

**Michał Rzeszewski**

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,  
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych  
e-mail: mrz@amu.edu.pl

## Systemy lokalizacji satelitarnej w analizie zachowań przestrzennych użytkowników miasta

**Zarys treści:** W artykule omówiono aspekty metodyczne oraz etyczne wykorzystania technologii lokalizacji satelitarnej w badaniach nad zachowaniami przestrzennymi człowieka. Na przykładzie badań przeprowadzonych w trakcie projektu EBEH przedstawiono typowe problemy występujące podczas analizy danych pochodzących z pasywnych odbiorników GPS. Omówione zostały potencjalne błędy i niedostatki wynikające z zastosowania tej metody oraz możliwe działania zaradcze. Zaproponowano również wizję przyszłego wykorzystania satelitarnych systemów lokalizacji w geografii człowieka i łączenia ich z technikami badań społecznych na zasadzie triangulacji metodologicznej.

**Słowa kluczowe:** GPS, lokalizacja satelitarna, zachowania przestrzenne, użytkownicy miasta

Szybki rozwój technologiczny w dziedzinie metod lokalizacji spowodował w ostatnich latach zmiany metodyki badań zachowań przestrzennych człowieka w środowisku miejskim. Technologią, która wywarła na nie największy wpływ oraz otworzyła drogę dla nowych technik badawczych, są bez wątpienia systemy lokalizacji satelitarnej – Global Navigation Satellite System (GNSS). Śledzenie przemieszczeń za pomocą GNSS (tzw. *tracking*) znalazło wiele zastosowań w różnych dziedzinach życia począwszy od medycyny (Miskelly 2005, Richardson i in. 2013) poprzez usługi oparte na lokalizacji użytkownika (Location Based Services – LBS) (Li 2006, Millonig, Gartner 2007), ochronę środowiska (Rainham i in. 2008, Zenk i in. 2011) aż po turystykę (Shoval, Isaacson 2007, Xia i in. 2008, Shoval 2010, Orellana i in. 2012).

Tak powszechne wykorzystanie GNSS ma swoje źródło w dwóch ich cechach. Po pierwsze dają one możliwość relatywnie bezinwazyjnego śledzenia ruchu z dokładnością w zupełności wystarczająca do badania zachowań pojedynczych osób. Po drugie są niezmiernie rozpowszechnione. Niemal każde nowe urządzenie technologiczne – telefon komórkowy, tablet, laptop itd. – jest wyposażone

w odbiornik GPS<sup>1</sup>. Istnieje również szereg programów i serwisów internetowych opartych na metaforach przestrzennych (korzystających z map lub geolokalizacji) i na łatwości ustalenia współrzędnych geograficznych użytkownika, np. Yelp<sup>2</sup> czy Foursquare<sup>3</sup>. Powoduje to, że dla potencjalnego uczestnika badania nie jest to technologia obca, a co za tym idzie – może on mieć mniejsze obawy przed wzięciem w nim udziału. Dla badacza nie jest również bez znaczenia istnienie szerokiej bazy wiedzy i sprawdzonych metod, z której może korzystać przy projektowaniu badań.

Niniejszy artykuł zawiera krytyczne omówienie kwestii związanych z wykorzystaniem lokalizacji GNSS w badaniach użytkowników miasta. W pierwszej jego części przedstawiono aspekty metodyczne oraz etyczne projektowania badań. W drugiej części poruszono problem analizy i interpretacji danych, a na zakończenie rozważono możliwości triangulacji metodologicznej przy użyciu metod nauk społecznych oraz dalsze możliwe ścieżki rozwoju tej metody. W niniejszym artykule brak jest miejsca na omawianie szczegółów technicznych działania GNSS – w tym celu autor odsyła czytelnika do specjalistycznych publikacji na ten temat (Narkiewicz 2007, Januszewski 2010).

## Aspekty metodyczne i etyczne

Właściwie od początku funkcjonowania pierwszego w pełni działającego GNSS, czyli GPS, stał się on obiektem zainteresowania badaczy reprezentujących dziedziny naturalnie powiązane z badaniami przestrzeni, takie jak geografia, biologia i urbanistyka. Jedne z pierwszych zastosowań lokalizacji satelitarnej można wiązać z geografią czasu i przestrzeni, a ściślej z geografią transportu i badaniami natężenia ruchu drogowego (Zito i in. 1995, Quiroga, Bullock 1998). Rozwinięciem tej metody były analizy dziennych przemieszczeń w gospodarstwach domowych, np. w pionierskim tzw. *Lexington study* (Murakami, Wagner 1999). Charakterystyczną cechą tego oraz innych badań z tego okresu był fakt, że lokalizacja satelitarna stosowana była głównie jako element dodatkowy, służący weryfikacji informacji uzyskanych z innych, bardziej tradycyjnych źródeł, takich jak metoda dziennikarska (*travel diary*). Wynikało to zapewne w równej mierze ze słabo wypracowanej metodyki badań, jak i z ograniczeń technicznych. Odbiorniki były stosunkowo duże i wymagały znacznej ilości energii, a ich obsługa była na tyle skomplikowana, że nie można było jej zostawić wyłącznie samemu badanemu. Dodatkowo dokładność pomiaru pozycji wynosiła zaledwie kilkadziesiąt metrów z uwagi na emisję sygnału zakłócającego *Selective Availability* (SA). Z tych względów wspomniane badania opierały się na montażu odbiorników GPS w pojazdach, co upraszczało obsługę i eliminowało problemy z gabarytami i zasilaniem. Możliwa też była korekcja pomiarów za pomocą dopasowania do istniejącej sieci dróg.

<sup>1</sup> GPS – Global Positioning System, pierwszy powszechnie dostępny i najpopularniejszy GNSS.

<sup>2</sup> <http://yelp.pl>

<sup>3</sup> <http://foursquare.com>

Nie było to jednak rozwiązanie idealne z punktu widzenia badania zachowań przestrzennych ludzi. Nie obejmuje ono bowiem przemieszczeń pieszych – jednego z najbardziej interesujących zagadnień. Wcześniejsze sposoby jego pomiaru opierały się na metodzie dzienniczkowej oraz budżecie czas-przestrzeń (*time-space budget*), które pozwalają na szczegółowy zapis aktywności w krótkim okresie (Anderson 1971, Thornton i in. 1997). Metody te przynoszą dobre efekty, jednak obarczone są szeregiem ograniczeń (Janelle i in. 1988). Najpoważniejszymi z nich są błędy i niedokładności zapisu aktywności popełniane przez badanych, bądź to w sposób zamierzony w celu np. ukrycia niepożądanych aktywności, bądź z uwagi na niemożność dokładnego określenia czasu i kolejności zdarzeń z danego dnia (Szalai 1972). Dodatkowo nawet jeśli badany wykaże się dobrą wolą i sumiennością, nie do pokonania pozostają bariery procesów kognitywnych i niemożność ich dokładnego opisu za pomocą struktur językowych (Nisbett, Wilson 1977). Nic dziwnego zatem, że technologie GNSS postrzegane były jako swoiste remedium na te problemy – wprowadzały bowiem możliwość kontroli i zapisu rzeczywistych ścieżek przemieszczeń z niespotykaną wcześniej precyzją. Pionierskie badania w tym zakresie prowadzili Golledge i in. (1998), analizując sposoby przemieszczania się osób niepełnosprawnych wzrokowo. Jednak dopiero rezygnacja z emisji sygnału SA dla systemu GPS w roku 2000 umożliwiła osiągnięcie dokładności rzędu 3–15 m, koniecznej do realistycznej oceny pozycji pojedynczego człowieka. Pojawiły się nawet publikacje sugerujące, że dokładność jest na tyle duża, iż pozwala na całkowite zastąpienie metody dzienniczkowej (Wolf i in. 2001, 2003). Mimo to, badania ludzkich przemieszczeń z wykorzystaniem GPS były bardzo rzadkie poza wąską dziedziną pomiarów ekspozycji na zanieczyszczenia środowiskowe (Phillips i in. 2001, Elgethun i in. 2003). Dopiero upowszechnienie technologii GPS w urządzeniach mobilnych oraz obniżenie ceny odbiorników zrodziło realne perspektywy dla szerszego wykorzystania lokalizacji satelitarnej jako pełnoprawnej metody badawczej (Shoval, Isaacson 2006, Shoval 2008).

Wykorzystanie sygnałów satelitarnych do lokalizacji pojedynczych osób w warunkach badania naukowego napotyka szereg problemów. Są to ograniczenia zarówno technologiczne, jak i psychologiczne oraz etyczno-prawne. Te pierwsze to przede wszystkim niska i zmienna dokładność pomiaru. Zależy ona w dużej mierze od widoczności nieba, która jest wysoce ograniczona w środowisku miejskim – budynki nie tylko blokują sygnał GPS, ale i wywołują zjawisko wtórnego odbicia. Niska jakość pomiaru oraz przerwy w rejestracji są więc zjawiskiem stosunkowo powszechnym. Dodatkowo efekt ten jest praktycznie nie do odróżnienia od przerw sygnału spowodowanych wejściem danej osoby do budynku, co wysoce utrudnia interpretację wyników.

Czynnik psychologiczny, jaki należy wziąć pod uwagę przy projektowaniu badań eksperymentalnych, to wpływ świadomości badanego bycia monitorowanym na rodzaje podejmowanych aktywności i sposoby przemieszczeń. Efekt ten jest trudno mierzalny i zależy od nastawienia konkretnej osoby. Nie jest też praktycznie możliwy do wyeliminowania ze względów etycznych. Należy jednak dążyć do ograniczenia jego wpływu, co jest możliwe zarówno od strony organiza-

cyjnej, jak i technicznej. W tym pierwszym przypadku badani powinni posiadać jak największą swobodę przemieszczeń, przy jak najmniejszym stopniu kontroli. Wybór czynników kontrolowanych przez badacza powinien być ograniczony do niezbędnego minimum. Przykładowo badani mogą otrzymać pisemne zapewnienie o anonimowości badania i możliwości rezygnacji z uczestnictwa w dowolnej chwili oraz o braku związku między „jakością” danych a ewentualnym wynagrodzeniem. Takie postępowanie niesie jednak ze sobą ryzyko pogorszenia jakości badania – uczestnicy mogą okazać się niesumienni i część próby będzie musiała zostać odrzucona.

Z kolei wpływ technologii można ograniczyć, wybierając jak najmniejszy i najprostszy w obsłudze model odbiornika GPS, funkcjonujący w trybie pasywnym<sup>4</sup> (Shoval, Isaacson 2006). W najbardziej korzystnym przypadku rola badanego winna ograniczyć się wyłącznie do codziennego ładowania baterii urządzenia. W ten sposób samo urządzenie nie „przeszkadza” badanemu w wykonywaniu normalnych czynności. Z drugiej strony, niska wiedza badanego o funkcjonowaniu odbiornika uniemożliwia reakcje w przypadku uszkodzenia bądź wadliwego działania. Podobnie jak w przypadku rozluźnienia organizacyjnej kontroli nad badanymi prowadzić to może do utraty danych.

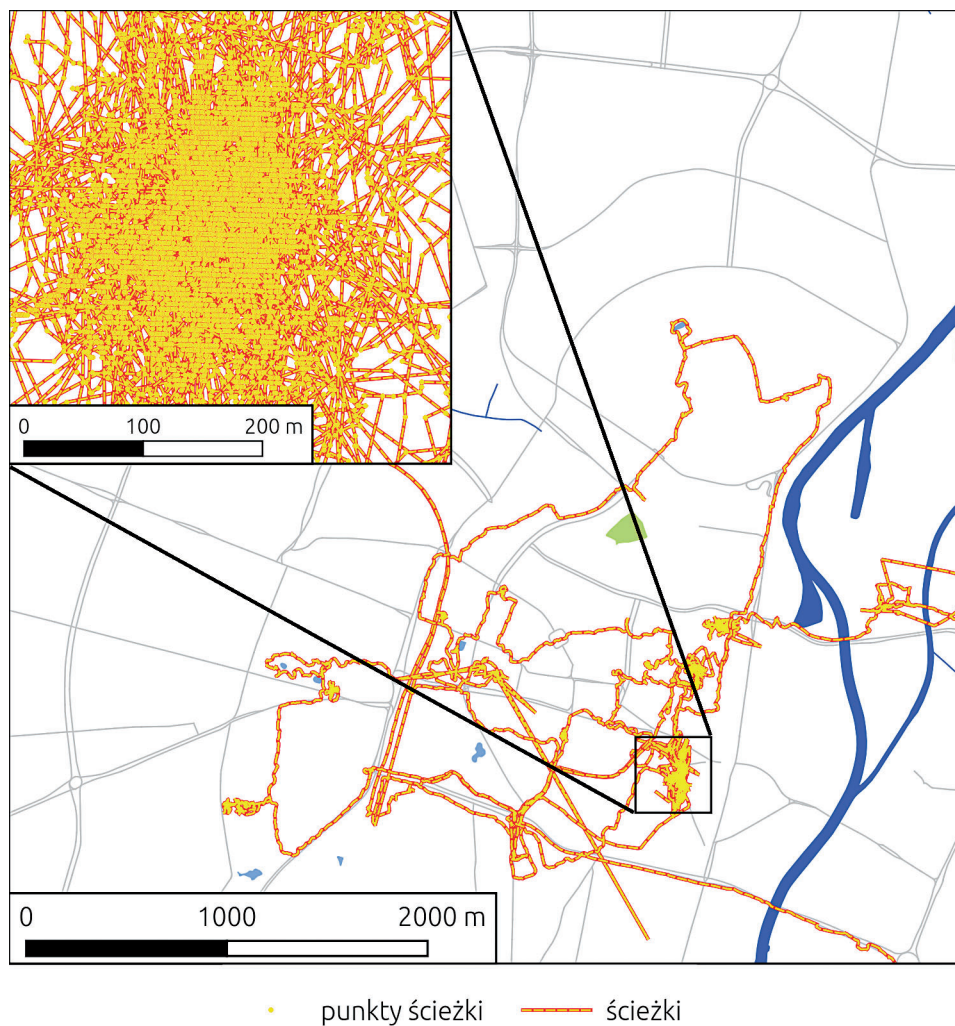
Odrębnym aspektem, na jaki należy zwrócić uwagę, są kwestie etyczne, które są szczególnie istotne dla stosunkowo nowych technologii rejestrujących (Michael, McNamee 2006). Badanie ludzi za pomocą urządzeń rejestrujących może być z punktu widzenia prawa traktowane jako eksperyment, co nakłada na badacza szereg obowiązków. Według art. 27 Kodeksu karnego uczestnik eksperymentu winien jasno wyrazić zgodę na udział w nim oraz winien być świadomy możliwości przerwania badania w dowolnym momencie. Dobrą praktyką jest również poinformowanie uczestników o charakterze zbieranych informacji, ich przeznaczeniu oraz o sposobach przechowywania – jest to wymóg prawny w wielu krajach (Kwan 2012). W przypadkach kiedy jest to możliwe, dane powinny zostać poddane procesowi anonimizacji – pozwala to uniknąć dodatkowych obowiązków związanych z ustawą o ochronie danych osobowych.

## Problemy analizy danych

Lokalizacja pojedynczych osób pozwala na uzyskanie bardzo dużej ilości obiektywnych danych. Dostępne pasywne rejestratory GPS (*trackery, loggery*) są w stanie, przy założeniu odpowiedniej rozdzielczości czasowej, przechować zapis nawet miesięcznego badania. Jednak duża ilość uzyskanych danych niekoniecznie jest zaletą na etapie analizy, w której przypadku kluczową rolę odgrywa ich jakość. Większa ilość danych przekłada się bowiem automatycznie na większą ilość błędów, które muszą zostać usunięte na etapie wstępnym. Zwiększenie interwału

<sup>4</sup> Pasywne odbiorniki GNSS rejestrują dane lokalizacyjne jedynie w trybie off-line. Dostęp do nich wymaga fizycznego kontaktu z urządzeniem. W odróżnieniu od odbiorników aktywnych, działających przy wykorzystaniu dodatkowych technologii komunikacyjnych, np. GSM, nie umożliwiają one zdalnego pozyskania lokalizacji użytkownika.

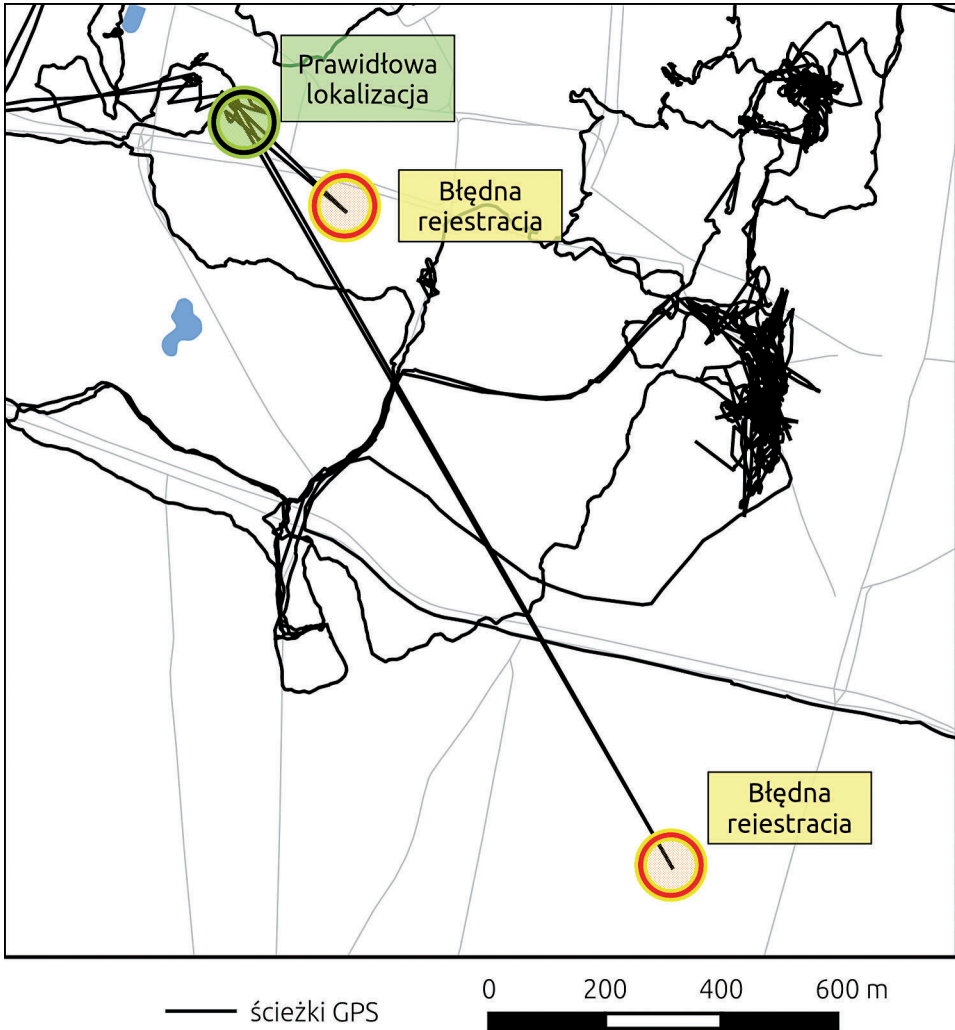
czasowego, np. z 5 s do 10 s, mogłoby częściowo wyeliminować ten efekt, ale należy pamiętać, że przy zakładanej dużej swobodzie badanych konieczne jest uwzględnienie różnych środków transportu<sup>5</sup>. Niezależnie od wybranego interwału uzyskane dane przedstawiają wyzwanie interpretacyjne związane z trudnością ich wizualnej eksploracji. Na załączonym przykładzie (ryc. 1) widać, że długi czas przebywania badanego na stosunkowo niedużym obszarze Starego Rynku w Po-



Ryc 1. Zapis ścieżek i punktów pojedynczej osoby przebywającej w Poznaniu w celach turystycznych. Rejestracja trwała 5 dni i została wykonana przy użyciu urządzenia Holux 1000C, przy interwale czasowym 5 sekund. Powiększony obszar pokazuje większe zagęszczenie punktów w centrum miasta

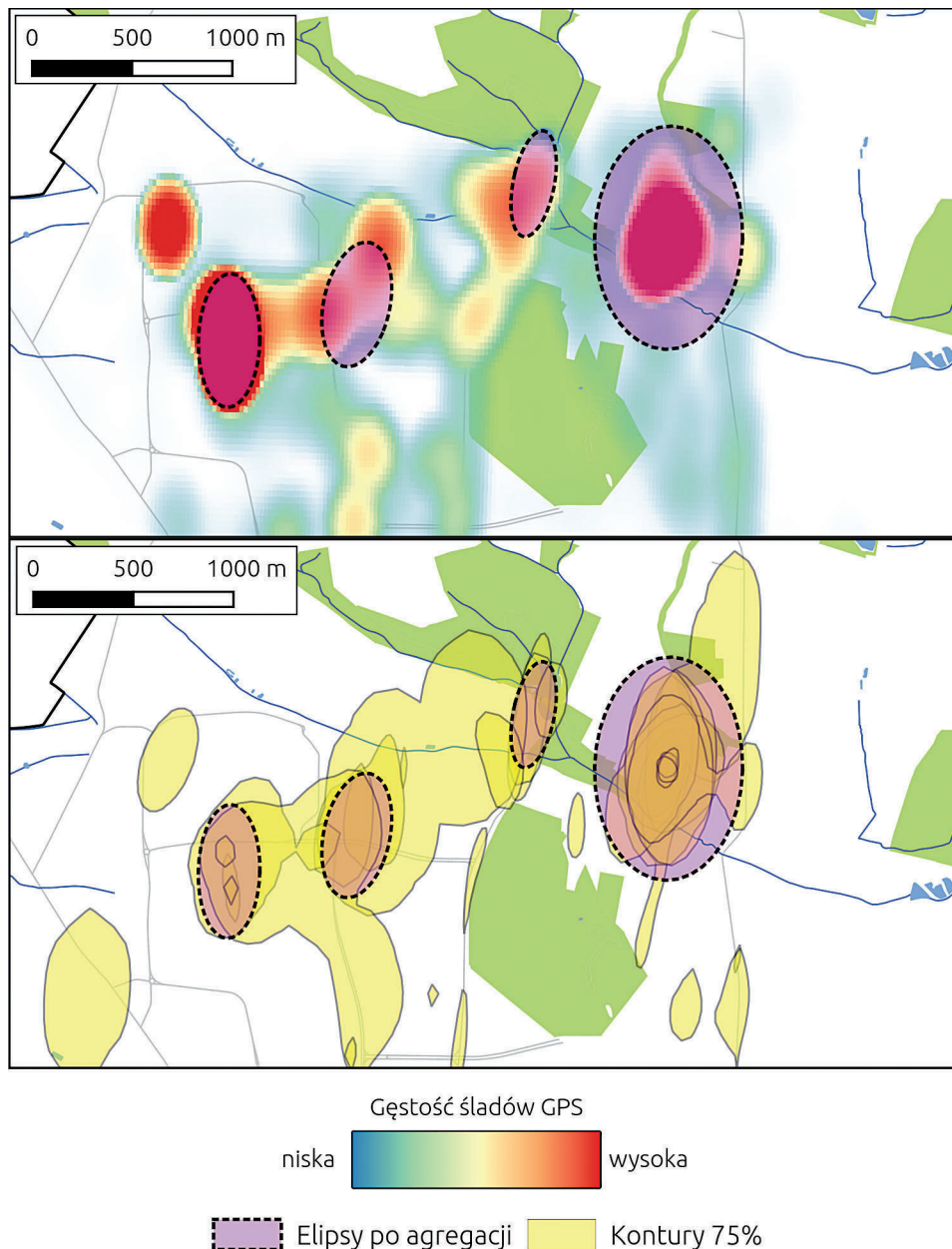
<sup>5</sup> Różne grupy badanych mogą wybierać różne środki transportu, np. samochód lub poruszanie się pieszo. W przypadku zbyt wysokiego interwału niektóre ścieżki mogą zostać pominięte.





Ryc. 2. Przykład dwóch błędnych lokalizacji – urządzenie nie ignoruje samoistnie tak dużych błędów i łączy ścieżki według prostego schematu. Błąd może wynosić nawet kilkaset metrów

znaniu dał w rezultacie wysoką gęstość punktów, zupełnie nieproporcjonalną do śladów przemieszczeń w pozostałych częściach miasta. Co więcej, takie jak to krótkie przemieszczenia na ograniczonym obszarze, dodatkowo niekorzystnym dla odbioru sygnałów GNSS (wąskie uliczki, gęsta zabudowa), powodują spadek stosunku sygnał/szum – wielkość błędów pozostaje bowiem stała. W efekcie do szczegółowej analizy tego typu danych wykorzystywane są coraz bardziej zaawansowane metody, takie jak łańcuchy Markowa (Xia i in. 2011), identyfikacja miejsc zatrzymań (*movement stops*) (Orellana, Wachowicz 2011, Orellana i in. 2012) czy analiza sekwencji przemieszczeń (Shoval, Isaacson 2007).



Ryc. 3. Porównanie mapy gęstości ścieżek studentów w Poznaniu (górna mapa) wyznaczonej metodą KDE z metodą konturów objętości procentowej dla tych samych danych (dolna mapa). Dla porównania na obie mapy nałożono elipsy drugiego rzędu utworzone na podstawie konturów 75% gęstości. Elipsy wyznaczają miejsca, gdzie studenci spędzali najwięcej czasu. Metoda konturów eliminuje miejsca istotne wyłącznie dla jednej osoby

Dokładność lokalizacji dla danego urządzenia określana jest w kategoriach prawdopodobieństwa – najczęściej podawana jest wartość dla 95%<sup>6</sup>. Oznacza to, że przy tak dużej ilości punktów (jeden dzień rejestracji to kilkanaście tysięcy punktów) obecne są również takie, których pozycja rażąco odbiega od rzeczywistej, nawet o kilkaset metrów (ryc. 2). Punkty takie należy identyfikować i usuwać na etapie wstępnym, gdyż mogą one spowodować nieprawidłowości w analizach sekwencji przemieszczeń czy identyfikacji punktów zatrzymań na podstawie średnich prędkości. Występuje też trudność w wykorzystaniu ścieżek zapisywanych bezpośrednio przez odbiornik – w analizach konieczne jest posługiwanie się zapisem punktowym.

Jednak duża ilość danych może być także ogromną zaletą opisywanej techniki pomiaru – umożliwia bowiem agregacje i wskazywanie z dużym prawdopodobieństwem obszarów istotnych dla całych grup badanych, a nie tylko pojedynczych osób. Naturalnie nasuwa się przy tym wykorzystanie metod analizy gęstości, np. jądrowego estymatora gęstości (KDE – *Kernel Density Estimate*) – należy jednak podchodzić ostrożnie do interpretacji wyników, gdyż same dane lokalizacyjne nie zapewniają informacji na temat motywów przebywania w danym miejscu (Rzeszewski, Kotus 2014). Błędem byłoby przypisywanie np. funkcji turystycznej wszystkim miejscom, w których turyści spędzają dużo czasu (miejscom o najwyższej gęstości punktów). Równie dobrze mogą to być bowiem sytuacje wynikające z układu komunikacji publicznej, obiekty takie jak centra handlowe bądź efekty wypadków losowych nie mające nic wspólnego z turystycznym użytkowaniem przestrzeni. Problemem przy analizach gęstości przemieszczeń mogą być ponadto różnice w zachowaniach przestrzennych pomiędzy badanymi grupami. W przypadku turystów osoby intensywniej eksplorujące małe obszary, np. historycznego centrum miasta, będą siłą rzeczy powodować powstanie wyraźnych skupień, trudnych do porównania ze śladami osób starających się odwiedzić jak największą liczbę miejsc w jak najkrótszym czasie. Jednym z możliwych rozwiązań, opracowanym w trakcie trwania projektu EBEH<sup>7</sup> (Rzeszewski, Kotus 2014, Kotus i in. 2015), jest identyfikacja ważnych miejsc w mieście za pomocą skupień wyznaczonych na podstawie konturów objętości procentowych (PVC *Percent Volume Contours*) (Gibin i in. 2007). Najważniejszą cechą tej metody jest wykorzystanie map gęstości wykonanych osobno dla każdego odbiornika (grupy osób) i każdego dnia. Agregacja następuje dopiero na podstawie nałożenia konturów wszystkich PVC o tej samej wartości (np. 75%). Pozwala to wyznaczyć kontury drugiego rzędu i uniknąć problemów związanych z normalizacją zapisów zachowań przestrzennych o odmiennym natężeniu.

<sup>6</sup> Chociaż autorowi znane są wypadki, gdy producent podawał wartość dla prawdopodobieństwa 50%.

<sup>7</sup> Strona projektu: <http://ebeh.pl>.



## Perspektywy rozwoju

Prezentowane przykłady miały za zadanie pokazać zarówno możliwości, jak i ograniczenia wiążące się z wykorzystaniem lokalizacji GNSS w badaniach zachowań przestrzennych człowieka. Z czysto technicznego punktu widzenia wydaje się, że technologia ta osiągnęła kres możliwości, przynajmniej w kilkuletnim horyzoncie czasowym. Nie należy spodziewać się drastycznego zwiększenia dokładności rejestracji ani poprawy odbioru sygnału satelitarnego np. wewnątrz budynków. Z tego powodu w badaniach zachowań przestrzennych wykorzystywane są również inne metody lokalizacji, takie jak np. Bluetooth (Delafontaine i in. 2010, Versichele i in. 2010), sieci GSM (Ratti i in. 2006) czy też RFiD (Tesoriero i in. 2008). Żadna z nich nie jest jednak tak uniwersalna, powszechna i dostępna jak GNSS. Należy przy tym podkreślić, że metodyka wykorzystania lokalizacji satelitarnej ulega ciągłemu doskonaleniu. W chwili obecnej jednym z nurtów jej rozwoju, niezmiernie ważnym w opinii autora, jest triangulacja metodologiczna – wykorzystanie metod nauk społecznych do uzupełnienia i rozszerzenia możliwości interpretacji. Techniki takie, jak kwestionariusze wywiadu, zogniskowane wywiady grupowe czy mapy mentalne, są coraz bardziej popularne jako metody towarzyszące lokalizacji za pomocą GPS (Pettersson, Zillinger 2011, Raanan, Shoval 2014). Dają one dostęp do informacji na temat motywów i celów zachowań oraz pozwalają na znacznie bardziej dokładną i wiarygodną interpretację ścieżek przemieszczeń. I chociaż konieczna jest przy tym świadomość trudności związanych z łączeniem bardzo różnych niekiedy metod badawczych (Kotus, Rzeszewski 2015), jest to, jak się wydaje, naturalny kierunek rozwoju dla zastosowania lokalizacji satelitarnej w badaniach zachowań przestrzennych człowieka.

## Literatura

- Anderson J. 1971. Space-time budgets and activity studies in urban geography and planning. *Environment and Planning*, 3: 353–368.
- Delafontaine M., Versichele M., Neutens T., van de Weghe N. 2010. Analysing spatial and temporal sequences in Bluetooth tracking data. [W:] R. Ahas (red.), *Mobile Tartu – Mobile Positioning, Spatial Mobility, Geography, LBS*. Tartu, Estonia, s. 1–2.
- Elgethun K., Fenske R.A., Yost M.G., Palcisko G.J. 2003. Time-location analysis for exposure assessment studies of children using a novel global positioning system instrument. *Environmental Health Perspectives*, 111: 115.
- Gibin M., Longley P., Atkinson P. 2007. Kernel density estimation and percent volume contours in general practice catchment area analysis in urban areas. [W:] GISRUK 2007.
- Golledge R.G., Klatzky R.L., Loomis J.M., Speigle J., Tietz J. 1998. A geographical information system for a GPS based personal guidance system. *International Journal of Geographical Information Science*, 12: 727–749.
- Janelle D.G., Goodchild M.F., Klinkenberg B. 1988. Space-time diaries and travel characteristics for different levels of respondent aggregation. *Environment and Planning A*, 20: 891–906.
- Januszewski J. 2010. *Systemy satelitarne GPS. Galileo i inne*. PWN.
- Kotus J., Rzeszewski M. 2015. Methodological triangulation in movement patterns research. *Quaestiones Geographicae* (w druku).

- Kotus J., Rzeszewski M., Ewertowski W. 2015. Tourists in the spatial structures of a big Polish city: Development of an uncontrolled patchwork or concentric spheres? *Tourism Management*, 50: 98–110, doi: 10.1016/j.tourman.2015.01.007.
- Kwan M.-P. 2012. The uncertain geographic context problem. *Annals of the Association of American Geographers*, 102: 958–968.
- Li C. 2006. User preferences, information transactions and location-based services: A study of urban pedestrian wayfinding. *Computers, Environment and Urban Systems*, 30: 726–740.
- Michael K., McNamee A. 2006. The emerging ethics of humancentric GPS tracking and monitoring. [W:] *Mobile Business 2006. ICMB'06. International Conference on. IEEE*, s. 34–34.
- Millonig A., Gartner G. 2007. Monitoring Pedestrian Spatio-Temporal Behaviour. [W:] B. Gottfried (red.), *Workshop on Behaviour Monitoring and Interpretation BMI 07*, s. 29–42.
- Miskelly F. 2005. Electronic tracking of patients with dementia and wandering using mobile phone technology. *Age and Ageing*, 34: 497–499.
- Murakami E., Wagner D.P. 1999. Can using global positioning system (GPS) improve trip reporting? *Transportation Research, Part c: Emerging Technologies*, 7: 149–165.
- Narkiewicz J. 2007. GPS and inne satelitarne systemy nawigacyjne. *Wydawnictwa Komunikacji i Łączności*.
- Nisbett R.E., Wilson T.D. 1977. Telling more than we can know: Verbal reports on mental processes. *Psychological Review*, 84: 231.
- Orellana D., Bregt A.K., Ligtenberg A., Wachowicz M. 2012. Exploring visitor movement patterns in natural recreational areas. *Tourism Management*, 33: 672–682, doi:10.1016/j.tourman.2011.07.010.
- Orellana D., Wachowicz M. 2011. Exploring patterns of movement suspension in pedestrian mobility. *Geographical Analysis*, 43: 241–260.
- Pettersson R., Zillinger M. 2011. Time and Space in Event Behaviour: Tracking Visitors by GPS. *Tourism Geographies*, 13: 1–20, doi: 10.1080/14616688.2010.529932.
- Phillips M.L., Hall T.A., Esmen N.A., Lynch R., Johnson D.L. 2001. Use of global positioning system technology to track subject's location during environmental exposure sampling. *Journal of Exposure Analysis & Environmental Epidemiology*, 11.
- Quiroga C.A., Bullock D. 1998. Travel time studies with global positioning and geographic information systems: an integrated methodology. *Transportation Research, Part C: Emerging Technologies*, 6: 101–127.
- Raanan G.M., Shoval N. 2014. Mental maps compared to actual spatial behavior using GPS data: A new method for investigating segregation in cities. *Cities*, 36: 28–40, doi:10.1016/j.cities.2013.09.003.
- Rainham D., Krewski D., McDowell I., Sawada M., Liekens B. 2008. Development of a wearable global positioning system for place and health research. *International Journal of Health Geographics*, 7: 59.
- Ratti C., Williams S., Frenchman D., Pulselli R.M. 2006. Mobile landscapes: using location data from cell phones for urban analysis. *Environment and Planning, B Planning and Design*, 33: 727.
- Richardson D.B., Volkow N.D., Kwan M.-P., Kaplan R.M., Goodchild M.F., Croyle R.T. 2013. Spatial turn in health research. *Science (New York, NY)*, 339: 1390.
- Rzeszewski M., Kotus J. 2014. Supporting movement patterns research with qualitative sociological methods – gps tracks and focus group interviews. [W:] *GISRUK 2014. Presented at the GISRUK 2014, Glasgow*.
- Shoval N. 2008. Tracking technologies and urban analysis. *Cities*, 25: 21–28.
- Shoval N. 2010. Monitoring and Managing Visitors Flows in Destinations using Aggregative GPS Data. *ENTER*, s. 171–183.
- Shoval N., Isaacson M. 2006. Application of Tracking Technologies to the Study of Pedestrian Spatial Behavior. *The Professional Geographer*, 58: 172–183.
- Shoval N., Isaacson M. 2007. Tracking tourists in the digital age. *Annals of Tourism Research*, 34: 141–159.
- Szalai A. 1972. The use of time: Daily activities of urban and suburban populations in twelve countries. Mouton, The Hague–Paris.
- Tesoriero R., Gallud J., Lozano M., Penichet V. 2008. Using active and passive RFID technology to support indoor location-aware systems. *Consumer Electronics, IEEE Transactions*, 54: 578–583.

- Thornton P.R., Williams A.M., Shaw G. 1997. Revisiting time-space diaries: an exploratory case study of tourist behaviour in Cornwall, England. *Environment and Planning A*, 29: 1847–1867.
- Versichele M., Delafontaine M., Neutens T., van de Weghe N. 2010. Potential and Implications of Bluetooth Proximity-Based Tracking in Moving Object Research. 1st International Workshop on Movement Pattern Analysis (MPA) in Conjunction with the 6th International Conference on Geographic Information Science (GIScience), Zurich, Switzerland.
- Wolf J., Guensler R., Bachman W. 2001. Elimination of the travel diary: Experiment to derive trip purpose from global positioning system travel data. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1768: 125–134.
- Wolf J., Loechl M., Thompson M., Arce C. 2003. Trip rate analysis in GPS-enhanced personal travel surveys. *Transport Survey Quality and Innovation*, 28: 483–498.
- Xia J. (Cecilia), Arrowsmith C., Jackson M., Cartwright W. 2008. The wayfinding process relationships between decision-making and landmark utility. *Tourism Management*, 29: 445–457, doi: 10.1016/j.tourman.2007.05.010.
- Xia J. (Cecilia), Zeephongsekul P., Packer D. 2011. Spatial and temporal modelling of tourist movements using Semi-Markov processes. *Tourism Management*, 32: 844–851. doi:10.1016/j.tourman.2010.07.009.
- Zenk S.N., Schulz A.J., Matthews S.A., Odoms-Young A., Wilbur J., Wegrzyn L., Gibbs K., Braunschweig C., Stokes C. 2011. Activity space environment and dietary and physical activity behaviors: a pilot study. *Health & Place*, 17: 1150–1161.
- Zito R., d'Este G., Taylor M.A. 1995. Global positioning systems in the time domain: how useful a tool for intelligent vehicle-highway systems? *Transportation Research, Part C: Emerging Technologies*, 3: 193–209.

## **Global Sattelite Navigation Systems in the analysis of spatial behaviours of city users**

**Abstract:** Paper discuss methodical and ethical aspects of using satellite localisation systems in human spatial behaviour research. Real-life examples from EBEH project are given that show typical issues of analysing data from passive GPS receivers. Potential mistakes and failures are of this method are described as well as possible solutions. Author discuss possible future development of GNSS methods in human geography with the adoption of methodological triangulation.

**Key words:** GPS, satellite localisation, human spatial behaviour, city users