinach 2 i 3. W ujęciu dobowym w godzinach 6-13 rozpoczętych zostało 74,6% wszystkich aktywności związanych z jazdą na rowerze. Maksymalną relatywną wartość aktywności osiągnięto w godzinach przedpołudniowych – o 6 i 11 rano wyniosła w obydwu przypadkach 11,4%. Wędrówki piesze rozpoczynano najczęściej o godzinie 9 (21,4%), łącznie w godzinach 7-9 rozpoczęto 47,6% wszystkich spacerów (ryc. 2).



Ryc. 2.

Odsetek [%] przypadków jazdy na rowerze lub wędrowek pieszych zarejestrowanych na portalu GPies.com według godziny ich rozpoczęcia

Fraction [%] of cycling or walking activities registered on the portal GPies.com by time of starting



Ryc. 3.

Odsetek [%] przypadków jazdy na rowerze i wędrowek pieszych zarejestrowanych na portalu GPies.com według dnia tygodnia

Fraction [%] of cycling or walking activities registered on the portal GPies.com by day of the week

W poszczególnych dniach tygodnia najwięcej aktywności miało miejsce w soboty (23,8% jazd na rowerze oraz 21,9% wędrowek pieszych). W ujęciu miesięcznym najwięcej jazd na rowerze zarejestrowano w czerwcu (21,9%) i lipcu (20,6%), natomiast wędrowek pieszych w lipcu (34,1%).

Dyskusja

Duża popularność terenów nadleśnictw Świeradów i Szklarska Poręba wśród turystów wybierających aktywny wypoczynek powoduje, że z punktu widzenia zarządzania terenami leśnymi istotna jest informacja o obciążeniu tras oraz o czasie wykonywanych aktywności. Informacje te mogą stanowić system wspomaganie decyzji dla planowania prac pozyskania drewna, realizacji działań ochrony cennych przyrodniczo obszarów przed nadmiernym natężeniem ruchu czy też właściwej rozbudowy infrastruktury turystycznej. Przedstawione wyniki wskazują, że dane VGIS mogą zostać wykorzystane jako informacje dla takiego systemu. Dysponując trasami wybranymi przez różne grupy użytkowników, można pośrednio określić preferencje co do długości szlaku, nachylenia trasy oraz stopnia zagospodarowania. Może to ułatwić to racjonalne planowanie szlaków rowerowych i pieszych na terenach nadleśnictw.

Przedstawione wyniki wskazują, że na analizowanym obszarze presja na ekosystem leśny nie jest ograniczona do weekendów czy też sezonu letniego [Arnberger, Brandenburg 2002].

Wydaje się, że związane może to być z turystycznymi walorami terenu badań i trwającym cały rok sezonem turystycznym. Należy jednak zauważyć, że największe natężenie aktywności (podobnie jak w badaniach Skłodowskiego i in. [2013]) ma miejsce w miesiącach letnich, a więc w okresie wakacyjnym oraz w weekendy. Czas rozpoczęcia aktywności, przypadający głównie na godziny poranne i południowe (6-13), jest związany z czasem trwania aktywności (kilka godzin lub kilkadziesiąt kilometrów). Stanowi to potwierdzenie badań Rooversa i in. [2002], którzy wskazali, że rowerzyści na terenach leśnych spędzają od 2 do 3 godzin. Rozkład czasowy rozpoczęcia aktywności związanych z jazdą na rowerze jest podobny do wyników otrzymanych przez Arnbergera [2006]. W swoich badaniach analizował on jednak lasy o zupełnie innym położeniu – miejskie i podmiejskie.

Zaprezentowane wyniki wskazują, że osoby uprawiające różne formy aktywności fizycznej na obszarach leśnych wykorzystują przede wszystkim istniejącą infrastrukturę drogową, dni wolne od pracy lub wakacje. Zaledwie 3,8% długości tras zarejestrowanych przez osoby uprawiające aktywność fizyczną na badanym terenie nie pokrywało się z istniejącą infrastrukturą. Podobne wyniki osiągnęli w swojej pracy Gundersen i Vistad [2016], którzy wykazali, że największą intensywnością wykorzystania charakteryzują się szlaki oznakowane. Dużą popularność szlaków pieszych i rowerowych wykazały również Janeczko i Woźnicka [2009] podczas badań przeprowadzonych w 17 lasach miejskich w Warszawie. Wynik ten wyraźnie wskazuje na duże możliwości sterowania tym, które miejsca w lesie będą poddane większej, a które mniejszej presji ze strony ludzi. Właściwe oznakowanie szlaków wpływa istotnie na intensywność ich wykorzystania. Stąd tworząc infrastrukturę, należy zadbać o właściwe jej oznakowanie. Informacja na temat najczęściej użytkowanych tras może również stanowić element wykorzystywany do podejmowania decyzji dotyczących nowych inwestycji związanych z rekreacyjnym wykorzystaniem lasu, takich jak np. budowa i odpowiednie rozmieszczenie wiat, ławek czy koszy na śmieci.

Osoby uprawiające aktywność fizyczną w lesie częściej wybierają drogi leśne niż publiczne. Może to być związane z mniejszym potencjalnym ruchem samochodowym i z rodzajem nawierzchni. Z badań wynika, że największe nasilenie aktywności występuje rano lub przed południem. Wiedza ta może pozwolić na pewne zarządzanie uciążliwymi dla turystów pracami leśnymi i ewentualnie przenoszenie ich na późniejsze godziny lub właściwe rozłożenie ich w przestrzeni, by ograniczyć niekorzystny wpływ na osoby wykonujące aktywność ruchową.

Omówione w pracy dane VGIS, w tym głównie dane z aplikacji mobilnych przeznaczonych do rejestrowania aktywności, mogą być wykorzystywane do monitorowania ruchu na terenach leśnych. W porównaniu do danych zbieranych *in situ*, poprzez udostępnienie odbiorników GPS ankietowanym, dane te w większości pozbawione są informacji o dacie i godzinie zarejestrowanej aktywności oraz o ewentualnych postojach i ich czasie, jeśli miały one miejsce [Taczanowska i in. 2008; Wolf i in. 2012]. Większość użytkowników portali, z których pobrano dane, nie podaje swoich danych osobowych, w tym również wieku czy płci. Brak jest również informacji, czy aktywność zarejestrował mieszkaniec danego obszaru, czy turysta. Nie ma więc możliwości uszczegółowienia wyników i stworzenia profili użytkowników [Meijels i in. 2014]. Badania *in situ* przy wykorzystaniu GPS połączone z formularzem ankietowym dają więc większą możliwość analizy i pełniejszy obraz faktycznego korzystania z danego obszaru. Z kolei w badaniach *in situ* mogą wystąpić błędy wynikające z faktu, że udział w badaniu przy wykorzystaniu GPS może wpływać na zachowania badanych, np. na poruszanie się tylko wyznaczonymi szlakami [O'Connor i in. 2005; Taczanowska i in. 2008]. Wydaje się, że ten problem nie istnieje lub jest marginalny przy wykorzystaniu danych z portali.

Znaczne ograniczenie w pozyskaniu danych VGIS stanowi polityka prywatności prowadzona przez portale zbierające dane. Istnieje możliwość pozyskania tylko tych informacji, które użytkownicy zdecydowali się udostępnić publicznie [Garbe 2010]. Jest to podobny problem jak w przypadku danych zbieranych *in situ*, kiedy nie wszystkie osoby wyrażają zgodę na udział w badaniu, właśnie ze względu na naruszenie ich prywatności [Taczanowska i in. 2008]. Pozyskany zasób danych jest więc znacznie pomniejszony pod względem jakości, jednak jest on bardzo liczny, stąd odzwierciedla preferencje co do wyboru tras całej populacji.

Problemem w przetwarzaniu danych GPS może być ich jakość związana z dokładnością odbiorników, jak i sygnału, który do nich dociera. Jest to istotne głównie na terenach leśnych o dużym zwarciu koron drzew [Shoval, Isaacson 2007]. W przedstawionym badaniu nie było konieczności eliminowania danych ze względu na błędy wynikające z rejestracji przez zbiornik GPS. Jednak jak wskazuje van Marwijk [2009], duża objętość informacji z GPS powoduje, że przed ich wykorzystaniem należy wcześniej przeanalizować ich poprawność, co może znacznie wydłużyć czas prac.

Podsumowanie

Dane VGIS – pomimo ograniczeń związanych z ich pozyskaniem i skomplikowanym procesem przetwarzania – mogą stanowić cenne źródło informacji na temat intensywności wykorzystania tras na terenach leśnych. Dane te mogą być alternatywą dla danych zbieranych podczas badań *in situ* i wspomóc proces podejmowania decyzji w nadleśnictwach w zakresie rekreacyjnej funkcji lasu.

Literatura

- Arnberger A. 2006. Recreation use of urban forests: As inter-area comparison. *Urban Forestry & Urban Greening* 4: 135-144.
- Arnberger A., Brandenburg C. 2002. Visitor structure of a heavily used conservation area: The Danube Floodplains national park, lower Austria. W: Arnberger A., Brandenburg C., Muhar A. [red.]. *Proceedings of the 1st international conference on monitoring and management of visitor flows in recreational and protected areas*. 7-13.
- Dye A. S., Shaw S. L. 2007. A GIS-based spatial decision support system for tourist of Great Smoky Mountains National Park. *Journal of Retailing and Consumer Services* 14: 269-278.
- Foody G. M., See L., Fritz S., van der Velde M., Perger C., Schill C., Boyd D. S., Comber A. 2014. Accurate attribute mapping from volunteered geographic information: issues of volunteer quantity and quality. *The Cartographic Journal* 52: 1-9.
- Garbe M. 2010. Online location data: Analysis of publicly available trajectory data sources. W: *Baltic conference, learning in networks*. 45-52.
- Gołos P. 2013. Selected aspects of the forest recreational function in view of its users. *Forest Research Papers* 74 (3): 257-272.
- Goodchild M. F. 2007. Citizens as sensors: The world of volunteered geography. *GeoJournal* 69: 211-221.
- Gundersen V., Vistad O. I. 2016. Public Opinions and Use of Various Types of Recreational Infrastructure in Boreal Forest Settings. *Forests* 7: 113-130.
- Janezko E., Woźnicka M. 2009. Zagospodarowanie rekreacyjne lasów Warszawy w kontekście potrzeb i oczekiwań mieszkańców stolicy. *Studia i Materiały CEPL* 23: 131-139.
- Kondracki J. 1994. *Geografia Polski. Mezoregiony fizycznogeograficzne*. PWN, Warszawa.
- Lindhagen A., Hörnsten L. 2000. Forest recreation in 1977 and 1997 in Sweden: changes in public preferences and behaviour. *Forestry* 73 (2): 143-151.
- Lyon K., Cottrell S. P., Siikamaki P., van Marwijk R. B. M. 2011. Biodiversity hotspots and visitor flows in Oulanka National Park, Finland. *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism* 11: 100-111.
- Mandziuk A., Janezko K. 2009. Turystyczne i rekreacyjne funkcje lasu w aspekcie marketingowym. *Studia i Materiały CEPL* 23: 65-71.
- van Marwijk R. B. M. 2009. These routes are made for walking: understanding the transactions between nature, recreational behavior and environmental meanings in Dwingelderveld National Park, the Netherlands. PhD thesis, Wageningen University.
- Meijels E. W., de Bakker M., Groote P. D., Barske R. 2014. Analysis hiker movement patterns using GPS data: Implications for park management. *Computers, Environmental and Urban Systems* 47: 44-57.

- Nogueira Mendes R., Silva A., Grilo C., Rosalino L. M., Silva C. P. 2012.** MTB monitoring in Arrábida natural Park, Portugal. W: Fredman P. i in. [red.]. 6th International Conference on Monitoring and Management of Visitors in Recreational and Protected Areas. 32-33.
- O'Connor A., Zergler A., Itami B. 2005.** Geo-temporal tracking and analysis of tourist movement. *Mathematics and computers in Simulation* 69: 135-150.
- Roovers P., Hermy M., Gulinck H. 2002.** Visitor profile, perceptions and expectations in forest from a gradient of increasing urbanization in central Belgium. *Landsch. Urban Plann.* 59: 129-145.
- Shoval N., Isaacson M. 2007.** Tracking tourists in the digital age. *Annals of Tourism Research* 34 (1): 141-159.
- Skłodowski J., Gołos P., Skłodowski M., Oźga W. 2013.** Preferencje osób odwiedzających wybrane kompleksy leśne w zakresie turystyki leśnej i organizacji wypoczynku. *Leś. Pr. Bad.* 74: 293-305.
- Taczanowska K., Muhar A., Brandenburg C. 2008.** Potential and limitations of GPS tracking for monitoring spatial and temporal aspects of visitor behaviour in recreational areas. W: Raschi A., Trampetti S. [red.]. *Management for protection and sustainable development.* Montecatini, Italy: Consiglio Nazionale della Ricerche. 451-455.
- Visschedijk P. A. M., Henkens R. J. H. G. 2002.** Recreation monitoring at the Dutch Forest Service. W: Arnberger A., Brandenburg C., Muhar A. [red.]. *Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas.* Conference Proceedings, Institute for Land scape Architecture and Landscape Management, Vienna. 65-67.
- Wolf I. D., Hagenloh G., Croft D. B. 2012.** Visitor monitoring along roads and hiking trails: how to determine usage levels in tourist sites. *Tourism Management* 33: 16-28.
- Zandbergen P., Barbeau S. 2011.** Positional Accuracy of Assisted GPS Data from High-Sensitivity GPS-enabled Mobile Phones. *The Journal of Navigation* 64: 381-399.