

Dostępność czasowa i jej zastosowania

Temporal accessibility and its applications

PRZEMYSŁAW ŚLESZYŃSKI

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. S. Leszczyckiego PAN
00-818 Warszawa, ul. Twarda 51/55; psleszyn@twarda.pan.pl

Zarys treści. W artykule przedstawiono próbę sformułowania terminologii oraz rozwinięcia metodologii badań dostępności czasowej w niektórych aspektach. Zaproponowano relacyjną definicję dostępności oraz przedstawiono metodykę analiz izochronowych, a następnie wskaźników z niej się wywodzących. Omówiono dotychczas stosowane wskaźniki dostępności czasowej oraz zaproponowano nowe, związane z porównaniem czasu przemieszczania się w warunkach idealnych (w linii prostej z jednakową maksymalną prędkością) w stosunku do czasu w warunkach rzeczywistych (krzywizna dróg i ograniczenia prędkości przemieszczania się). Wskaźniki zilustrowano przykładami zastosowań. Celem artykułu jest też zebranie różnego rodzaju rozwiązań metodycznych, stosowanych w ostatnich latach w Instytucie Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN w analizach i ocenie dostępności czasowej głównie do celów praktycznych.

Słowa kluczowe: dostępność przestrzenna, dostępność transportowa, dostępność czasowa, metody izochronowe, izochrona idealna, model prędkości ruchu, dostępność kumulatywna, sprawność, efektywność.

Wprowadzenie

W ostatniej dekadzie obserwuje się w Polsce wzmożone zainteresowanie tematyką dostępności przestrzennej. Jest tego kilka powiązanych ze sobą przyczyn. Po pierwsze, wraz ze wzrostem dochodów ludności i tendencji do ich rozwarstwiania się, przywiązuje się coraz większą wagę do jakości i warunków życia. Po drugie, wejście Polski do Unii Europejskiej skutkuje poważnymi przemianami struktur przestrzennych, w tym zmianami kierunku i natężenia różnego typu powiązań. Trzecim powodem jest dość gwałtowny, przynajmniej w porównaniu do wcześniejszych okresów, przyrost sieci drogowej o wysokich parametrach funkcjonalno-technicznych, skutkujący zmianami możliwości przemieszcza-

nia się osób i towarów. Po czwarte, następuje wzrost mobilności mieszkańców Polski, powodowany modernizacyjnymi przekształceniami społeczeństwa i gospodarki, ale także m.in. niedopasowaniem rynków pracy i miejsc zamieszkania, wymuszających dalekie nieraz dojazdy pracownicze. Po piąte, zmiany cywilizacyjne i wzrost zamożności społeczeństw skutkują powszechnym rozrostem motoryzacji. Wszystkie te przyczyny mają swój wyraźny wymiar przestrzenny, związany z dostępnością czasową. W efekcie staje się ona niejednokrotnie centralnym punktem analiz, a mierniki dostępności – główną metodą i narzędziem badawczym w coraz liczniejszych studiach dotyczących organizacji przestrzennej systemów społeczno-gospodarczych. Między innymi dostępność jest elementem agendy spójności terytorialnej Unii Europejskiej, a to znajduje odzwierciedlenie w polityce regionalnej różnych szczebli i stwarza popyt na analizy dostępnościowe.

Powszechność wykorzystania dostępności czasowej wynika z tego, że jest ona jednym z najprostszych sposobów identyfikacji dostępności przestrzennej. Jej podstawowe zalety – to uniwersalność i porównywalność, pozwalające na analizy w różnych systemach transportowych i skalach przestrzennych. Obserwuje się zatem coraz większą liczbę zastosowań, w których miernikiem jest czas dojazdu (lub szerzej: czas osiągalności jednego miejsca z innego) pomiędzy określonymi punktami w przestrzeni. Nie zawsze jednak stosowane rozwiązania są trafne lub jednoznaczne, co przysparza problemów w interpretacji i porównaniach w obrębie wyników uzyskanych nawet za pomocą podobnych metod. Z kolei brak ujednoczenia terminologicznego i różnorodne nazewnictwo utrudnia zrozumienie celów i prowadzi do eklektyzmu metodologicznego. Istnieje zatem wyraźna potrzeba uporządkowania tych zagadnień.

Główny cel artykułu jest metodyczny. Przedstawiono próbę sformułowania terminologii oraz rozwinięcia w niektórych aspektach metod dostępności czasowej. Zaproponowano własne definicje dostępności. Dalej przedstawiono metodykę analiz izochronowych, a następnie wskaźników z niej się wywodzących. Omówiono dotychczas stosowane wskaźniki dostępności czasowej i zaproponowano nowe, związane z porównaniem czasu przemieszczania się w warunkach idealnych (w linii prostej z jednakową maksymalną prędkością) w stosunku do czasu w warunkach rzeczywistych (krzywizna dróg i ograniczenia prędkości przemieszczania się). Wskaźniki zilustrowano przykładami zastosowań.

Celem artykułu jest też zebranie i przedstawienie różnego rodzaju rozwiązań metodycznych, stosowanych w ostatnich latach głównie w Instytucie Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN. Były one wykorzystywane w analizach i ocenie dostępności czasowej do celów praktycznych, w tym potrzeb związanych z lokalizacją obiektów i oceną rozwoju inwestycji transportowych w Polsce w ostatnich dekadach. Są one rozproszone w różnych miejscach i mało znane, a – wydaje się – warte upowszechnienia.

Definicje i terminologia dostępności

Dyskusja na temat rozumienia, przedmiotu badań i definicji dostępności ma długą historię, zarówno za granicą (podstawowe prace to m.in.: Hansen, 1959; Ingram, 1971; Vickerman, 1974; Morris i inni, 1979; Handy i Niemeier, 1997; Schürmann i inni, 1997; Bruinsma i Rietveld, 1998; Miller, 1999; Baradaran i Ramjerdi, 2001; van Wee i inni, 2001; Geurs i Ritsema van Eck, 2001; Geurs i van Wee, 2004, 2013; Guagliardo, 2004; El-Geneidy i inni, 2006, 2011; Curtis i Scheurer, 2010; Iacono i inni, 2010; Le Vine i inni, 2013; Litman, 2014), jak też w Polsce (Chojnicki, 1966; Domański, 1963; Taylor, 1979, 1997, 1999; Warakomska, 1992; Ratajczak, 1999; Komornicki i inni, 2010a). Nie sprzyja jej z pewnością potoczne i intuicyjne rozumienie tego słowa oraz dość powszechne użycie w kontekście innych, podobnych znaczeń, takich jak zwłaszcza możliwość, bliskość, powszechność, osiągalność, łatwość, a ponadto niezawodność i użyteczność oraz efektywność i sprawność. W efekcie mamy do czynienia z bardzo wieloma koncepcjami, modelami i podejściami metodycznymi badań dostępności, nawiązujących do różnych płaszczyzn i uwarunkowań dostępności (infrastrukturalnej, czasowej, przestrzennej, społecznej, ekonomicznej, kulturowej, itd.). Poniżej zaproponowano dedukcyjną próbę uregulowania terminologicznego zagadnień związanych z dostępnością, tj. uściślenia, ujednolicenia i systematyzacji pojęć.

Przyjmijmy, że dostępność w najogólniejszej definicji jest możliwością zajścia relacji pomiędzy co najmniej dwoma punktami (miejscami). Zgodnie z tą definicją, dostępność ma następujące atrybuty:

- 1) przestrzenny – ponieważ relacje mogą zachodzić pomiędzy co najmniej tymi dwoma punktami, czyli w przestrzeni (np. euklidesowej, geograficznej);
- 2) komunikacyjny – ponieważ relacje mogą zachodzić za pomocą nośników komunikacyjnych (np. transportowych);
- 3) czasowy – ponieważ relacje mogą zachodzić w danym czasie fizycznym (np. w określonej porze dnia, tygodnia, roku, itd.), jak też nawiązanie relacji w postaci np. przemieszczenia się zajmuje ileś czasu (liczbę minut, godzin, dni, itd.).

Dostępność ma zawsze charakter potencjalny, czyli możliwy do osiągnięcia, w sensie szansy lub prawdopodobieństwa. Wynika to z faktu, że relacja może zajść na danym obszarze za pomocą określonych środków transportu w określonym czasie. Spotykane nieraz w literaturze sformułowania takie jak „potencjalne możliwości skorzystania z funkcji” są pleonazmem.

Jeśli rozpatrywać systemy społeczno-gospodarcze, to dostępność dodatkowo ma atrybuty:

- 4) społeczno-kulturowy – gdyż podmiotem dostępności są jednostki i zbiorowości ludzkie;

- 5) ekonomiczny – ponieważ zajście relacji wymaga wysiłku, czyli użycia środków technicznych, finansowych itd.;
- 6) celu – gdyż wszelkie relacje w przestrzeni zachodzą wskutek związków przyczynowo-skutkowych, zarówno dyskrecjonalnych (ukrytych), jak i intencjonalnych. W systemach społeczno-gospodarczych nie istnieje poruszanie się „bez celu” i „bez powodu”, gdyż każde działanie z założenia ma swój cel i przyczynę (według klasycznej definicji weberowskiej, działania mogą wynikać z celu, wartości, nawyków oraz stanów uczuciowych).

Atrybut przestrzenny wyjaśnia, że istnieją co najmniej dwa elementy oddalone od siebie w przestrzeni społeczno-gospodarczej (absolutnej lub geodezyjnej), mogące być jednostronnie lub wzajemnie osiągalnymi, a więc mogące teoretycznie oddziaływać na siebie. Inaczej jest to założenie o elemencie źródłowym i docelowym dostępności, w szczególnym przypadku np. punktu źródła i końca podróży. Dostępność jest tutaj relacją zachodzącą lub mogącą zachodzić w przestrzeni, czyli że dostępność jest taką własnością przestrzeni, która umożliwia zachodzenie relacji. Jeśli relacja jest jednostronna, możemy mówić o kierunku dostępności, a jeśli wielostronna (wzajemna) – o gradiencie, związanym np. z kierunkiem i/lub natężeniem większości relacji. Jeśli relacje są wzajemne, wygodnie jest konstruować macierz relacji, dającą podstawy modelu potencjału (dostępność potencjałowa).

Atrybut komunikacyjny wskazuje, że istnieje określony nośnik tej relacji. W szczególnym przypadku jest to środek transportu, umożliwiający pokonanie odległości pomiędzy różnymi punktami (miejscami) w przestrzeni. Środki komunikacji zapewniają zatem nawiązywanie relacji. Dostępność komunikacyjna oznacza najczęściej dostępność wzajemną, gdyż obydwa punkty w przestrzeni są dla siebie osiągalne. Ponadto wielość rodzajów transportu daje podstawy do wyróżnienia dostępności multimodalnej (intermodalnej), w przeciwieństwie do dostępności jednododalnej (unimodalnej).

Atrybut czasowy określa, że przemieszczanie się w przestrzeni służące do nawiązania relacji wiąże się z pokonaniem różnego rodzaju przeszkód i barier. Są one zarówno fizyczne, jak też polityczne, społeczne i ekonomiczne oraz powodują, że potrzeba określonego czasu, aby relacja zaistniała. Może mieć to dwojakie znaczenie. Po pierwsze, relacja może zachodzić w określonym czasie rozumianym jako interwał (minuta, godzina, dzień, miesiąc itd.). Po drugie, relacja może wystąpić w określonym czasie w sensie pozostawania w zależności od innego nadrzędnego zjawiska lub procesu (np. autobus odjeżdża z przystanku o danej godzinie). Szczególnym atrybutem czasowym w tym drugim rozumieniu będzie zatem częstotliwość. Istnieje szereg możliwości powiązania „zwykłej” dostępności czasowej z częstotliwością, zaproponował to najpierw zwłaszcza J. Riedel (1911), a w Polsce np. A. Kukliński (1953), stosując przelicznik liczby kursów autobusowych w stosunku do faktycznego czasu przejazdu oraz P. Olszewski i inni (2013), znajdując do tego funkcję matematyczną.

Warto zwrócić uwagę, że wyrażona czasem dostępność, potrzebna na nawiązanie relacji pomiędzy dwoma punktami, różni się od dostępności wyrażonej odległością fizyczną (najczęściej euklidesową), ponieważ mają inne metryki pomiarowe. Odległość identyfikowana za pomocą czasu nie jest symetryczna, gdyż upływający czas jest nieodwracalny. Dostępną podobną zasadę można odnieść do odległości mierzonej kosztem (wysiłkiem), jako że raz poniesiony koszt nie ulega zwrotowi (choć podobnie jak czas, może mieć tę samą wartość). Jeszcze inna sytuacja występuje w przypadku informacji: jeżeli relacja jest jej jednostką, to jej nawiązanie powoduje przyrost informacji. Innymi słowy, 'wykorzystana' dostępność przyczynia się do wzrostu entropii.

Atrybut społeczno-kulturowy wiąże się z faktem, że dostępność dotyczy zbiorowości ludzkich i jest przez nie realizowana. Jest to bardziej złożone zagadnienie, związane z całokształtem uwarunkowań psychologicznych i stosunków społecznych w danej kulturze. Ludność bowiem zamieszkuje określone miejsca (stwarzając popyt na środki komunikacji, w tym usługi transportowe) oraz ma różnorodne potrzeby i cele związane z dostępnością, w zależności od swych cech biologiczno-zdrowotnych, społeczno-zawodowych, cywilizacyjno-kulturowych, itd. A zatem w jednakowych warunkach fizycznej dostępności, dostępność społeczna może być bardzo różna. Ten sam obiekt może być różnie dostępny z powodu różnic osiąganych dochodów, uprzedzeń kulturowych, czy też niewiedzy.

Powyższe przesłanki dały bodziec do powstania tzw. społecznej geografii transportu (Taylor, 1980). Z tych właśnie powodów odnotowuje się wzrost zainteresowania dostępnością, związany m.in. z niepełnosprawnością. W klasycznej postaci model dostępności przestrzennej formułuje M.J. Moseley (1979) pokazując, że jednostki ludzkie i zbiorowości społeczne chcą mieć dostęp (osiągalność) do różnego rodzaju działalności i funkcji, co muszą realizować poprzez środki komunikacji. Z kolei V. Kaufmann (2002), a w Polsce wcześniej Z. Taylor (1999) szczególną uwagę przykładają do mobilności i ruchliwości, mającej silny związek z dostępnością. V. Kaufmann i inni (2004) rozwijają pojęcie motylności (*motility*), będącej próbą związania potencjalnych i rzeczywistych zdolności towarów, informacji oraz osób do mobilności (ruchliwości) pod względem przestrzennym i społecznym, co jest identyfikowane przez trzy główne cechy: dostęp, umiejętności i odpowiedniość lub przeznaczenie (*appropriation*).

Powyższe społeczno-kulturowe uwarunkowania uprawniają do wyróżnienia kolejnego atrybutu dostępności – ekonomicznego. Wiąże się on z założeniem, że aby zaszła relacja, musi być wykonany pewien wysiłek, w sensie zarówno społecznym, jak i ekonomicznym. Praca ta wiąże się z pokonaniem przestrzeni lub innych przeszkód przy użyciu środków technicznych i można ją kwantyfikować m.in. pod względem finansowym. Wysiłek włożony w nawiązanie relacji może też mieć charakter przełamywania wspomnianych barier psychologicznych.

Atrybut celu wiąże dostępność z występowaniem różnorodnych przyczyn wpływających na to, że pomiędzy miejscami w przestrzeni i zbiorowościami ludzkimi

zachodzą relacje. Przyczyny te, jak zresztą szerzej związki przyczynowo-skutkowe, mogą mieć charakter działania zamierzonego (intencjonalnego i świadomego), ale mogą też wynikać z prawdopodobieństwa zajścia zdarzenia wskutek szczególnych cech różnych elementów w przestrzeni, np. liczby ludności i przedsiębiorstw. W tym drugim przypadku poszczególne osoby i przedsiębiorstwa nie muszą wiedzieć o sobie, ale ze względu na wielkość populacji i bliskość (w sensie odległości) istnieje możliwość stosunkowo częstszego zetknięcia się, niż gdyby populacje te były mniejsze i bardziej oddalone od siebie. Ma to w sumie charakter dyskrecjonalny, a daje się określić w postaci modelu grawitacyjnego i dostępności potencjalnej (Hansen, 1959). Z. Chojnicki (1966) zwraca uwagę, że użycie określenia „potencjał” implikuje potencjalny charakter tego typu dostępności, w sensie możliwości zajścia zdarzenia. W. Pomianowski (IGiPZ PAN) zaproponował, żeby na określenie tego typu dostępności używać słowa „potencjałowa” (terminu tego po raz pierwszy w opublikowanej pracy użył Rosik, 2012).

Współcześnie metody bazujące na analizie grawitacyjnej i modelu potencjału są najczęściej stosowane w badaniach dostępności. Jako miernik odległości bardzo często wykorzystywany jest czas. Zaletą takiego podejścia jest uogólniony – lub przy określonych założeniach syntetyczny – obraz dostępności. Ma to dużą użyteczność, jeśli potrzebne jest zbadanie większego obszaru, mającego wiele obiektów (punktów źródłowych i celów podróży). Poważną wadą jest tutaj jednak nadreprezentacja terenów położonych pośrodku badanego zbioru w stosunku do obrzeży, z racji uwarunkowanej topologicznie możliwości przechodzenia przezeń większej liczby relacji. Ta swoista nadreprezentacja jest możliwa do przewyciężenia, ale w zasadzie tylko poprzez subiektywne manipulowanie parametrami oporu przestrzeni, w związku z charakterem i zasięgiem oddziaływania relacji (ostatnio np. Sępniać i Rosik, 2014, Więckowski i inni, 2014).

Drugim problemem nierozwiązanym dotychczas w zadowalającym stopniu jest silny wpływ na wyniki wielkości jednostek, znany jako efekt MAUP (*Modifiable Areal Unit Problem*; Gehlke i Biel, 1934; Openshaw, 1983), który ze względu na znaczenie dla wyników jest często dyskutowany (ostatnio np. Sępniać i Rosik, 2014).

Trzecią kwestią jest uwzględnianie w całkowitej dostępności tzw. masy własnej (Rosik, 2009). Pojawiają się tu bowiem wątpliwości w sytuacji, gdy dostępność potencjałowa z założenia bazuje tylko na macierzowej sumie połączeń dla określonej, zwykle zgeneralizowanej liczby jednostek. Uwzględnienie masy własnej i ‘wewnętrznej’ dostępności zagregowanych już jednostek wprowadza jednak inny stopień dezagregacji przestrzennej. Argumentem za stosowaniem tego rozwiązania są sytuacje związane z dużą masą jednostki w stosunku do innych regionów przy braku możliwości dezagregacji.

Wymienione trzy główne przyczyny powodują, że metody potencjałowe dają różne, często nieporównywalne i trudne do jednoznacznej interpretacji wyniki. Utrudnia to wykorzystywanie tych metod w praktyce.

We wszystkich wymienionych atrybutach pojawia się relacja. Ma ona tutaj znaczenie nieredukowalne i oznacza odwzorowanie (odzwierciedlenie) oddziaływania pomiędzy elementami (miejscami) w przestrzeni. Niezbędnym warunkiem relacji jest wiedza o istnieniu lub możliwości osiągnięcia innego miejsca w stosunku do tego, w którym się jest lub coś jest. Przyjęcie relacji jako odzwierciedlenia dostępności implikuje niektóre inne cechy, takie jak heterogeniczność przestrzeni i celowość ruchu (przemieszczania się) w jej obrębie. A. Pred (1967-1969) proponuje, żeby wiedzę o możliwości zajścia relacji i dokonywane w związku z tym decyzje zapisywać za pomocą macierzy decyzyjnej (propozycja ta w oryginale dotyczyła zachowań przedsiębiorstw, ale można ją przenieść na grunt dostępności). Dostępność jest zatem podmiotowa.

Przedstawianie czasu na mapach

I.R. Vasilyev (1997) formułuje pięć podstawowych kategorii przedstawiania zagadnień czasu na mapach: (1) chwilowych, np. dat konkretnych zdarzeń lub stanu na dany moment; (2) czasu trwania, np. występowania jakiegoś zjawiska; (3) struktury czasowej, np. stref czasowych; (4) dystansu czasowego (czasu jako miary odległości), a więc np. klasycznych izochron; (5) natężenia jakiegoś zjawiska w czasie, np. prędkości ruchu, opadów w jednostce czasu. Przy tym przedstawianie zagadnień związanych z czasem na mapach datuje się tak dawno, jak rozwija się kartografia astronomiczna. Jeszcze w starożytności powstawały reprezentacje ciał niebieskich i ich pozycji w czasie. W roku 1644 flamandzki astronom M. Florent van Langren przedstawił prawdopodobnie pierwsze zobrazowanie odległości, polegające na graficznym, zgeneralizowanym na mapie wyrażeniu w jednostkach długości geograficznej (stopniach) drogi z Toledo do Rzymu (Tufte, 1997). Według W. Toblera (1993), pojęcia izochrona w nieco odmiennym znaczeniu od współczesnego używali prawdopodobnie już Snellius i Bernoulli (XVII-XVIII w.). W XIX wieku wraz z rozwojem handlu pojawia się wiele map, na których tekstem oznaczane są czasy przejazdu pomiędzy miejscowościami (Aagesen, 1943).

Jako pierwszego autora, który wyznaczył typowe izochrony, czyli linie jednakowej odległości czasowej, wymienia się Sir Francisca Galtona. W 1881 r. na łamach *Proceedings of the Royal Geographical Society* przedstawił on mapę świata, na której wyrysował obszary o jednakowym czasie dotarcia z Londynu (w przedziałach poniżej 10-20-30-40 i więcej dni podróży). Niektóre źródła podają, że metoda była opracowana przez tego autora jeszcze wcześniej, na podstawie jego podróży morskich i publikowana na łamach prasy codziennej (Volvey i inni, 2005).

Podstawy teoretyczno-metodyczne konstrukcji izochron dał W. Schjerning (1903) w pracy *Studien über Isochronenkarten*. Wyrysowano tam linie równej odległości czasowej z pruskiej prowincji Brandenburgia w latach 1819-1899.

Metodykę następnie rozwinął J. Riedel (1911), wprowadzając pojęcie izochrony właściwej, uwzględniającej także częstotliwość kursowania środka transportu (W. Warakomska, 1993, nazywa je zmodyfikowanymi). Pierwsze mapy izochronowe zawierają m.in. prace autorów francuskich (Bonnier, 1919; Brunhes i Vallaux, 1921), natomiast pionierskie studia z zakresu dostępności czasowej powstały w Stanach Zjednoczonych i dotyczyły badań nad dostępnością szkół wiejskich (Blankenship, 1927). Szczególnie szybki postęp badań nad dostępnością czasową notuje się po II wojnie światowej. Było to stymulowane powstaniem i rozwojem koncepcji lokalizacyjnych, zwłaszcza W. Christallera i A. Lösch, wobec których odległość czasowa do miejsc odgrywała kluczową rolę w „zakrzywianiu” przestrzeni oraz powstawaniu efektu anamorficznego w dostępności przestrzennej.

W Polsce pierwsze prace dotyczące dostępności czasowej, wraz z wyznaczeniem izochron, pojawiły się dość wcześnie, bo jeszcze w okresie międzywojennym (Kubijowicz, 1923; Rewieńska, 1929; Smoleński, 1932; Rowicki, 1934; Wąsowicz, 1934 i inne). Pionierskie prace przedwojenne odegrały dużą rolę w zrozumieniu roli dostępności przestrzennej w kształtowaniu się nowej struktury społeczno-gospodarczej Polski. Mapy izochronowe pokazywały bowiem istotne różnice w dostępności obszarów kraju, wynikające z odmiennych uwarunkowań zagospodarowania przestrzennego pod wpływem różnych tradycji i polityki transportowej państw zaborczych.

Po II wojnie światowej badania odległości czasowej w skali całego kraju były prowadzone m.in. przez Z. Baję (1948), T. Lijewskiego (1962), A. Gawryszewskiego i S. Pietkiewicza (1966), E. Bidermana (1967), Cz. Ziembową (1969), W. Maciejewskiego (1973), W. Kaczmarka (1978), B. Stryjek i K. Warakomską (1982) oraz W. Sobczyk (1985). Rozwój badań tego typu był stymulowany potrzebami zagospodarowania przestrzennego i wiązał się szczególnie z pojawieniem się intensywnych dojazdów do pracy, wynikających z przyspieszonej industrializacji i urbanizacji kraju. Dostępność czasowa stała się jedną z podstawowych przesłanek rozwoju regionalnego i kształtowania się społeczno-ekonomicznej struktury przestrzennej Polski.

Po 1989 r. tematyka dostępności czasowej była rzadziej obecna, ale powstały dwie większe prace teoretyczno-empiryczne, wiążące dostępność przestrzenną z regułami topologicznymi (Ratajczak 1999) oraz oddziaływaniem społeczno-ekonomicznym i ruchliwością społeczną (Taylor, 1999). Przyrost liczby prac notuje się w Polsce od pierwszej dekady obecnego stulecia (Guzik, 2003), co ma niewątpliwie związek z rozwojem komputerowych technik wyznaczania czasu dojazdu (przemieszczania się) i izochron. W ostatnim okresie publikuje się coraz więcej prac, które powstają na potrzeby praktyki i obrazują wkład geografów w optymalizację zagospodarowania przestrzennego kraju, regionów i miast (Komornicki i Śleszyński, 2009; Gadziński, 2010; Komornicki i inni, 2010a, 2010b; Domański i Noworól, 2010; Guzik, 2012; Rosik, 2012). Przy okazji prac nad *Koncepcją*

Przestrzennego Zagospodarowania Kraju do 2030 roku wykonano dotychczas największe badanie dostępności czasowej za pomocą metody izochronowej do ośrodków różnego typu w skali całego kraju (Komornicki i inni, 2008).

W krajach rozwiniętych wykorzystanie metod izochronowych jest powszechne, przy czym dość wcześnie dostrzeżono ich przydatność z punktu widzenia analizy i oceny wskaźników społecznych (Wachs i Kumagai, 1973; Vickerman, 1974). Dzięki rozwojowi systemów informacji geograficznej analizy te są możliwe do wykonania w bardzo szczegółowej skali nie tylko dla małych regionów, ale także dla całego świata (Nelson, 2008).

Wyznaczenie czasu dostępności

Czas przejazdu między dwoma punktami w geodezyjnej przestrzeni geograficznej jest uwarunkowany wieloma czynnikami, wynikającymi zarówno z cech tej przestrzeni, jak również środka transportu i użytkownika sieci transportowej. Konieczne jest tutaj przyjmowanie wielu uproszczeń, z których najważniejsze – to dążenie człowieka do minimalizacji czasu przejazdu między źródłem a celem podróży. R. Domański (1980) stwierdza, że jest to jedną z naczelných zasad efektywności ekonomicznej systemów społeczno-gospodarczych.

Wyznaczenie czasu potrzebnego na osiągnięcie dwóch punktów w przestrzeni musi opierać się albo na pomiarze rzeczywistego czasu przemieszczania się, albo na przyjęciu określonego modelu prędkości ruchu. Modele te bazują na różnych przesłankach, mniej lub bardziej arbitralnych. Najprostsze jest przyjęcie umownych prędkości poruszania się w różnych warunkach, np. drogami kołowymi dla samochodów. Mieszany charakter ma często czas wynikający z rozkładu jazdy w transporcie publicznym. Jest on bowiem funkcją zakładanej prędkości poruszania się, na ogół weryfikowanej faktycznymi warunkami ruchu na podstawie wcześniejszych obserwacji, zwłaszcza w miejskim transporcie autobusowym. Jeżeli możliwe jest obliczenie czasu pomiędzy dwoma punktami, to przy znanej odległości fizycznej daje się też obliczyć średnią prędkość ruchu.

Ponieważ istnieje wiele sposobów przemieszczania się, możliwe jest też sformułowanie podobnej liczby założeń do modeli prędkości ruchu. Nawiązują one wprost do rodzajów transportu (kolejowego, drogowego, powietrznego, wodnego itd.) oraz środków technicznych umożliwiających poruszanie się (samochód osobowy, samochód ciężarowy, samolot, rower itd.). W związku z powszechnym rozwojem motoryzacji najwięcej uwagi poświęca się modelom opartym na poruszaniu się samochodem osobowym (Homburger i inni, 1992; Roess i inni, 2010), ale w literaturze spotyka się również tak egzotyczne środki transportu, jak *canoe* (di Piazza, 2014); to studium umożliwiło delimitację prehistorycznych zasięgów oddziaływania plemion polinezyjskich.

W przypadku samochodu indywidualnego, prędkość ruchu jest wypadkową wielu zmiennych, począwszy od właściwości technicznych pojazdu i czynników

drogowych, związanych z przepustowością, stanem technicznym i warunkami meteorologicznymi, a kończąc na przepisach kodeksu drogowego i cechach psychologicznych oraz psychomotorycznych kierowcy. Modelowanie prędkości ruchu samochodowego tak, aby był najbardziej zgodny z rzeczywistością, należy zatem do najtrudniejszych zagadnień inżynierii drogowej.

Najprostszym modelem prędkości ruchu jest przyjęcie „sztywnych” wartości poruszania się dla różnych kategorii dróg. Taki sposób kwantyfikacji był powszechny w pracach jeszcze kilka dekad temu, kiedy problemy z zatłoczeniem na drogach należały do rzadkości. W studium M. Rowickiego (1934) przyjęto maksymalne prędkości „kodeksowe”, jakie były stosowane w ruchu drogowym (np. 40 km h^{-1} dla sieci autobusowej). W pracy A. Gawryszewskiego i S. Pietkiewicza (1966) przyjęto dla poruszania się pieszego 5 km h^{-1} na drogach, 4 km h^{-1} na bezdrożach oraz 3 km h^{-1} w terenach górskich. Współcześnie w modelach tego typu prędkość poruszania się najczęściej uzależnia się od kategorii funkcjonalnej drogi i natężenia ruchu (Gaca i inni, 2008; Rosik i Śleszyński, 2009). Daje to porównywalne wyniki istotne z punktu widzenia zwłaszcza modelowania i prognozowania ruchu, ale często nie wystarcza w przypadku bardziej złożonych symulacji.

Modele prędkości ruchu bywają złożone, nawet kiedy dotyczą poruszania się pieszego. Wiąże się to zwłaszcza z terenami zurbanizowanymi, na których trasa musi biec zgodnie z położeniem chodników i miejscami dozwolonego przekraczania ulic. Z tego powodu przyjmuje się współczynniki wydłużenia trasy, które na podstawie pomiarów oscylują w granicach 120-150% w stosunku do odległości w linii prostej (Olszewski, 2008). Prędkość marszu spada też na obszarach niezabudowanych, z powodu nie tylko naturalnych barier (wody, lasy, itp.), lecz także nachylenia terenu. W. Tobler (1993) proponuje dla wędrówek górskich współczynnik spadku tej prędkości, zmieniający się wykładniczo w stosunku do nachylenia terenu – na przykład przy nachyleniu 30° prędkość ta wynosi 1 km h^{-1} (przy ruchu pod górę).

Spośród metod cechujących się generalizacją elementów przestrzennych wpływających na ruch pojazdów, warto jeszcze wymienić metody bazujące na użytkowaniu ziemi (Wegener, 2004; Hunt i inni, 2005; Hackney i inni, 2007). Dotyczą one jednak w większym stopniu oszacowania natężenia ruchu i nie odpowiadają wprost na pytanie, jaka może być jego prędkość na danym odcinku, zwłaszcza w bardziej szczegółowej skali. Wynika to z tego, że żadna z tych metod nie uwzględnia wielu czynników lokalnych, związanych zwłaszcza z krzywizną dróg na obszarach o zróżnicowanej rzeźbie terenu oraz ograniczeń prędkości w rozproszonym osadnictwie wiejskim.

Z tego powodu w modelowaniu prędkości ruchu zaproponowano wykorzystanie danych morfometrycznych z trójwymiarowych modeli terenu, granic zabudowy z bazy Corine Land Cover i szczegółowego rozmieszczenia ludności (Śleszyński, 2009), dopiero na to nakładając natężenie ruchu (Rosik i Śleszyński, 2009). Ponieważ porównywalne dane o natężeniu ruchu są dostępne w Polsce

tylko w odniesieniu do dróg krajowych i wojewódzkich w przekrojach pięcioletnich, alternatywne dla nich może być wykorzystanie danych o liczbie ludności zamieszkałej w promieniu drogi.

Z uwagi na zmienność warunków ruchu, modele prędkości ruchu są coraz bardziej złożone i wymagają uwzględnienia coraz większej liczby czynników, zwłaszcza na obszarach miejskich. Ze względu na powszechną i trudną do przewidzenia kongestię, nie zawsze daje to jednak zadowalające rezultaty. Dlatego coraz większą wagę przykłada się do wykorzystania rzeczywistych danych o prędkości. Jeszcze do niedawna zastosowanie tego typu rozwiązań w masowej skali nie było możliwe, ze względu na brak odpowiednich narzędzi pomiarowych. Od kilku lat istnieją jednak rozwiązania, opierające się na zbieraniu danych z urządzeń lokalizacyjnych opartych na GPS (Global Positioning System) oraz alternatywnie sygnałów wysyłanych do stacji bazowych przez telefony komórkowe (Rose, 2006; Bar-Gera, 2007; Shen i inni, 2010; Steenbruggen i inni, 2013). Na ich podstawie są opracowywane i upowszechniane modele ruchu, które pozwalają na ich efektywne wykorzystanie w analizach ruchu drogowego. Stosowane są też metody pośrednie, bazujące na oszacowaniu brakujących prędkości dla danych odcinków na podstawie znanych pomiarów w innych miejscach (Liu i inni, 2012).

Pod względem atrybutu czasu, można wskazać trzy grupy wskaźników dostępności, wyróżniane na podstawie:

- a) częstotliwości środka transportu – w przypadku transportu publicznego jest to określona liczba kursów w jednostce czasu, natomiast w transporcie indywidualnym jest to w zasadzie częstotliwość permanentna (inaczej dostęp ciągły); pochodną tego wskaźnika może być poziom motoryzacji;
- b) dostępności czasowej do środka transportu, np. izochrony dojścia pieszego do przystanku, dojazdu do stacji kolejowej, portu lotniczego, itd.; na tej podstawie możliwa jest konstrukcja izochron monocentrycznych (z jednego punktu), a także policentrycznych (z wielu punktów) – ta druga metoda pozwala na podział przestrzeni na obszary jednakowych odległości czasowych lub oddziaływań;
- c) dostępności czasowej przemieszczania się środkami transportu, np. dojazdu koleją lub samochodem do miejsca pracy, inaczej długości podróży i jej pochodnej, tj. prędkości przemieszczania się.

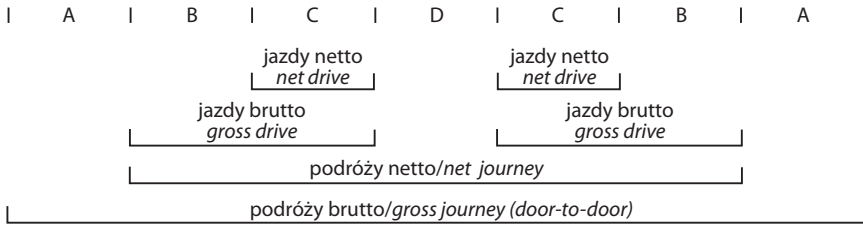
Zarówno w przypadku podróży, jak i wynikającej z niej prędkości ruchu, należy uwzględnić najbardziej istotne zróżnicowanie, mianowicie, czy pomiary dotyczą ilości czasu potrzebnego na samo poruszanie się, czy też na całą podróż. Ma to znaczenie przede wszystkim z punktu widzenia transportu publicznego, w którym istotne są przesiadki i częstotliwość kursowania. U. Erlandsson (1982), a w Polsce R. Guzik (2003) proponują, aby odległość wyrażaną czasem odnosić do konkretnych momentów czasowych (np. dostępność do szkół podstawowych autobusem szkolnym na godzinę 8:00).

W niektórych pracach czas potrzebny na przemieszczenie się transportem publicznym jest też wydłużany o pewien współczynnik, mający rekompensować niską częstotliwość kursowania (Kukliński, 1953). K. Warakomska (1993) powstałe przy takich założeniach izochrony nazywa zmodyfikowanymi. Do samej jazdy dodaje się czas dotarcia, np. pieszego do przystanku. W. Kaczmarek (1978) wyróżnia w transporcie publicznym trzy kategorie, składające się na czas podróży: czas dojścia do pośredniego punktu komunikacyjnego (stacji lub przystanku), czas oczekiwania na połączenie oraz czas przejazdu. W transporcie indywidualnym czasy dojścia i oczekiwania nie mają oczywiście takiego znaczenia, jednak i w tym przypadku długość podróży nie zależy wyłącznie od czasu jazdy. Przy długich trasach zachodzi bowiem potrzeba nie tylko postojów w celu odpoczynku, posiłków itd., ale również muszą być uwzględnione ograniczenia wynikające z warunków drogowych. Jest to bardziej złożony problem, któremu są poświęcane studia z zakresu typowej inżynierii ruchu (Gaca i inni, 2008).

Biorąc pod uwagę powyższe uwarunkowania, można wymienić następujące kategorie czasu dostępności, mające wpływ na pomiar odległości czasowej w indywidualnym transporcie samochodowym:

- a) czas podróży brutto – całkowity czas potrzebny na pokonanie odległości pomiędzy dwoma punktami „od drzwi do drzwi” (*door-to-door*);
- b) czas podróży netto –wynikający z podróżowania pomiędzy wsiadaniem i wysiadaniem ze środka transportu;
- c) czas jazdy brutto –potrzebny na pokonanie odległości pomiędzy dwoma punktami, bez zjazdów z drogi (np. na odpoczynek i posiłki);
- d) czas jazdy netto –na pokonanie odległości pomiędzy dwoma punktami bez zatrzymań i postojów (np. wynikających z organizacji ruchu, np. sygnalizacji świetlnej, przeszkód, zatłoczenia itp.); jest to inaczej czas pojazdu w ruchu (ryc. 1).

Istnieje też bogata metodyka wyznaczania czasu i różnego rodzaju relacji czasowych w podejściu geografii czasu sformułowanym przez T. Hägerstranda (1975) i jego współpracowników (Lenntorp, 1976; Carlstein i inni, 1978; Carlstein, 1982), nie omawianym szerzej w tym artykule. Zagadnienia te, początkowo rozwijane przez geografów, współcześnie są często badane przez socjologów i psychologów społecznych (dość szerokim echem odbiła się popularyzacyjna książka Roberta Levine’a, 1997, przetłumaczona na 7 języków). Przeglądy oraz propozycje metod i narzędzi pomiaru, nawiązujących zwłaszcza do budżetów czasu zawierają m.in. prace: M. Ben-Akiwa i S.R. Lerman (1979), H.J. Miller (1999), H.J. Miller i Y.-H. Wu (2000) oraz H.-M. Kim i M.-P. Kwan (2003).



Ryc. 1. Kategorie czasu dostępności środkiem transportu

Oznaczenia odcinków podróży i jazdy oraz miejsc postoju:

- A – przemieszczenie się z miejsca pobytu do środka transportu (początek podróży) oraz odwrotnie (koniec podróży);
- B – przebywanie w środku transportu (prędkość jazdy = 0);
- C – efektywna jazda środkiem transportu (prędkość ruchu >0);
- D – postój poza środkiem transportu przed osiągnięciem celu podróży (odpoczynek, nocleg, przesiadka, itp.).

Categories of temporal accessibility by different means of transport

Denoting sections of journey and drive, as well as stopovers:

- A – transfer from abode to means of transport (beginning of journey) and *vice versa* (end of journey);
- B – time spent in means of transport (drive velocity = 0);
- C – effective drive by means of transport (drive velocity >0);
- D – stopover beyond the means of transport before destination reached (rest, lay-by, overnight stop, transfer, etc.).

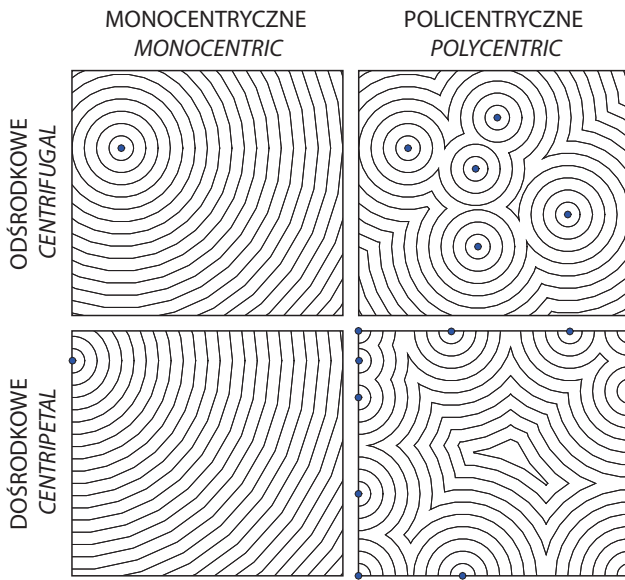
Opracowanie własne / Author's own elaboration

Konstrukcja izochron

Są dwa sposoby konstrukcji izochron, oparte na interpolacji, ale wychodzące z nieco odmiennych założeń. Pierwszy z nich polega na krokowym (kroczącym) odliczaniu kolejnych, sąsiadujących ze sobą odcinków na mapie od danego punktu w kierunku odśrodkowym zgodnie ze skalą mapy i przyjętą prędkością poruszania się. Ścisłejsze techniczne metody takiego wyznaczania izochron powstały wraz z rozwojem kartografii, zwłaszcza wojskowej. Sama zasada wytyczania izochron jest zatem stosunkowo prosta, ale ponieważ polega na żmudnym, ręcznym obliczaniu odległości wzdłuż tras przemieszczeń według założonej prędkości, przed pojawieniem się technik komputerowych mapy izochronowe należały do rzadkości. Jak wspomniano wcześniej, pierwsze sformalizowane podstawy wyrysowania w ten sposób izochron dał W. Schjering (1903), a następnie rozwinął je J. Riedel (1911), uwzględniając m.in. czas oczekiwania na przystankach, w tym przypadku kolejowych. Metody te w Polsce szczegółowo omówił Z. Bąja (1948), a następnie W. Pietrusiewicz (1996).

Drugi sposób wyznaczenia izochron wymaga zebrania z punktów pomiarowych informacji o czasie podróży pomiędzy tymi punktami a docelowym miejscem podróży. Siatka punktów musi być odpowiednio gęsta, aby umożliwiała wyrysowanie izolinii według jednej z metod interpolacji (triangulacji TIN, ważonych odwrotności odległością IDW, trendu powierzchniowego/naturalnego sąsiedztwa, *kriging* i inne). E. Bielecka i A. Filipczak (2012) konstruują w ten sposób izochrony dojazdu do warszawskiej Wojskowej Akademii Medycznej na podstawie 240 punktów pomiarowych.

Wyznaczenie linii jednakowej odległości czasowej może być prowadzone z jednego punktu, albo od ich zbioru. Za pomocą pierwszego z rozwiązań analitycznych można otrzymać izochrony monocentryczne, drugiego – policentryczne. Jeszcze inny sposób klasyfikacji mógłby uwzględniać kierunek wyznaczania – na zewnątrz lub do wewnątrz analizowanego obszaru, tj. odśrodkowo lub dośrodkowo (ryc. 2). Ponadto w szczególnym przypadku można wyznaczyć izochrony jako linie składające się z nieskończenie wielu punktów.



Ryc. 2. Typologia izochron ze względu na liczbę punktów źródłowych i kierunek dostępności czasowej

Typology of isochrones in reference to numbers of points of origins and direction of temporal accessibility

Opracowanie własne / Author's own elaboration

Z praktycznego punktu widzenia problem szczegółowego wyznaczenia izochron stanowił niegdyś istotne wyzwanie techniczne, ze względu na dużą pracochłonność. Współcześnie wyznaczanie czasu dojazdu i izochron ułatwiło wprowadzenie technik komputerowych, w tym zwłaszcza systemów informacji geograficznej. Obecnie jest dosyć duży wybór oprogramowania, zarówno w postaci odrębnych, specjalistycznych pakietów, jak też dodatkowych uzupełnień bądź funkcji w istniejących, kompleksowych rozwiązaniach informatycznych. Największą popularnością cieszą się (2014 r.): ArcInfo z modułem Network Analyst (ESRI), TransCad (Caliper Corporation), MapInfo DriveTime (Pitney Bowes). Istniejące funkcje pozwalają m.in. automatycznie wyznaczać ekwidystanty, izochrony, izochory, izodapany itd., według ustalonych założeń. Programy te oferują co najmniej kilka metod interpolacji, wraz z możliwościami ustalania ich parametrów (np. wielkości komórki w metodach trendu powierzchniowego).

Wyznaczenie izochron za pomocą technik komputerowych jest możliwe pod warunkiem posiadania odpowiednich podkładów topograficznych, zawierających cyfrowy przebieg dróg. Do niedawna szczegółowe analizy były tutaj bardzo ograniczone. W Polsce pierwsze komputerowe analizy izochronowe bazujące na dużych zbiorach odcinków dróg (powyżej 100 tys.), a zatem z dokładnością w skali 1:100 000 dla całego kraju, były wykonywane w Instytucie Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN z użyciem oprogramowania TransCad (Komornicki i inni, 2008; Komornicki i Śleszyński, 2009) oraz z wykorzystaniem własnego, oryginalnego modelu prędkości ruchu (Śleszyński, 2009).

Izochrona idealna

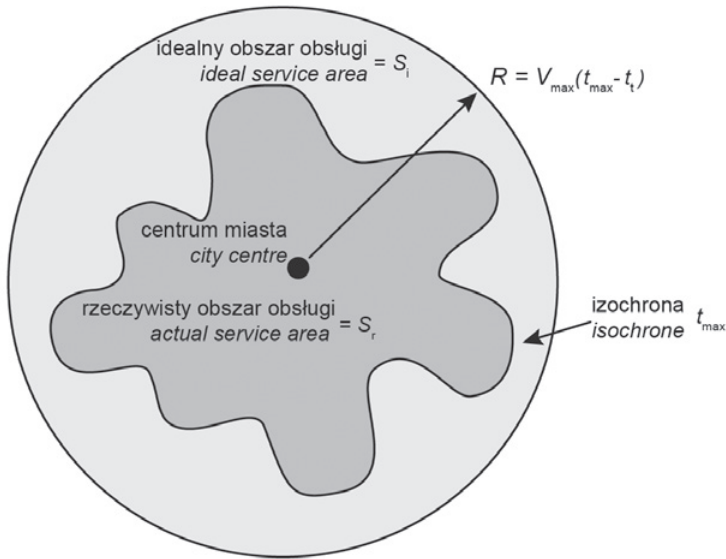
W klasycznych teoriach lokalizacyjnych (von Thünen, Weber, Lösch) zakładano, że transport odbywa się z pominięciem różnego rodzaju barier i przeszkód, a tym samym oddziaływania są idealne i wydzielane strefy mogą mieć kształt kolisty (koncentryczny). Opór heterogenicznej przestrzeni w praktyce 'zakrzywia' te proporcje, przez co dostępność czasowa w różnych miejscach również nie jest jednorodna. Jeszcze w XIX w. E. Launhardt (1887) zaproponował, że gdyby wysiłek użyty na pokonanie rzeczywistej trasy przeznaczyć na jej pokonanie, ale w linii prostej, wówczas tę nową, dłuższą odległość można by nazwać wirtualną.

Powyższe założenia można przenieść na grunt dostępności czasowej i konstrukcji izochron. Można wyobrazić sobie sytuację, w której z danego punktu możliwe jest poruszanie się we wszystkich kierunkach bez przeszkód z jednostajną, niezakłóconą prędkością. Wówczas kolejne izochrony będą obwodami kół, których środek będzie początkiem trasy, a promienie – jednostkami czasu potrzebnej na jej pokonanie.

P. Olszewski (2007), analizując ruch pieszy, zestawia obok siebie, na tych samych podkładach kartograficznych, dwie sytuacje: kiedy poruszanie się pieszego jest niezakłócone (wówczas izochrony mają kształt kolisty) oraz gdy napo-

tyka on różne przeszkody i musi poruszać się po łamanej (odległość tę nazywa ekwiwalentną). Następnie P. Olszewski i inni (2014) proponują, by taką kolistą (promienistą) izochronę, reprezentującą obszar obsługi danego ośrodka nazwać „idealną”. Przyjmują oni następujące założenia:

- 1) aby wyznaczyć obszar obsługi ośrodka (np. miasto powiatowe, wojewódzkie) należy założyć pewien maksymalny czas podróży (t_{\max}) do centrum obszaru (na przykład 60 min). Wówczas rzeczywisty obszar obsługi (S_r) wyznacza izochrona t_{\max} , której zasięg jest wyznaczony na podstawie rzeczywistej prędkości transportem w różnych kierunkach; prędkość ta jest na ogół zróżnicowana i przebiega w linii łamanej, powodując zakrzywienia izochrony;
- 2) idealny obszar obsługi (S_i) w warunkach doskonałej, prostoliniowej dostępności o jednostajnej prędkości wyznacza izochrona o kształcie okręgu o promieniu: $R = V_{\max}(t_{\max} - t_i)$. Ilustrację graficzną powyższych ustaleń przedstawiono na rycinie 3.



Ryc. 3. Idealny i rzeczywisty obszar obsługi w obrębie izochrony t_{\max}

Według: Olszewski i inni (2014).

Ideal and actual service area within t_{\max} isochrone

After: Olszewski *et al.* (2014).

Następnie do oceny poziomu obsługi transportowej na danym obszarze proponuje się syntetyczny wskaźnik pod nazwą stopień dostępności czasowej do centrum obszaru (w skrócie stopień dostępności; L_d). Jest to miara względna, pokazująca stosunek liczby mieszkańców znajdujących się w rzeczywistym obszarze

obsługi M_r do liczby mieszkańców znajdujących się w idealnym obszarze obsługi M_i . Wskaźnik ten oznacza udział ludności obsługanej w pewnym standardzie (czas podróży $< t_{\max}$) w stosunku do ludności, która potencjalnie mogłaby być tak obsługana, gdyby były warunki do swobodnego poruszania się w linii prostej do centrum układu z ustaloną prędkością ruchu. Stopień dostępności L_d wyraża się więc wzorem:

$$L_d = \frac{M_r}{M_i} 100$$

gdzie:

M_r – liczba mieszkańców znajdujących się (zamieszkała) w izochronie rzeczywistego czasu obsługi;

M_i – liczba mieszkańców znajdujących się (zamieszkała) w izochronie idealnego czasu obsługi o promieniu: $R = V_{\max}(t_{\max} - t_i)$.

Możliwa jest też alternatywna definicja wskaźnika dostępności, oparta na powierzchni obszaru zamkniętego izochronami:

$$L_a = \frac{S_r}{S_i} 100$$

gdzie:

S_r – obszar zamknięty w izochronie rzeczywistego czasu obsługi;

S_i – obszar zamknięty w izochronie idealnego czasu obsługi o promieniu:

$$R = V_{\max}(t_{\max} - t_i).$$

Konstrukcja izochrony idealnej ma sens nie dla wszystkich rodzajów transportu, gdyż nie wszystkie obszary przestrzeni geodezyjnej są lub mogą być dla nich jednakowo dostępne. W szczególności dotyczy to transportu publicznego, który z natury nie może obejmować całej przestrzeni. Proponowane rozwiązanie natomiast dobrze nadaje się dla transportu indywidualnego, gdyż współcześnie istnieje stosunkowo gęsta sieć dróg lub możliwości niemal nieograniczonego ich zbudowania. W praktyce jednak i tutaj występują obiektywne zakłócenia, związane z rozmieszczeniem naturalnych przeszkód terenowych, takich jak wody, silnie góryste tereny itd.

Praktyczną interpretację izochrony idealnej przeprowadzono dla Warszawy podczas prac w projekcie „Trendy Rozwojowe Mazowsza” (Śleszyński, 2012). Poglądowy rysunek przedstawiający zasięg izochrony idealnej 60 minut (w wariantach 45 km h⁻¹, 60 km h⁻¹ i 90 km h⁻¹) oraz odpowiadającej jej izochrony rzeczywistej w warunkach umiarkowanej kongestii przedstawiono na rycinie 4. Podstawowe wskaźniki ilościowe, obrazujące wyróżnione izochrony, zawiera tabela 1. Z kolei graficzną interpretację wskaźnika dla miast wojewódzkich przedstawiono na rycinie 5.

Tabela 1. Charakterystyki ilościowe, związane ze wskaźnikiem stopnia dostępności czasowej do centrum obszaru obsługi w Warszawie w 2010 r.

Quantitative characterisation related to the indicator of temporal accessibility to the central service area of Warsaw, 2010

Izochrona <i>Isochrone</i>	Wartości bezwzględne <i>Absolute values</i>		Udział rzeczywistej izochrony samochodowej w idealnej <i>Share of actual isochrone in ideal isochrone</i> (%)	
	powierzchnia (km ²) <i>area</i> (sq. km)	liczba mieszkańców (tys.) <i>number of</i> <i>inhabitants</i> (‘000)	w powierzchni <i>in terms</i> <i>of area</i>	w liczbie mieszkańców <i>in terms of</i> <i>number of</i> <i>inhabitants</i>
Idealna 60’ 90 km h ⁻¹	25 446	4 417	14,6	59,1
Idealna 60’ 60 km h ⁻¹	11 309	3 311	32,9	78,8
Idealna 60’ 45 km h ⁻¹	6 362	2 974	58,5	87,8
Rzeczywista samochodowa 60’	3 723	2 610	–	–

Źródło: Śleszyński (2012, rozszerzone w: Olszewski i inni, 2014).

Source: Śleszyński (2012, extended in: Olszewski *et al.*, 2014).

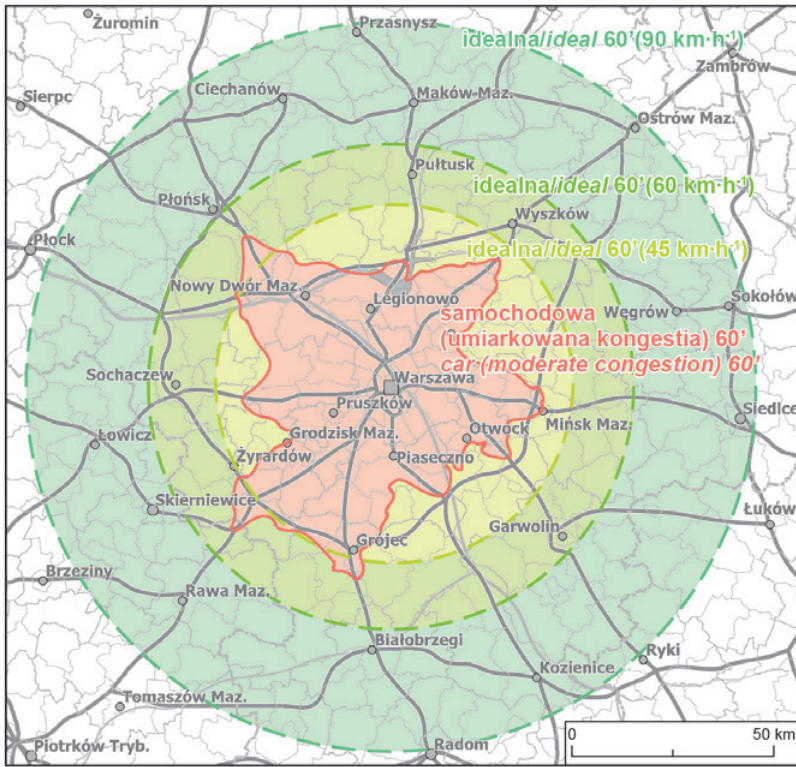
Uzyskane na podstawie analizy syntetyczne (sumaryczne) dane dla 18 miast wojewódzkich i prędkości są następujące. Powierzchnia izochrony rzeczywistej (wyznaczonej na podstawie modelu prędkości ruchu bez kongestii) wynosi 152,8 tys. km², a w jej obrębie znalazło się 25,3 mln mieszkańców kraju. Analogiczne wartości dla izochrony idealnej wynoszą:

- przy założeniu poruszania się z prędkością 60 km h⁻¹ – 184,3 tys. km² i 27,4 mln osób,
- przy założeniu poruszania się z prędkością 90 km h⁻¹ – 319,3 tys. km² i 15,8 mln osób.

Oznacza to, że udział izochrony rzeczywistej w idealnej wynosi odpowiednio:

- przy założeniu poruszania się z prędkością 60 km h⁻¹ – 83,0% dla powierzchni i 92,1% dla ludności,
- przy założeniu poruszania się z prędkością 90 km h⁻¹ – 47,9% dla powierzchni i 70,5% dla ludności.

Jeśli zakładać, że przyjęta prędkość poruszania się 60 km lub 90 km h⁻¹ w kierunku do lub z centrów miast byłaby pożądana z punktu widzenia polityki przestrzenno-urbanizacyjnej i organizacji ruchu, wówczas te udziały procentowe pokazują stopień sprawności systemów transportowo-osadniczych w największych aglomeracjach w Polsce.



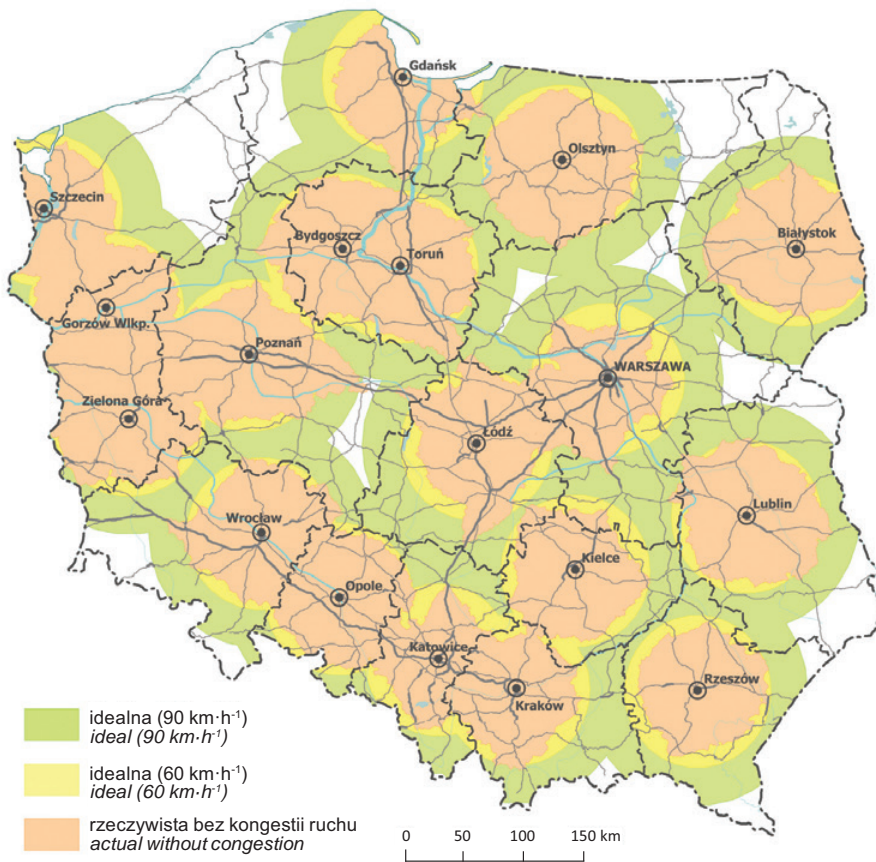
Ryc. 4. Wyznaczenie izochrony rzeczywistej i idealnej dla Warszawy w 2010 r.

Na podstawie: Śleszyński (2012).

Designation of actual and ideal isochrones for Warsaw in 2010

After Śleszyński (2012).

Inne miary odstępstw izochrony idealnej w stosunku do jej rzeczywistego przebiegu przedstawia W. Sobczyk (1985), wychodząc z wcześniejszych prac J.P. Gibbisa (1961), R.D. Boyce'a i W.A.V. Clarka (1964) oraz B. Kostrubca (1970). Wyróżnia ona m.in. wskaźniki kształtu izochrony jednogodzinnej, związane z jej przebiegiem w stosunku do koła. Wyprowadza też własny wskaźnik stopnia nieregularności, oparty na porównaniu odchyleń powierzchni izochrony rzeczywistej w stosunku do koła, będącego idealną, wymaganą izochroną.



Ryc. 5. Zasięg izochrony idealnej 60 min (w dwóch wariantach prędkości 60 km·h⁻¹ i 90 km·h⁻¹) oraz rzeczywistej 60 min dla miast wojewódzkich w 2014 r. (według modelu prędkości ruchu)

Range of the 60-minute ideal isochrone (for two variants coinciding with velocities of 60 and 90 km·h⁻¹), as well as the actual one (60-minute) for voivodship capitals in 2014 (in line with the traffic velocity model)

Opracowanie własne / Author's own elaboration

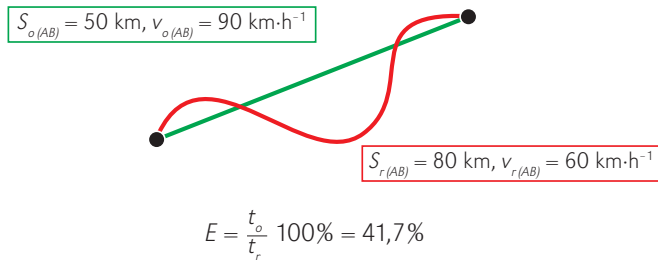
Sprawność i efektywność czasowa dojazdu

Drogi pomiędzy ośrodkami osadniczymi rzadko przebiegają w linii prostej¹, gdyż odchylenia tego typu są związane albo z potrzebą obsłużenia większej liczby jednostek niższego rzędu (odchylenia dodatnie), albo z powodu przeszkód

¹ W rzeczywistości z powodu krzywizny Ziemi najkrótsza droga pomiędzy dwoma punktami na jej powierzchni nie jest linią prostą. Ściśle ujmując jest to ortodroma, czyli krzywa powstała przez przecięcie kuli ziemskiej płaszczyzną styczną z tymi dwoma punktami oraz środkiem kuli ziemskiej. W metodyce analiz transportowych przyjmuje się w uproszczeniu, że najkrótsza linia biegnąca po

naturalnych (odchylenia ujemne; por. Potrykowski i Taylor, 1982). Trudno ustalić, kto po raz pierwszy porównał długość rzeczywistą drogi pomiędzy dwoma punktami w stosunku do analogicznego połączenia w linii prostej. Wśród autorów polskich m.in. Cz. Ziembowa (1969), W. Maciejewski (1973) oraz W. Sobczyk (1985) nazywają to *współczynnikiem wydłużenia* (drogi, trasy), na który wpływają czynniki polityczne, przyrodnicze, demograficzne, socjalne i gospodarcze. Wspomniany W. Maciejewski oblicza wskaźnik wydłużenia linii kolejowych pomiędzy 343 miastami Polski na 26% (czyli że trasy te są wydłużone w stosunku do linii prostych właśnie o taką wartość). Ponadto M. Więckowski (2004) porównuje faktyczne i teoretyczne odległości pomiędzy miejscowościami pogranicza polsko-słowackiego, wprowadzając modyfikacje w postaci konieczności przekroczenia granicy w przejściach granicznych.

Proponowane niżej rozwiązanie nawiązuje do opisanego wyżej wskaźnika wydłużenia drogi, ale zamiast odległości fizycznej, przyjmuje się odległość czasową. Graficzną interpretację wskaźnika przedstawiono na rycinie 6. Przyjęto wartości prędkości idealnej v_o w wysokości 90 km h^{-1} oraz rzeczywistej, wyrażonej jako średnia dla całego odcinka drogi v_r w wysokości 60 km h^{-1} . Ponadto odcinek rzeczywisty pomiędzy punktami A i B ma długość 80 km , podczas gdy linia prosta (czyli wspomniana ortodroma, bez uwzględnienia spadków terenu), łącząca te punkty ma długość 50 km . Gdyby zatem można byłoby się poruszać w sposób idealny (niezakłócony oporem przestrzeni), odcinek zostałby pokonany w czasie 33 minut, a w rzeczywistości zajmuje to 80 minut. Podzielenie wartości idealnej przez rzeczywistą wskazuje na wskaźnik efektywności w wysokości 41,7%.



Ryc. 6. Konstrukcja wskaźnika czasowej sprawności (efektywności) transportowo-osadniczej
 Construing of transport- and settlement-related time efficiency (effectiveness)
 Opracowanie własne / Author's own elaboration

powierzchni Ziemi jest linią prostą, gdyż z oczywistych powodów nie jest możliwe zaplanowanie trasy na długim odcinku pod powierzchnią Ziemi. Problem najkrótszej drogi na geoidzie dotyczy odpowiednio dużej skali przestrzennej, np. międzykontynentalnej.

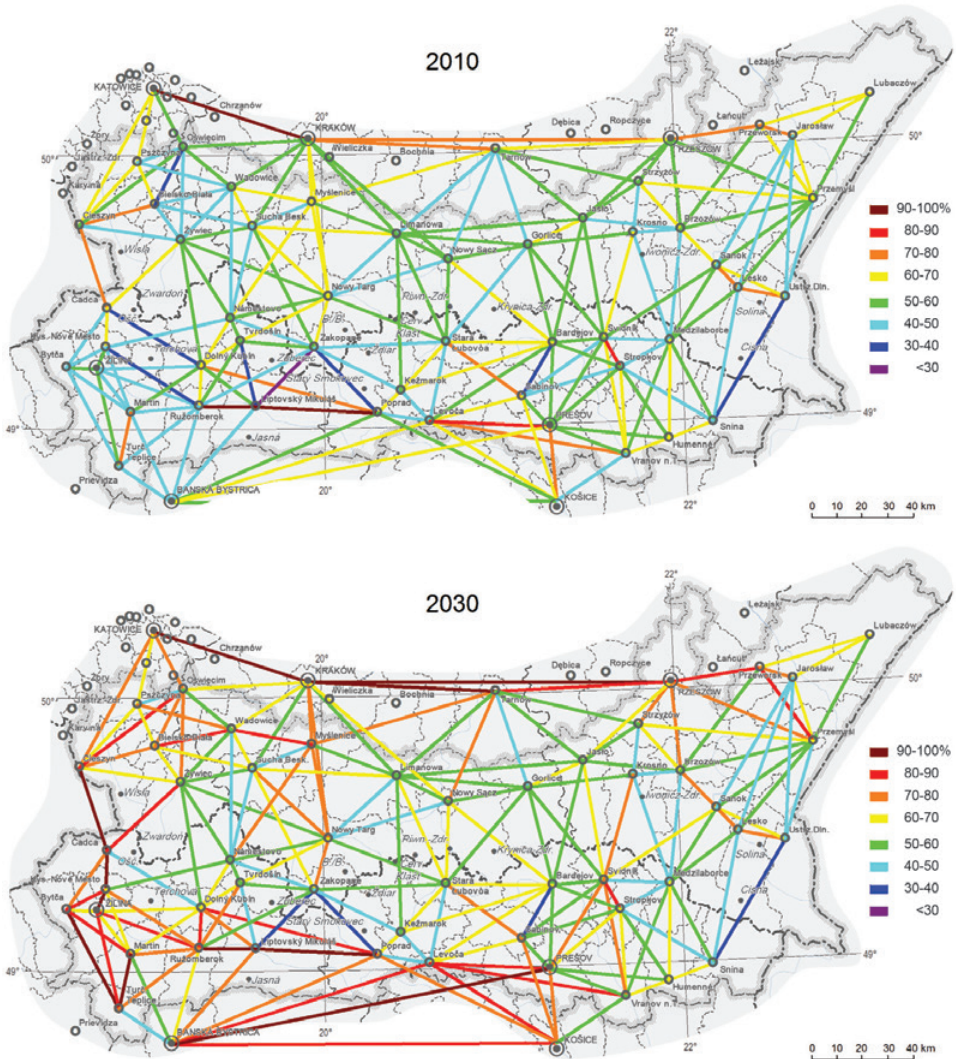
Powyższą metodykę autor zastosował po raz pierwszy w odniesieniu do pogranicza polsko-słowackiego (w pracy Więckowski i inni, 2012), a następnie dla obszaru Polski (Komornicki i inni, 2013) dla połączeń drogowych i kolejowych. Pomiar prędkości ruchu bazował na własnych modelach prędkości ruchu, uwzględniających morfometrię rzeźby terenu i uwarunkowania osadniczo-ludnościowe (Śleszyński, 2009), jak też natężenie ruchu (Rosik i Śleszyński, 2009). W jeszcze innym miejscu (Śleszyński, 2014) przedstawiono obliczenia z użyciem faktycznych prędkości osiąganych przez pojazdy w sierpniu 2013 r. w godzinach przedpołudniowych i okołopołudniowych, a więc bez wyraźnej kongestii ruchu. Interesujące może też być porównanie czasu przejazdu w dwu okresach, na przykład zimowym i letnim. Przykłady tych zastosowań przedstawiono na rycinach 7-10.

Wskaźnik wydłużenia trasy jest wskaźnikiem sprawności (*efficiency*) układu drogowego i należy go odróżnić od wskaźnika efektywności (*effectiveness*). Efektywność jest bowiem miarą ekonomiczną i oznacza stosunek włożonego wysiłku do uzyskanych efektów. Dlatego stosowane w cytowanych opracowaniach określenia „efektywność transportowo-osadnicza” wydają się nienajlepsze i mogłyby być zastąpione „sprawnością transportowo-osadniczą”. Pojęcie efektywności czasowej, w odniesieniu do układu drogowo-osadniczego, powinno natomiast być związane z porównaniem nakładów w stosunku do uzyskiwanego czasu przejazdu bądź prędkości ruchu. Nakłady te stanowią różnego rodzaju koszty (środowiskowe, finansowe, itd.) poniesione na budowę i utrzymanie sieci drogowej. Jeśli jednak przyjmować uproszczenie, że długość drogi w dużym stopniu odzwierciedla poniesione lub ponoszone nakłady, wówczas użycie określenia „efektywność” będzie dopuszczalne.

Czasowa sprawność lub efektywność transportowo-osadnicza jest najwyższa, jeżeli połączenia drogowe przebiegają najkrótszą drogą w linii prostej (ortodromie) bez ograniczeń w czasie przejazdu. Rzeczywiste bariery i ograniczenia w postaci krzywizny dróg, natężenia ruchu oraz ograniczeń prędkości powodują spadek prędkości ruchu, a tym samym pogarszanie się sprawności transportowo-osadniczej.

Wyliczanie wskaźników sprawności ma największy sens, jeśli uwzględnia się tylko czas lub inny jednorodny wskaźnik potrzebny na przemieszczenie się pomiędzy dwoma miejscami. Jeśli do rozważań włączyć różne miary dostępności, związane z kosztami ekonomicznymi, środowiskowymi itp., sytuacja komplikuje się, gdyż przy określonych parametrach szacowanie optymalnych wyników może być zakłócone. Ma to duże znaczenie zwłaszcza w transporcie publicznym, który powinien zapewniać najlepszy stopień obsłużenia z punktu widzenia jakości życia, bezpieczeństwa, itp.

Z pomocą przychodzą tutaj rozwiązania związane z optymalizacją tras przejazdu oparte na metodach grafowych. Są to w szczególności ‘problem komiwojażera’ (*travelling salesman problem*), ‘chińskiego listonosza’ (*Chinese postman problem*), minimalne drzewo rozpinające (*minimal spanning tree*) i inne (Potry-

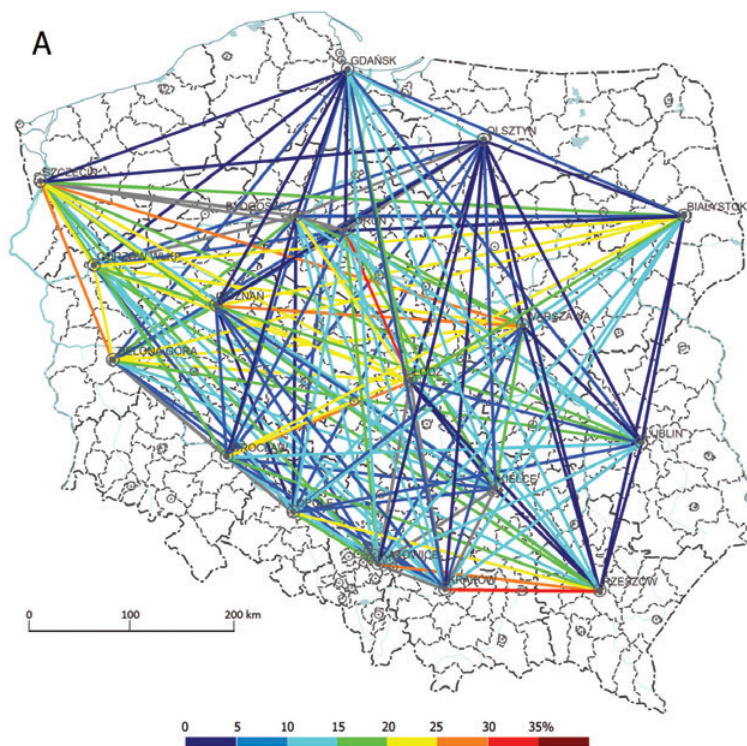
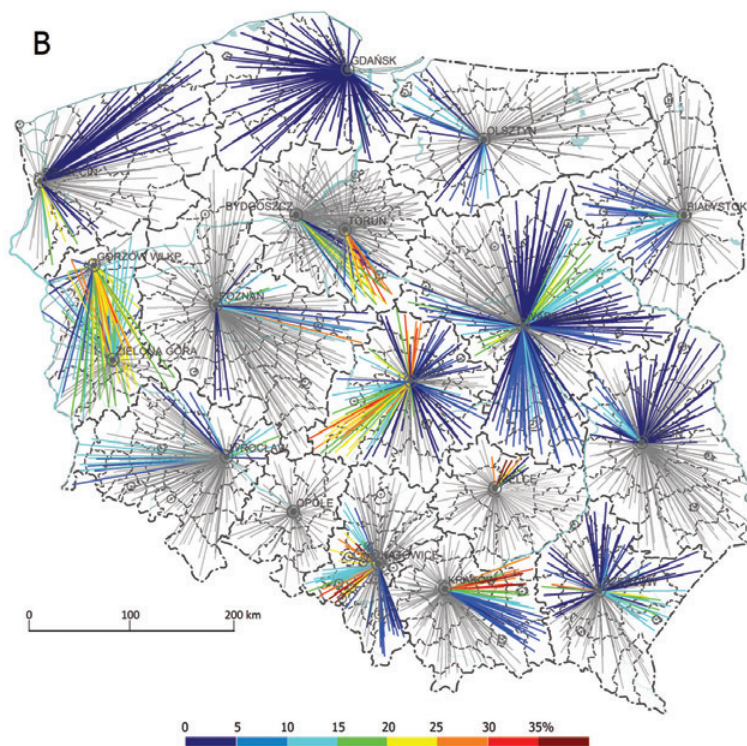


Ryc. 7. Wskaźniki sprawności transportowo-osadniczej pogranicza polsko-słowackiego w 2010 i 2030 r. Na podstawie porównania czasów przejazdów możliwych do osiągnięcia w linii prostej (ortodromie) w stosunku do czasów wynikających z rzeczywistego przebiegu dróg w terenie i prędkości modelowych

Źródło: Więckowski i inni (2012).

Indicators of transport- and settlement-related time efficiency of the Polish-Slovakian borderland in 2010 and 2030. Based on comparison of travel times capable of being achieved in a straight line (orthodromic distance), as related to times resulting from actual routes taken by roads in the field, as well as the traffic velocity model

Source: Więckowski *et al.* (2012).

A**B**



Ryc. 9. Wskaźnik sprawności transportowo-osadniczej Polski w sierpniu 2013 r. Na podstawie porównania czasów przejazdów możliwych do osiągnięcia w linii prostej w stosunku do czasów rzeczywistych wynikających z pomiarów na podstawie urządzeń GPS (prezentowanych w aplikacji Google Map). Dane dla 1201 połączeń zestawiała B. Zielińska

Źródło: Śleszyński (2014).

Indicator of transport- and settlement-related time efficiency for Poland in August 2013. Based on comparison between travel times capable of being achieved if a straight line is to be covered, on the one hand, as well as actual times arising out of measurements from GPS devices (as presented in the *Google Map* application). Data for 1201 links.

Compilation made by B. Zielińska

Source: Śleszyński (2014).

Ryc. 8. Wskaźniki poprawy sprawności transportowo-osadniczej Polski w latach 2004-2013 r. A – pomiędzy miastami wojewódzkimi; B – do miast wojewódzkich z innych gmin województwa. Stan dróg w 2013 r. według założeń programów operacyjnych finansowanych ze środków unijnych

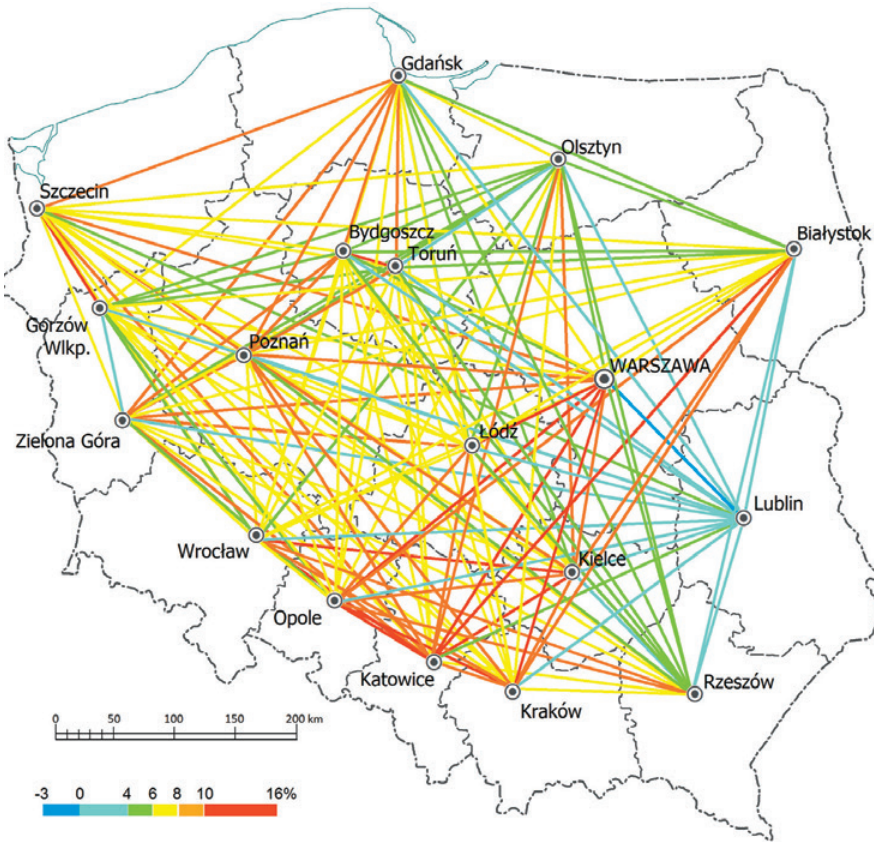
Źródło: Komornicki i inni (2010b).

Indicators for the improvement in transport- and settlement-related time efficiency in 2004-2013.

A – among voivodship capitals; B – to voivodship capitals from other gminas in a voivodship.

Road conditions as of 2013 in line with the assumptions of EU-supported Operational Programs

Source: Komornicki *et al.* (2010b).



Ryc. 10. Różnice czasu przejazdu samochodami osobowymi i ciężarowymi pomiędzy styczniem a sierpniem 2013 dla macierzy miast wojewódzkich. Wykorzystano uśrednione czasy rzeczywistych przejazdów pomierzone zainstalowanymi w samochodach urządzeniami nawigacji satelitarnej GPS

Źródło: na podstawie danych CE-Traffic.

Differences in travel times for private cars and HGVs travelling between January and August 2013. Data for the voivodship matrix. Use has been made of averaged times actually spent travelling, as measured by GPS devices installed in cars

Source: based on CE-Traffic data.

kowski i Taylor, 1982). Mają one współcześnie szerokie zastosowanie w systemach nawigacji samochodowej do znajdowania najkrótszych pod różnym względem ścieżek przejazdu z powodu chęci obniżania kosztów transportu oraz generalnie zarządzania ruchem. Jeden z takich algorytmów (algorytm Dijkstry'ego) zastosowano w aplikacji komputerowej wyznaczającej najkrótsze czasowe połączenia pomiędzy miejscowościami na potrzeby ewaluacji inwestycji transportowych (Komornicki i inni, 2010).

Czasowa sprawność transportowo-osadnicza w największym stopniu nawiązuje do różnicowań związanych z ukształtowaniem i użytkowaniem terenu oraz wynikających z tego ograniczeń w projektowaniu tras i ograniczeń w ruchu. Stosunkowo wyższe wskaźniki są też charakterystyczne dla słabo zaludnionej północno-wschodniej Polski. Najgorsze wskaźniki cechują tereny górzyste na południu kraju oraz aglomeracje. Wskaźnik czasowego wydłużenia drogi nie uwzględnia tutaj zróżnicowania, wynikającego z jej krzywizny w stosunku do prostej. Taka sama długość 'zakrzywionego' odcinka może mieć np. różny wymiar fraktalny.

Przedstawiony wskaźnik sprawności ma duże możliwości modyfikacji i rozbudowy. Wygodnie byłoby go zastosować w odniesieniu do różnych kategorii miast, uzyskując wskaźniki zorientowane hierarchicznie. Najbardziej uzasadnione i najciekawsze z poznawczego i praktycznego punktu widzenia wydaje się stosowanie miar określających relacje pomiędzy dwoma sąsiadującymi ze sobą szczeblami hierarchicznymi miast i innych jednostek administracyjnych, np. pomiędzy stolicą kraju i stolicami województw, miastami regionalnymi i lokalnymi, stolicami powiatów i gmin, itd. Taką odmianę wskaźnika pod względem odległości na podstawie modelu grawitacyjnego oraz z wykorzystaniem zerojedynkowej możliwości przejazdu drogami dwujezdniowymi przedstawiono w innym miejscu (Śleszyński, 2009).

Wyznaczenie obszarów ciążen czasowych (obszarów rynkowych, *catchment area*)

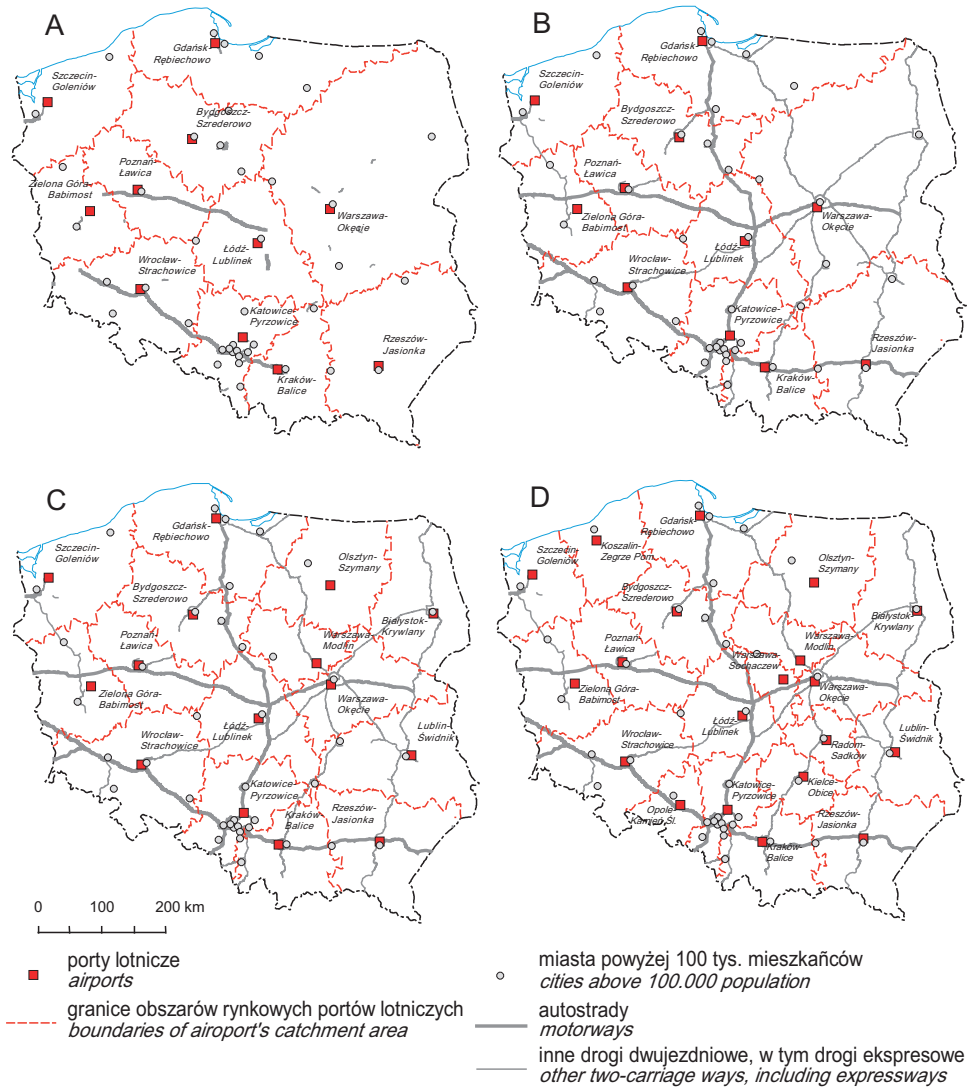
Wymienione wcześniej zagadnienie konstrukcji izochron policentrycznych wiąże się w istocie z wyznaczeniem obszarów ciążen czasowych, a więc pośrednio także zasięgu i powierzchni zaplecza przypadającego na jeden punkt (obiekt) będący celem podróży. Jest to szczególnie ważne ze względu na kształtowanie popytu w warunkach rynkowych nie tylko dla obiektów handlowych (Berry, 1967), ale również innych usług (Radke i Mu, 2000; Blainey i Preston, 2013; Śleszyński i inni, 2014). Metodyka ta nadaje się szczególnie do oceny lokalizacji punktów transportowych, takich jak przystanek autobusowy i kolejowy lub port lotniczy, gdyż pozwala obliczać popyt generowany w stosunku do usług skoncentrowanych w danym ośrodku osadniczym. Nie uwzględnia ona jednak rangi i wielkości tych ośrodków, co stało się właśnie przyczyną powstania metod wyznaczania zasięgów oddziaływania opartych na modelach grawitacyjnych W.J. Reilly'ego (1931) i D.L. Huffa (1962), metodzie 2SCFA (Luo i Wang, 2003; Stępiński, 2013) i innych.

W literaturze można spotkać się z różnymi sposobami podziału przestrzeni na obszary rozgraniczone liniami o jednakowej odległości czasowej. Podstawowe znaczenie ma tutaj metodyka wyznaczania *catchment area* (zlewni transportowych, nazywanych niekiedy błędnie działami komunikacyjnymi, gdyż działły

oznaczają linie rozgraniczające), opartych albo na ekwidystantach (Śleszyński, 2004a, 2004b) i izochronach dojazdu do danego miejsca (Pantazis i Liefner, 2006; Fuellhart, 2007; Komornicki i Śleszyński, 2009, 2011), albo też na geometrycznym podziale przestrzeni, np. w postaci teselizacji i poligonów Woronoja (Boots, 1980; Śleszyński, 2004b, 2007). Jeżeli przyjmiemy, że zlewnia czasowo-transportowa pokrywa się z zasięgiem oddziaływania rynkowego pod względem jednakiego przyciągania, to uprawnione jest posługiwanie się terminem obszar rynkowy lub obszar konsumencki. Obszary rynkowe na potrzeby lokalizacji portów lotniczych wyznaczono w pracy T. Komornickiego i P. Śleszyńskiego (2011) (ryc. 11). Warto zwrócić uwagę, że metoda ta nie jest nowa; wcześniej J. Wąsowicz (1934) w dość podobny sposób wyznaczył okręgi komunikacyjne (transportowe) dla 16 miast przedwojennej Polski.

Wyznaczanie obszarów ciężarów czasowych nie musi prowadzić do rysowania ostrych ich granic. Znane są metody obliczania "przenikających się" obszarów ciężarów do dwu lub więcej ośrodków przyciągania, bazujące na 'klasycznej' dostępności czasowej oraz modelu grawitacji, zastosowane dla miast województwa małopolskiego (Domański i Noworól, 2010) i pomorskiego (Guzik, 2012). Takie podejście umożliwia bardziej elastyczne szacowanie popytu, w zależności od zakładanych celów.

Obszary rynkowe mogą mieć hierarchię związaną z rangą ośrodków osadniczych różnego rzędu, do których przynależą. Dla każdego punktu teoretycznie możliwe jest wyznaczenie tylu obszarów rynkowych, z iloma innymi punktami może wejść on w interakcję. W praktyce istnieje hierarchia ośrodków osadniczych różnego rzędu i poszczególne obszary rynkowe do nich nawiązujące mają także swoją hierarchię. Próbę typologii tego typu opracowano na potrzeby *Koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030* (Śleszyński, 2011). Najpierw dla każdej z gmin wyznaczono najkrótszy czas dojazdu samochodem indywidualnym odpowiednio do trzech kategorii ośrodków osadniczych: rangi powiatowej (stolica powiatu), subregionalnej (stolice byłych województw 1975-1998) i regionalnej (stolice obecnych województw). Następnie skonstruowano typologię czasów dojazdu, opartą na arbitralnie ustalonych przedziałach czasowych – najkrótszych dla miast powiatowych, a najdłuższych dla miast wojewódzkich. Wyniki przedstawiono na mapie z zastosowaniem metody trójkąta Osanna (ryc. 12).



Ryc. 11. Wyznaczenie obszarów rynkowych (catchment areas) portów lotniczych według różnych wariantów

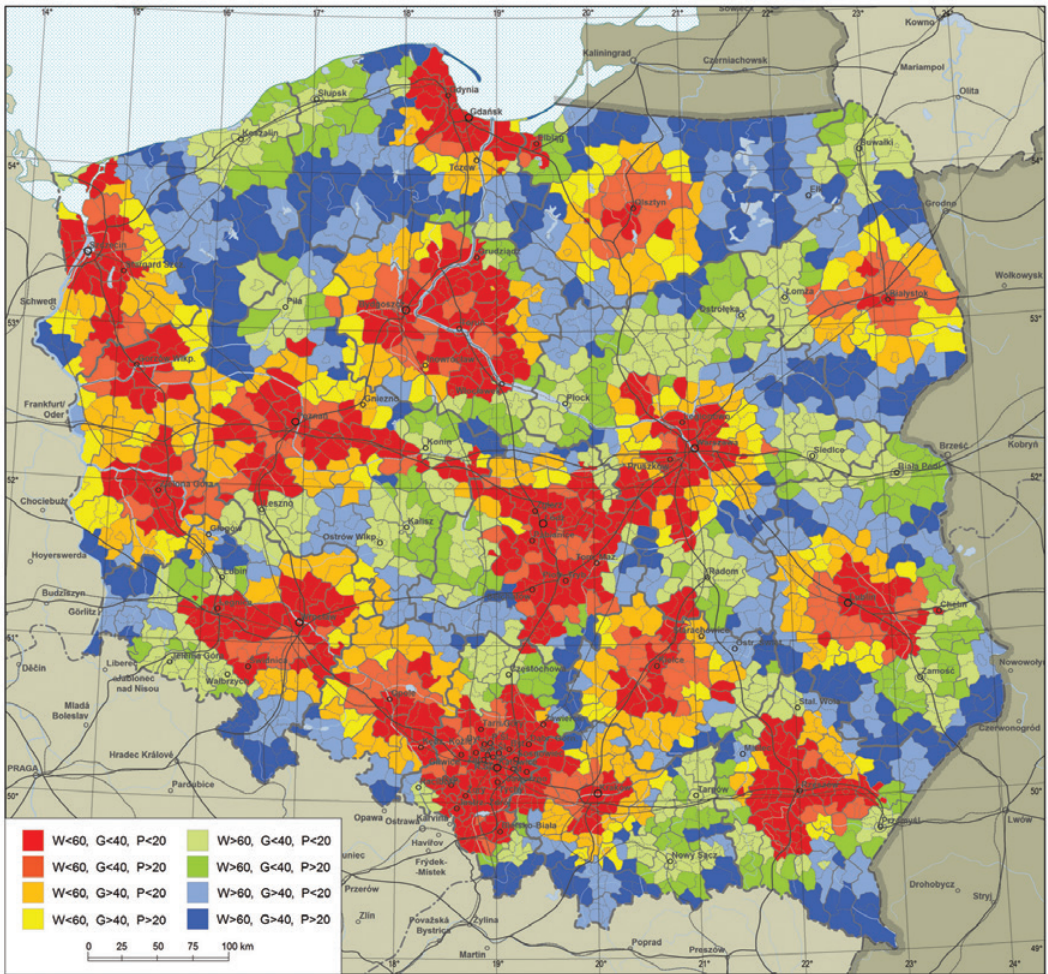
A – 2009 r., 11 portów lotniczych; B – 2015 r., 11 portów lotniczych (brak nowych); C – 2015 r., 15 portów lotniczych (4 nowe); D – 2015 r., 20 portów lotniczych (9 nowych)

Źródło: Komornicki i Śleszyński (2011).

Demarcation of airport catchment areas in line with different variants

A – in 2009, 11 airports; B – in 2015, 11 airports (no new airport investment); C – in 2015, 15 airports (4 new airport investments); D – in 2015, 20 airports (9 new airport investments)

Source: Komornicki and Śleszyński (2011).



Ryc. 12. Typologia czasowej dostępności transportowej do ośrodków koncentracji usług różnego rzędu (wojewódzkich, subregionalnych, powiatowych). Przyjęte granice zadowalającej i niezadowalającej dostępności czasowej indywidualnym transportem samochodowym do centrów najbliższej położonych ośrodków: wojewódzkich, W – 60 minut, grodzkich (wraz ze stolicami dawnych województw), G – 40 minut, powiatowych, P – 20 minut. Wykorzystano model prędkości ruchu zastosowany w pracy: Śleszyński (2009).

Źródło: Śleszyński (2011, w *Koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030*).

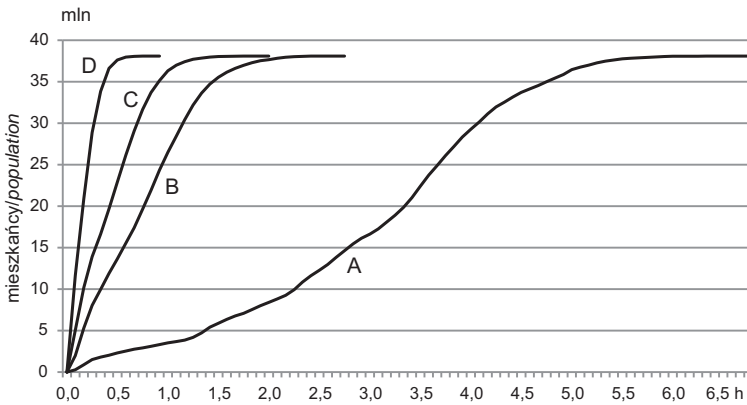
Temporal typology of transport accessibility to centers concentrating services of different orders (voivodship, subregional or powiat/county levels). Thresholds for satisfactory or unsatisfactory temporal accessibility by individual motor transport to the closest located centers as follows: voivodship-level, W – 60 minutes, level of towns enjoying *powiat* (county) rights (together with the capitals of former voivodships), G – 40 minutes, county-level, P – 20 minutes. Used has been made of the traffic velocity model set out in the 2009 study by P. Śleszyński.

Source: Śleszyński (2011, in the *National Spatial Development Concept 2030*).

Dostępność kumulatywna

Za pomocą metod izochronowych można prowadzić efektywne obliczenia związane z występowaniem różnych populacji w stosunku do odległości czasowej od celów lub źródeł podróży. Zsumowane, narastające wartości liczby ludności, przedsiębiorstw itd. informują po pierwsze o stopniu koncentracji, a po drugie – o efektywności systemów transportowo-osadniczych. Metoda kumulatywna, będąca co do zasady pochodną wyznaczenia izochron i rodzajem obliczeń algebraicznych (udział/procent skumulowany), nazywana jest powszechnie dostępnością kumulatywną, ale niewłaściwie zamiennie stosowana z „dostępnością izochronową” (dostępność izochronowa, to po prostu dostępność wyrażona za pomocą izochron, a skumulowana liczba obiektów w danym przedziale odległości czasowej nie musi być obliczona na podstawie izochron).

Tak zarysowany problem graficznie ilustruje rycina 13. Zawiera krzywe kumulatywne liczby ludności według dostępności czasowej do kilku kategorii ośrodków osadniczych: stolicy kraju, województw, ośrodków subregionalnych



Ryc. 13. Czasowa dostępność kumulatywna według liczby ludności o czasie dojazdu do ośrodków różnej rangi osadniczej w 2013 r.

Kategorie ośrodków osadniczych: A – stolica kraju (Warszawa); B – miasta wojewódzkie (w tym kategoria A); C – miasta na prawach powiatu (w tym A, B); D – miasta powiatowe (w tym A, B, C)

Opracowanie własne. Wykorzystano model prędkości ruchu zastosowany w pracy: Śleszyński (2009).

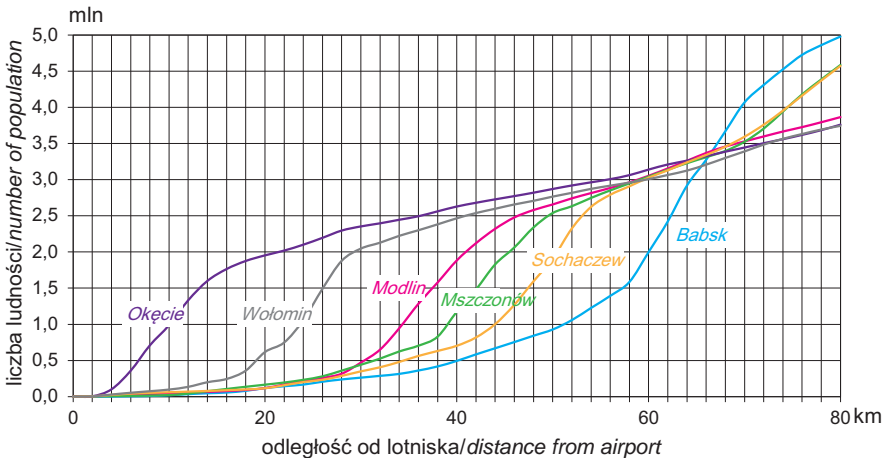
Temporal cumulative accessibility in terms of numbers of people as regards time spent travelling to centers of differing settlement rank in 2013

Categories of centers: A – national capital (Warsaw); B – voivodship capitals (including category A); C – towns enjoying *poviat* (county-level) rights (including categories A and B); D – poviat capitals (including categories A, B and C)

Author's own elaboration. Used has been made of the traffic velocity model set out in the 2009 study by P. Śleszyński.

i powiatowych w latach 2010 i 2030. Krzywe te informują o stopniu dostępności czasowej i przewidywanych jego zmianach. Może to być przesłanką do oceny efektów i skuteczności polityki transportowej. Na podstawie wykonanej analizy można formułować wnioski, że dostępność czasowa do ośrodków różnego szczebla jest dość zadowalająca, gdyż około 95% ludności zamieszkuje w odległości do 1 godziny dojazdu samochodem od ośrodków subregionalnych. K. Warakomska (1993) do tego typu obliczeń proponuje wykreślać „krzywą chronodystansograficzną”.

Inne przykłady wykorzystania metody kumulatywnej zawarto na kolejnych rycinach. Na rycinie 14 przedstawiono krzywe liczby ludności i przedsiębiorstw dla planowanych lokalizacji Centralnego Lotniska dla Polski (Śleszyński, 2004a). Następnie (ryc. 15) zobrazowano podobne obliczenia dotyczące potencjalnych lokalizacji lotnisk na Mazowszu w różnych wariantach symulacyjnych (Komornicki i Śleszyński, 2009). Analizy te miały wykazać, które lokalizacje mogą być najkorzystniejsze pod względem popytu. Na rycinie 16 pokazano obliczenia dostępności atrakcji turystycznych z wybranych miejscowości pogranicza polsko-słowackiego.



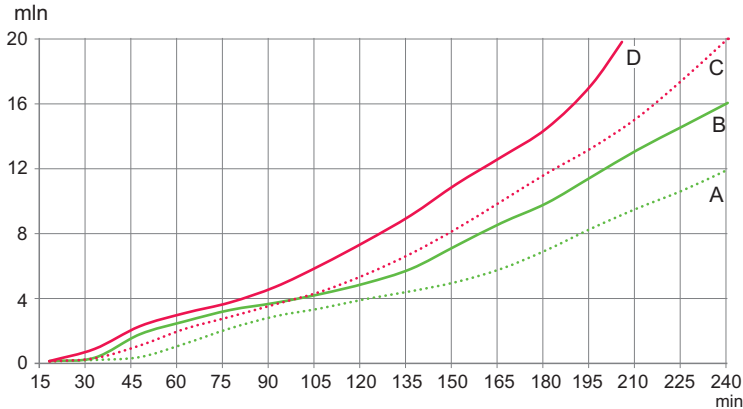
Ryc. 14. Dostępność kumulatywna według liczby ludności dla potencjalnych lokalizacji planowanego Centralnego Lotniska dla Polski. Poszczególne linie wskazują na narastającą liczbę ludności w przedziałach odległości od planowanych lokalizacji portów lotniczych

Źródło: Śleszyński (2004a).

Cumulative accessibility in terms of numbers of people for planned location of the 'Central Airport' in Poland. Particular lines show that population size increase with further intervals of distance from planned airport location.

Source: Śleszyński (2004a).

Jeżeli przyjąć, że obliczone na wykresach liczby mieszkańców oznaczają cele podróży, rozumiane jako możliwości dotarcia do każdego z nich w ciągu określonego czasu, to dostępność kumulatywna i krzywa chronodystansograficzna wyrażają praktyczną realizację klasycznego modelu M.J. Moseleya (1979). W modelu tym dostępność jest funkcją skumulowanej liczby sposobności i jednostek oddalenia, wyrażonych np. czasem (por. też Moseley i inni, 1977 – za Taylor, 1997).



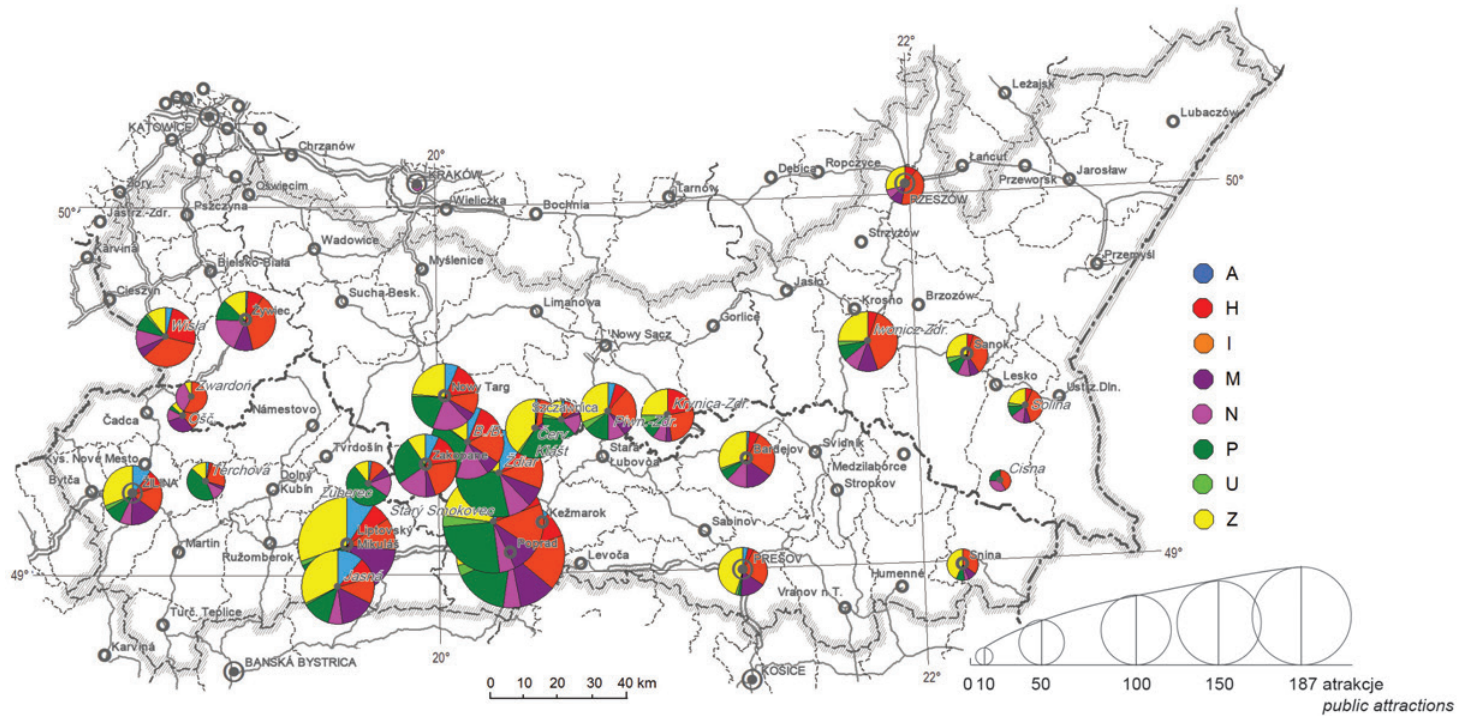
Ryc. 15. Dostępność kumulatywna według liczby ludności dla lotniska cywilnego w Modlinie:

A – 2008 r. w godzinach szczytu; B – 2008 r. poza godzinami szczytu;
C – 2013 r. w godzinach szczytu; D – 2013 r. poza godzinami szczytu

Źródło: Komornicki i Śleszyński (2009). Obliczenia wykonał M. Stępiak.

Cumulative accessibility in terms of numbers of people for the civil airport in Modlin:
A – 2008 at rush hours; B – 2008 beyond rush hours;
C – 2013 at rush hours; D – 2013 beyond rush hours

Source: Komornicki and Śleszyński (2009). Based on calculations by M. Stępiak.



Ryc. 16. Liczba atrakcji w izochronie 30-minutowej według 27 miejscowości turystycznych i podziału na rodzaje atrakcji w 2010 r.

A – akwaparki i baseny; H – hotele cztero- i pięciogwiazdkowe; I – imprezy (wydarzenia); M – muzea; N – ośrodki narciarskie;
P – przyrodnicze; U – uzdrowiska; Z – zabytki

Źródło: Więckowski i inni (2012).

The number of public attractions within a 30-minute isochrone for 27 tourist places and a division into different public attractions as of 2010.
A – aquaparks and swimming pools; H – 4- and 5-star hotels; I – events; M – museums; N – ski centers; P – natural attractions; U – spa centers;
Z – monuments and places associated with antiquity

Source: Więckowski *et al.* (2012).

Zakończenie

Przedstawione koncepcje i przykłady pokazują duże rozbieżności terminologiczne oraz złożoność metodyczną zagadnienia dostępności czasowej. Niektóre problemy próbowano ujednoczyć, w tym zaproponowano możliwie najbardziej ogólną definicję dostępności opartą na możliwości zajścia relacji; te ostatnie wydają się nieredukowalne i dlatego przedstawiona definicja wydaje się najprostsza i najbardziej jednoznaczna. Pokazano główne obszary zastosowań metodycznych, związanych z konstrukcją i klasyfikacją izochron, dostępnością kumulatywną, wyznaczaniem obszarów rynkowych oraz izochroną idealną. Metody te składają się na identyfikację i operacjonalizację sprawności i efektywności transportowo-osadniczej.

Ograniczenia stosowania przedstawionych metod mają te same uwarunkowania, co inne metody geograficzne i niegeograficzne wykorzystujące zmienną czasu i oparte na niej wskaźniki. Z jednej strony jest to subiektywna względność czasu, utrudniająca porównania oparte na indywidualności ludzkich wyborów i decyzji, składających się na sumę aktywności społecznych. Po drugie, wciąż słabo rozpoznane są wzajemne uwarunkowania i związki przyczynowo-skutkowe pomiędzy 'czystą' dostępnością czasową a jej innymi atrybutami, w tym zwłaszcza w kontekście dostępności społeczno-kulturowej. Nie pozwala to na tworzenie zadowalających modeli dostępności, potwierdzających się w różnych rzeczywistych sytuacjach. Po trzecie, mimo przełomowych metod identyfikacji dostępności czasowej i czasów przemieszczania się, nadal niewystarczające są zasoby informacyjne z tym związane, a przynajmniej w Polsce są one jeszcze bardzo kosztowne.

Wykazano, że metodyka dostępności czasowej ma szerokie zastosowanie w praktyce. Wiąże się to niewątpliwie z uniwersalnością czasu jako porównywalnego miernika. Chociaż ten sam czas może oznaczać różne jego spożytkowanie przez różnych ludzi i grupy osób, a tym samym odmienną efektywność, spośród mierników ludzkiej aktywności wydaje się najbardziej uniwersalny. Czas dla wszystkich w sensie jego długości biegnie tak samo i w tym samym kierunku (nie można cofnąć się w czasie), podobnie jak ten sam czas obowiązuje w danej chwili wszystkie miejsca na Ziemi. Daje to niezastąpione możliwości porównań wobec innych mniej 'trwałych' i stabilnych mierników, takich jak zwłaszcza pieniądz.

Powyższe jest istotne w kontekście trwającej dyskusji na temat większego wykorzystania metodologii dostępności, w tym czasowej, w różnych rozwiązaniach optymalizacyjnych, związanych z organizacją systemów transportowo-osadniczych (Curtis i Scheurer, 2010). Pojawiają się między innymi głosy, że konieczne jest na to położenie znacznie większego nacisku, niż na kwestie mobilności (Straatemeier, 2008). Pogląd ten wydaje się słuszny, ponieważ większa mobilność wymusza odpowiednio znaczniejsze przemieszczenia, a tym samym

powoduje wzrost natężenia ruchu, prowadząc do szeregu strat społecznych, środowiskowych, itd. Jest to szczególnie ważne w kontekście suburbanizacji i rozpraszania zabudowy (Kowalewski i inni, 2014). Następuje to przy ciągłym wzroście ruchliwości społecznej. Coraz ważniejsze staje się więc możliwie najbardziej efektywne dopasowywanie różnych elementów, takich jak zwłaszcza miejsca pracy i zamieszkania, w celu zwiększania ich wzajemnej dostępności.

Pomimo generalnie dużej liczby rozwiązań metodycznych, wciąż wydaje się możliwy dalszy postęp w konstrukcji wskaźników związanych z dostępnością czasową. Dotyczy to szczególnie 'względności' czasu wobec innych wskaźników i mierników, opartych m.in. na odległości fizycznej. Po drugie, istnieje nadal wiele obszarów zastosowań, w których metodyka dostępności przestrzennej jest jeszcze słabo wykorzystana. Niewątpliwie, jeszcze dwie dekady temu większe wykorzystanie tych metod utrudniała pracochłonność konstrukcji izochron, która skutecznie ograniczała dyfuzję analiz izochronicznych, także poza kartografię i geografję. Rozwój technik komputerowych sprzyja tutaj większemu zainteresowaniu, czemu zresztą nie zawsze towarzyszy prawidłowa operacjonalizacja problemów i celów związanych z dostępnością czasową.

Wydaje się zatem, że dostępność czasową, jak zresztą ogólnie dostępność przestrzenną, czeka niesłabnące zainteresowanie, nie tylko geografów. Duże znaczenie mogą mieć zastosowania dostępności oparte na jej relacyjnym rozumieniu; wynikać to będzie ze wzrostu popularności takiego ujęcia w geografii społeczno-ekonomicznej i tzw. nowej geografii ekonomicznej. Z drugiej strony zainteresowaniu będzie sprzyjać wzrost mobilności społeczeństw, podobnie jak poszukiwania najbardziej efektywnych sposobów optymalizacji zagospodarowania przestrzennego i organizacji systemów społeczno-gospodarczych.

*

Podziękowania. Składam podziękowania pracownikom firmy CE-Traffic za nieodpłatne przygotowanie i udostępnienie danych dotyczących rzeczywistych czasów przejazdów pomiędzy polskimi miastami w styczniu i sierpniu 2013 roku.

Piśmiennictwo / References

- Aagesen A., 1943, *Om Isochronkort*, Geografisk Tidsskrift, 46, s. 40-57.
Baja Z., 1948, *Problem izochron Polski*, Przegląd Komunikacyjny, 2, s. 55-63.
Bar-Gera H., 2007, *Evaluation of a cellular phone-based system for measurements of traffic speeds and travel times: A case study from Israel*, Transportation Research. Part C: Emerging Technologies, 15, 6, s. 380-391.
Baradaran S., Ramjerdi F., 2001, *Performance of accessibility measures in Europe*, Journal of Transportation and Statistics, 4, 2-3, s. 31-48.
Ben-Akiva M., Lerman S.R., 1979, *Disaggregate travel and mobility-choice models and measures of accessibility*, [w:] D.A. Hensher, P.R. Stopher (red.), *Behavioural Travel Modelling*, Croom-Helm, London, s. 654-679.

- Berry B.J.L., 1967, *Geography of Market Centers and Retail Distribution*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Biderman E., 1967, *Sieć osiedli miejskich województwa koszalińskiego oraz ich strefy wpływów*, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Poznań.
- Bielecka E., Filipczak A., 2010, *Zasady opracowywania map dostępności*, *Roczniki Geomatyki*, 8, 6, s. 29-38.
- Blainey S.P., Preston J.P., 2013, *A GIS-based appraisal framework for new local railway stations and services*, *Transport Policy*, 25, 1, s. 41-51.
- Blankenship A.S., 1927, *New studies in education: The accessibility of rural school houses in Texas*, *Teachers College Record*, 28, 6, s. 626-627.
- Boczar E., 1933, *Izochrony dośrodkowe Polski*, [w:] *Koło Geograficzne Uczniów UJ. III Sprawozdanie za lata 1925-1932*, Kraków.
- Bonnier L., 1919, *Cartes isochrones de l'agglomération parisienne*, *La Vie urbaine*, 3, s. 245-250.
- Boots B.N., 1980, *Weighting Thiessen polygons*, *Economic Geography*, 56, 3, s. 248-259.
- Boyce R.D., Clark W.A.V., 1964, *The concept of shape in geography*, *Geographical Review*, 50, s. 561-572.
- Bruinsma F.R., Rietveld P., 1998, *The accessibility of European cities: theoretical framework and comparison of approaches*, *Environment and Planning*, 30, 3, s. 499-521.
- Brunhes J., Vallaux C., 1921, *La géographie de l'histoire, géographie de la paix et de la guerre sur terre et sur mer*, Alcan, Paris.
- Carlstein T., 1982, *Time resources, society and ecology on the capacity for human interaction in space and time in preindustrial societies*, *Lund Studies in Geography. Series B. Human Geography*, 49, Royal University of Lund, Department of Geography, Lund.
- Carlstein T., Parkes D., Thrift N. (red.), 1978, *Human Activity and Time Geography*, Arnold, London.
- CE-Traffic, 2014, *Dane o ruchu drogowym dla inteligentnej mobilności*, <http://www.ce-traffic.com/traffic> (3.06.2014)
- Chojnicki Z., 1966, *Zastosowanie modeli grawitacji i potencjału w badaniach przestrzenno-ekonomicznych*, *Studia*, 14, KPZK PAN, Warszawa.
- Curtis C., Scheurer J., 2010, *Planning for sustainable accessibility. Developing tools to aid discussion and decision-making*, *Progress in Planning*, 74, s. 53-106.
- di Piazza A., 2014, *An isochrone map of the prehistoric seascape around Samoa*, *Transportation Research. Part A*, 13, 2, s. 91-109.
- Domański R., 1963, *Zespoły sieci komunikacyjnych*, *Prace Geograficzne, IG PAN*, 41, Warszawa.
- Domański R., 1980, *Dostępność, efektywność i przestrzenna organizacja*, *Przegląd Geograficzny*, 52, 1, s. 3-39.
- Domański B., Noworól A. (red.), 2010, *Małopolskie miasta – funkcje, potencjał i trendy rozwojowe*, *Małopolskie Obserwatorium Polityki Rozwoju*, Kraków.
- El-Geneidy A.M., Levinson D.M., 2006, *Access to Destinations: Development of Accessibility Measures*, Department of Civil Engineering University of Minnesota, Minneapolis.
- El-Geneidy A.M., Cerda A., Fischle R., Luka N., 2011, *Evaluating the Impacts of Transportation Plans Using Accessibility Measures*, *Canadian Journal of Urban Research, Supplement*, s. 81-104.
- Erlandsson U., 1982, *What is time distance?* *Area*, 14, 2, s. 167-170.
- Fuellhart K., 2007, *Airport catchment and leakage in a multi-airport region: The case of Harrisburg International*, *Journal of Transport Geography*, 15, 4, s. 231-244.
- Gaca S., Suchorzewski W., Tracz T., 2008, *Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.

- Gadziński J., 2010, *Ocena dostępności komunikacyjnej przestrzeni miejskiej na przykładzie Poznania*, Biuletyn Instytutu Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej UAM, 13, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Galton F., 1881, *On the construction of isochronic passage-charts*, Proceedings of the Royal Geographical Society, 3, s. 657-658.
- Gawryszewski A., Pietkiewicz S., 1966, *Zmiany dostępności czasowej obszaru Polski z Warszawy w okresie 1952-1962*, Przegląd Geograficzny, 38, 2, s. 223-238.
- Gehlke C.E., Biehl K., 1934, *Certain effects of grouping upon the size of the correlation coefficient in census tract material*, Journal of the American Statistical Association, 29, 185A, s. 169-170.
- Geurs K.T., Ritsema van Eck, 2001, *Accessibility Measures: Review and Applications*. RIVM Report 408505 006, National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven.
- Geurs K.T., van Wee B., 2004, *Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions*, Journal of Transport Geography, 12, 2, s. 127-140.
- Geurs K.T., van Wee B., 2013, *Accessibility: perspectives, measures and applications*, [w:] B. van Wee, J.A. Annema, D. Banister (red.), *The Transport System and Transport Policy: An Introduction*, Edward Elgar, Cheltenham-Northampton.
- Gibbs J.P., 1961, *Urban Research Methods*, Princeton, New York.
- Guagliardo M.F., 2004, *Spatial accessibility of primary care: concepts, methods and challenges*, International Journal of Health Geographics, 3, 3.
- Guzik R., 2003, *Przestrzenna dostępność szkolnictwa ponadpodstawowego*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków.
- Guzik R. (red.), 2012, *Czynniki i ograniczenia rozwoju miast województwa pomorskiego w świetle relacji przestrzennych i dostępności komunikacyjnej*, Urząd Marszałkowski Województwa Pomorskiego, Gdańsk.
- Hackney J., Bernard M., Bindra S., Axhausen K., 2007, *Predicting road system speeds using spatial structure variables and network characteristics*, Journal of Geographical Systems, 9, 4, s. 397-417.
- Hägerstrand T., 1975, *Space-time and human conditions*, [w:] A. Karlqvist, L. Lundqvist, F. Snickars (red.), *Dynamic Allocation of Urban Space*, Saxon House-Lexington Books, Farnborough-Lexington, s. 3-12.
- Handy S.L., Niemeier D.A., 1997, *Measuring accessibility: An exploration of issues and alternatives*, Environment and Planning A, 29, 7, s. 1175-1194.
- Hansen W.G., 1959, *How accessibility shapes land-use*, Journal of the American Institute of Planners, 25, s. 73-76.
- Homburger W.S., Kell J.H., Perkins D.D., 1992, *Fundamentals of Traffic Engineering*, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley.
- Huff D.L., 1962, *Determination of Intra-Urban Retail Trade Areas*. Real Estate Research Program, Graduate Schools of Business Administration, University of California, Berkeley.
- Hunt J. D., Kriger D.S., Miller E.J., 2005, *Current operational urban land-use-transport modeling frameworks: A review*, Transport Reviews, 25, 3, s. 329-376.
- Iacono M., Krizek K.J., El-Geneidy A., 2010, *Measuring non-motorized accessibility: issues, alternatives, and execution*, Journal of Transport Geography, 18, 1, s. 133-140.
- Ingram D.R., 1971, *The concept of accessibility: a search for an operational form*, Regional Studies, 5, 2, s. 101-107.
- Kaczmarek W., 1978, *Czas i koszty jako kryteria wyznaczania rejonów ciężenia do punktów komunikacyjnych*, Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, 1, s. 82-86.

- Kaufmann V., 2002, *Re-Thinking Mobility: Contemporary Sociology*, Ashgate Publishing Company, Aldershot.
- Kaufmann V., Bergman M.M., Joye D., 2004, *Motility: mobility as capital*, International Journal of Urban and Regional Research, 28, 4, s. 745-756.
- Kim H.-M., Kwan M.-P., 2003, *Space-time accessibility measures: A geocomputational algorithm with a focus on the feasible opportunity set and possible activity duration*, Journal of Geographical Systems, 5, 1, s. 71-91.
- Komornicki T., Bański J., Śleszyński P., Rosik P., Świątek D., Czapiewski K.L., Bednarek-Szczepańska M., Stępiak M., Mazur M., Wiśniewski R., Solon B., 2010b, *Ocena wpływu inwestycji infrastruktury transportowej realizowanych w ramach polityki spójności na wzrost konkurencyjności regionów (w ramach ewaluacji ex post NPR 2004-2006)*, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa.
- Komornicki T., Rosik P., Śleszyński P., Solon J., Wiśniewski R., Stępiak M., Czapiewski K., Goliszek S., 2013, *Wpływ budowy autostrad i dróg ekspresowych na rozwój społeczno-gospodarczy i terytorialny Polski*, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa.
- Komornicki T., Śleszyński P. (red.), 2009, *Studia nad lokalizacją regionalnych portów lotniczych na Mazowszu*, Prace Geograficzne, IGiPZ PAN, 220, Warszawa.
- Komornicki T., Śleszyński P., 2011, *Changing accessibility of Polish airports on the course of demographic and economic demand*, Geographia Polonica, 84, 2, s. 47-63.
- Komornicki T., Śleszyński P., Rosik P., Pomianowski W., przy współpracy M. Stępiaka i P. Siłki, 2010a, *Dostępność przestrzenna jako przesłanka kształtowania polskiej polityki transportowej*, Biuletyn KPZK PAN, 241.
- Komornicki T., Śleszyński P., Siłka P., Stępiak M., 2008, *Wariantowa analiza dostępności w transporcie lądowym*, [w:] K. Saganowski, M. Zagrzejska-Fiedorowicz, P. Żuber (red.), *Ekspertyzy do Koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2008-2033. Tom II*, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa, s. 133-334.
- Kostrubiec B., 1970, *Badania rozwoju przestrzennego aglomeracji miejskiej metodą profilów*, Przegląd Geograficzny, 42, 2, s. 235-248.
- Kowalewski A., Mordasewicz J., Osiatyński J., Regulski J., Stępień J., Śleszyński P., 2014, *Ekonomiczne straty i społeczne koszty niekontrolowanej urbanizacji w Polsce – wybrane fragmenty raportu*, Samorząd Terytorialny, 25, 4(280), s. 5-21.
- Kubijowicz W., 1923, *Izochrony Polski południowej*, Prace Instytutu Geograficznego UJ, 1, Kraków.
- Kukliński A., 1953, *Z doświadczeń ze studiów nad możliwościami aktywizacji miasteczek przewidzianych na ośrodki powiatowe w woj. poznańskim*, Przegląd Geograficzny, 25, 4, s. 53-64.
- Launhardt W., 1887, *Theorie des Trassierens*, Schmorl und von Seefeld, Hannover.
- Lenntorp B., 1976, *Paths in Space-time Environments: A Time-geographic Study of Movement Possibilities of Individuals*, Lund Studies in Geography. Series B. Human Geography, 44, Royal University of Lund, Department of Geography.
- Levine R.V., 1997, *A Geography Of Time: The Temporal Misadventures of a Social Psychologist*, Basic Books, Perseus.
- Le Vine S., Lee-Gosselin M., Sivakumar A., Polak J., 2013, *A new concept of accessibility to personal activities: Development of theory and application to an empirical study of mobility resource holdings*, Journal of Transport Geography, 31, s. 1-10.
- Lijewski T., 1962, *Geografia komunikacji województwa biłostockiego*, Dokumentacja Geograficzna, 2.
- Litman T., 2014, *Evaluating accessibility for transportation planning. Measuring People's Ability To Reach Desired Goods and Activities*, Victoria Transport Policy Institute <http://www.vtapi.org/access.pdf> (26.04.2014).

- Liu C., Li N., Huang M., Wu H., 2012, *City routing velocity estimation model under the environment of lack of floating car data*, Journal of Geographic Information System, 4, 1, s. 55-61.
- Luo W., Wang F., 2003, *Spatial accessibility to primary care and physician shortage area designation: a case study in Illinois with GIS approaches*, [w:] R. Skinner, O. Khan (red.), *Geographic Information Systems and Health Applications*, Idea Group Publishing, Hershey, s. 260-278.
- Maciejewski W., 1973, *Obliczanie odległości kolejowych pomiędzy miastami powiatowymi Polski w oparciu o macierz wydłużenia trasy*, Przegląd Komunikacyjny, 8, s. 15-17.
- Miller H.J., 1999, *Measuring space-time accessibility benefits within transportation networks: Basic theory and computational procedures*, Geographical Analysis, 31, 2, s. 187-212.
- Miller H.J., Wu Y.-H., 2000, *GIS software for measuring space-time accessibility in transportation planning and analysis*, GeoInformatica, 4, 2, s. 141-159.
- Morris J.M., Dumble P.L., Wigan M.R., 1979, *Accessibility indicators for transport planning*, Transportation Research A, 13A, s. 91-109.
- Moseley M.J., 1979, *Accessibility: The Rural Challenge*, Methuen, London.
- Nelson A., 2008, *Travel time to major cities: A global map of accessibility*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Olszewski P., 2007, *Walking as a Mode of Transport – A Planning and Policy Perspective*, Prace Naukowe. Budownictwo, 146, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Olszewski P., 2008, *Dostępność piesza jako element jakości miejskiego transportu zbiorowego*, Transport Miejski i Regionalny, 1, s. 19-33.
- Olszewski P., Dybicz T., Śleszyński P., 2013, *Proponowane miary dostępności czasowej w transporcie publicznym*, Przegląd Komunikacyjny, 12, s. 10-17.
- Olszewski P., Dybicz T., Śleszyński P., 2014, *Stopień dostępności czasowej jako syntetyczny wskaźnik poziomu obsługi transportowej*, Przegląd Komunikacyjny (w druku).
- Openshaw S., 1983, *The modifiable areal unit problem*, Concepts and Techniques in Modern Geography, 38, Geo Books, Norwich (Norfolk).
- Pantazis N., Liefner I., 2006, *The impact of low-cost carriers on catchment areas of established international airports: The case of Hanover Airport, Germany*, Journal of Transport Geography, 14, 4, s. 265-272.
- Pietrusiewicz W., 1996, *Problemy metodyczne opracowywania map dostępności czasowej*, Polski Przegląd Kartograficzny, 28, 2, s. 87-100.
- Potrykowski M., Taylor Z., 1982, *Geografia transportu. Zarys problemów, modeli i metod badawczych*, PWN, Warszawa.
- Pred A.R., 1967-1969, *Behavior and Location: Foundations for a Geographic and Dynamic Location Theory. Part I (1967), Part II (1969)*, Studies in Geography. Ser. B. Human Geography, 27, 28, The Royal University of Lund, Department of Geography, Lund.
- Radke J., Mu L., 2000, *Spatial decomposition, modeling and mapping service regions to predict access to social programs*, Geographic Information Sciences, 6, 2, s. 105-112.
- Ratajczak W., 1992, *Dostępność komunikacyjna miast wojewódzkich Polski w latach 1948-1988*, [w:] Z. Chojnicki, T. Czyż (red.), *Współczesne problemy geografii społeczno-ekonomicznej Polski*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań, s. 173-203.
- Ratajczak W., 1999, *Modelowanie sieci transportowych*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Reilly W.J., 1931, *The Law of Retail Gravitation*, nakładem autora, New York.
- Rewieńska W., 1929, *Izochrony Wilna*, Prace Zakładów Geologii i Geografii Uniwersytetu im. S. Batorego w Wilnie, 4, Wilno, s.1-20.

- Riedel J., 1911, *Neue Studien über Isochronenkarten*, Petermanns Geographische Mitteilungen, 57, 1, s. 281-284.
- Roess R.P., Prassas E.S., McShane W.R., 2010, *Traffic Engineering*, Prentice Hall, New York.
- Rose G., 2006, *Mobile phones as traffic probes: Practices, prospects and issues*, Transport Reviews, 26, 3, s. 275-291.
- Rosik P., 2009, *Potencjał własny oraz szacowanie parametrów modelu dostępności wewnętrznej na przykładzie Warszawy*, Czasopismo Geograficzne, 80, 1-2, s. 78-95.
- Rosik P., 2012, *Dostępność lądowa przestrzeni Polski w wymiarze europejskim*, Prace Geograficzne, IGiPZ PAN, 233, Warszawa.
- Rosik P., Śleszyński P., 2009, *Wpływ zaludnienia w otoczeniu drogi, ukształtowania powierzchni terenu oraz natężenia ruchu na średnią prędkość jazdy samochodem osobowym*, Transport Miejski i Regionalny, 10, s. 26-31.
- Rowicki M., 1934, *Izochrony Warszawy*, Wiadomości Służby Geograficznej, 8, s. 435-466.
- Sagan I. (red.), 1992, *Zmiany przestrzeni aktywności życiowej mieszkańców wsi Kartoszyño spowodowane przesiedleniem*, [w:] Z. Chojnicki, T. Czyż (red.), *Współczesne problemy geografii społeczno-ekonomicznej Polski*, Seria Geografia, 55, Uniwersytet Adama Mickiewicza, Poznań, s. 133-148.
- Schjerning W., 1903, *Studien über Isochronenkarten*, Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, 4, s. 693-705.
- Schürmann C., Spiekermann K., Wegener M., 1997, *Accessibility Indicators: Model and Report*, SASI Deliverable D5, Institute of Spatial Planning, Dortmund.
- Shen W., Kamarianakis Y., Wynter L., He J., He Q., Lawrence R., Swirszcz G., 2010, *Traffic Velocity Prediction Using GPS Data: IEEE ICDM Contest Task 3 Report*. 2010 IEEE International Conference on Data Mining Workshops, Sydney, Australia.
- Smoleński J., 1932, *O izochronach dośrodkowych odgraniczonych*, Przegląd Geograficzny, 12, s. 91-95.
- Sobczyk W., 1985, *Dostępność komunikacyjna w układach osadniczych miast*, Komitet Badań Rejonów Uprzemysławianych PAN, PWN, Warszawa.
- Steenbruggen J., Borzacchiello M.T., Nijkamp P., Scholten H., 2013, *Mobile phone data from GSM networks for traffic parameter and urban spatial pattern assessment: a review of applications and opportunities*, GeoJournal, 78, 2, s. 223-243.
- Stępnia M., 2013, *Wykorzystanie metody 2SFCA w badaniach dostępności przestrzennej usług medycznych*, Przegląd Geograficzny, 85, 2, s. 173-198.
- Stępnia M., Rosik P., 2013, *Accessibility improvement, territorial cohesion and spillovers: A multidimensional evaluation of two motorway sections in Poland*, Journal of Transport Geography, 31, s. 154-163.
- Stępnia M., Rosik P., 2014, *The Impact of Data Aggregation on Potential Accessibility Values*, [w:] GIS Ostrava 2014. Geoinformatics for Intelligent Transportation. January 27-29, 2014, Ostrava, http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2014/proceedings/papers/gis201452553266165d0.pdf [29.04.2014].
- Straatemeier T., 2008, *How to plan for regional accessibility*, Transport Policy, 15, 2, s. 127-137.
- Stryjek B., Warakomska K., 1982, *Zasięg oddziaływania wybranych ośrodków przemysłowych w Polsce w świetle izochrony jednogodzinnej*, Przegląd Geograficzny, 52, 2, s. 321-337.
- Śleszyński P., 2004a, *Demograficzne i ekonomiczne aspekty lokalizacji portu lotniczego w okolicach Warszawy*, Przegląd Komunikacyjny, 3, s. 13-19.
- Śleszyński P., 2004b, *Warunki życia w Warszawie w świetle dostępności przestrzennej mieszkańców do wybranych usług na początku XXI wieku*, [w:] I. Jażdżewska (red.), *Zróżnicowanie przestrzenne warunków życia ludności w mieście (aglomeracji miejskiej)*.

- XVI *Konwersatorium Wiedzy o Mieście*, Katedra Geografii Miast i Turyzmu UŁ, Łódź, s. 77-86.
- Śleszyński P., 2007, *Możliwości rozwoju regionalnych portów lotniczych w Polsce w świetle uwarunkowań popytowych*, Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG, 13, s. 153-174.
- Śleszyński P., 2009, *Wykorzystanie danych georadarowych SRTM-3 w analizie zróżnicowania ukształtowania terenu Polski*, Polski Przegląd Kartograficzny, 41, 3, s. 237-252.
- Śleszyński P., 2011, *Typologia czasowej dostępności transportowej do ośrodków koncentracji usług różnego rzędu*, [w:] *Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030*, mapa 12, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa.
- Śleszyński P., 2012, *Warszawa i Obszar Metropolitalny Warszawy a rozwój Mazowsza*, Trendy Rozwojowe Mazowsza, 8, Mazowieckie Biuro Planowania Regionalnego, Warszawa.
- Śleszyński P., 2014, *Transport- and settlement-related time temporary efficiency of road journeys taken in Poland*, 2013, *Geographia Polonica*, 87, 1, s. 157-160.
- Śleszyński P., Michniak D., Stępiak M., Więckowski M., 2014, *Szacowanie popytu i podaży turystycznej na pograniczu polsko-słowackim z wykorzystaniem metod izochronowych*, *Marketing i Rynek*, 7 (w druku).
- Taylor Z., 1979, *Przestrzenna dostępność miejskiego systemu transportowego Poznania*, Studia KPZK PAN, 67, Warszawa.
- Taylor Z., 1980, *O społecznej geografii transportu*, *Przegląd Geograficzny*, 52, 1, s. 41-59.
- Taylor Z., 1997, *Dostępność miejsc pracy, nauki i usług w obszarach wiejskich jako przedmiot badań geografii społeczno-ekonomicznej – próba analizy krytycznej*, *Przegląd Geograficzny*, 69, 3-4, s. 262-283.
- Taylor Z., 1999, *Przestrzenna dostępność miejsc zatrudnienia, kształcenia i usług a codzienna ruchliwość ludności wiejskiej*, *Prace Geograficzne*, IGiPZ PAN, 171, Warszawa.
- Tobler W., 1993, *Three presentations on geographical analysis and modeling, national center for geographic information and analysis*, Technical Report 93-1, http://www.ncgia.ucsb.edu/Publications/Tech_Reports/93/93-1.PDF
- Tufte E. R., 1997, *Visual Explanations*, Graphics Press, Cheshire.
- van Wee B., Hagoort M., Annema J.A., 2001, *Accessibility measures with competition*, *Journal of Transport Geography*, 9, 4, s. 199-208.
- Vasilyev I.R., 1997, *Mapping Time*, *Cartographica*, 34, 3, Series Monograph, 49, s. 1-51.
- Vickerman R.W., 1974, *Accessibility, attraction, and potential: a review of some concepts and their use in determining mobility*, *Environment and Planning A*, 6, s. 675-691.
- Volvey A., Bretagnolle A., Djannet G., Vrac M., 2005, *Echelles et temporalités*, Editions Atlante, Paris.
- Wachs M., Kumagai T.G., 1973, *Physical accessibility as a social indicator*, *Socio-Economic Planning Science*, 7, 5, s. 437-456.
- Warakomska K., 1992, *Zagadnienie dostępności w geografii transportu*, *Przegląd Geograficzny*, 64, 1-2, s. 67-76.
- Warakomska K., 1993, *Izochrony zmodyfikowane jako kartograficzna metoda przedstawiania dostępności ludności do miasta wojewódzkiego (na przykładzie województwa lubelskiego)*, *Polski Przegląd Kartograficzny*, 25, 2, s. 66-72.
- Wąsowicz J., 1934, *Mapy izochron wojewódzkich*, *Czasopismo Geograficzne*, s. 165-168.
- Wegener M. (red.), 2004, *Overview of land use transport models: Handbook of transport geography and spatial systems*, Elsevier, Oxford.
- Więckowski M., 2004, *Przyrodnicze uwarunkowania kształtowania się polsko-słowackich więzi transgranicznych*, *Prace Geograficzne*, IGiPZ PAN, 195, Warszawa.
- Więckowski M., Michniak D., Bednarek-Szczepańska M., Chrenka B., Ira V., Komornicki T., Rosik P., Stępiak M., Székely V., Śleszyński P., Świątek D., Wiśniewski R., 2012, *Pogranicze polsko-słowackie. Dostępność transportowa a turystyka*, Instytut Geogra-

- fii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Geografický ústav SAV, Warszawa-Bra-
tysława.
- Więckowski M., Michniak D., Bednarek-Szczepeńska M., Chrenka B., Ira V., Komornicki T.,
Rosik P., Stepniak M., Székely V., Śleszyński P., Świątek D., Wiśniewski R., 2014, *Road
accessibility to tourist destinations of the Polish-Slovak borderland: 2010-2030 pre-
diction and planning*, Geographia Polonica, 87, 1, s. 5-26.
- Ziembowa Cz., 1969, *Wpływ odległości i czasu na komunikację pasażerską między miastami
województwami w Polsce*, Przegląd Komunikacyjny, 1, s. 3-36.

[Wpłynęło: luty; poprawiono: kwiecień 2014 r.]

PRZEMYSŁAW ŚLESZYŃSKI

TEMPORAL ACCESSIBILITY AND ITS APPLICATIONS

The article presents an attempt to formulate terminology and develop certain aspects of research methodology as regards the phenomenon of temporal accessibility. Within this framework proposals have been made as regards relational definitions of accessibility, with a methodology of isochrone analysis presented, along with indicators deriving from it. The article also discusses temporal accessibility indicators made use of previously, before proposing new ones associated with transit time in ideal conditions (in a straight line with uniform maximum speed), as related via a ratio to time taken under actual conditions (in which there is curvature of roads and various factors limiting speed of movement). The indicators are illustrated by reference to example applications.

A further purpose of this article has been to bring together and present in one place a variety of methodological solutions applied in recent years at the Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Sciences, when it comes to the analysis and evaluation of temporal accessibility, mainly for practical purposes. The studies in question were carried out within the framework of international projects seeking to develop tourism and transport in the Polish-Slovakian borderland area (via an INTERREG project with the acronym 'Infraregtur'), an evaluation of transport investments funded from European Union sources (and in the hands of the Ministry of Regional Development), the *National Spatial Development Concept 2030* (Ministry of Regional Development), diagnostic and analytical studies relating to the development of Mazowieckie voivodship (regional authorities), and other smaller projects.

The **relational definition of accessibility** was proposed as the possibility for a relationship to pertain between at least two points (places). The attributes involved here are:

- 1) spatial – capable of occurring because relationships pertain between at least two points, i.e. in space (be it, for example, Euclidean or geographical);
- 2) transportation-related – because relationships can occur with the aid of means of transport;
- 3) temporal – because relationships can occur first in physical time (e.g., at a specific time of the day, week, year, etc.), as well as being established along with a transfer taking a given unit of time (number of minutes, hours, days, etc.).

Accessibility is seen to have further attributes if the socio-economic system is taken into account, i.e.:

- 4) social and cultural – where the objects of accessibility are individuals and human communities;
- 5) economic – because the occurrence of a relationship requires effort, or the deployment of adequate technical, financial, etc. means;
- 6) objective-related – because all the relationships in space occur as a result of cause-effect relationships, both discretionary (hidden) or intentional.

Subsequently, discussion centers around the history of the presentation of time on maps (including as regards the isochrone method being used in this work) and the methodology by which temporal accessibility can be designated (including through identification of categories associated with traveling). A presentation is made as regards the concept of the **ideal isochrones**, that would take the shape of a circle's circumference were certain assumptions to apply. Within an ideal isochrone, it is possible to move from a given point in all directions without obstacles, at a steady, uninterrupted maximum speed. Comparison of actual isochrone areas construed on the basis of actual waveforms characterizing the transport network as well as actual travel times as set against ideal ones, and the characteristics of the 'content' of these areas (e.g. as regards the number of inhabitants) allows conclusions to be drawn as regards the degree to which an area is properly served.

Also presented is the concept of the **transport- and settlement-related time efficiency indicator**, being based on an indicator involving the extending of a road, where the physical (Euclidean) distance is replaced by time. The indicator was illustrated by reference to suitable examples. The temporal efficiency or effectiveness are greatest where road connections take the shortest route in a straight line (the orthodromic distance) and where there are no limitations on transfer times. Real barriers and restrictions (parameters of roads, speed limits, traffic, etc.) all cause a fall in the speed of motion, and hence a deterioration as regards the indicator.

Delimitation of the range of influence (market areas and catchment areas) is particularly important because of the development of demand in market conditions. This methodology is particularly suitable for the assessment of the location of points of transport, such as a bus or railway station or airport, as it allows for calculations of the demand generated in relation to the services concentrated in a given center of settlement. Presented here among other things are the results of studies relating to the location of airports in Poland and its Mazovia (Mazowieckie) region.

Presented last is a methodology by which to calculate the **cumulative accessibility**. This is a consequence of the designation of the main isochrone and the type of algebraic calculation, ultimately giving rise to a figure for the cumulative share or percentage. What can be shown here are, for example, absolute values of or percentages for the population (e.g. of residents, enterprises) found within the determined distance from the given point. The cumulative accessibility can be a useful premise upon which to evaluate the effects, efficiency and effectiveness of transport policy

The concepts and examples presented reveal major discrepancies as regards terminology and the methodological complexity of issues relating to temporal accessibility. Restrictions as regards application are associated in particular with the subjective relativity of time, this hindering comparisons based on individual human choices and decisions, then poorly diagnosed reciprocal conditions and cause and effect pertain-

ing between 'pure' temporal accessibility, and its other attributes (e.g. in the context of socio-cultural accessibility), as well as difficulties with obtaining raw data. This happens despite the strong development of methods of identification, especially based on automatic measurements of traffic speeds, GPS systems navigation and mobile telephony development.

It is shown that the method of temporal accessibility may have useful practical implementations. This undoubtedly reflects the universality of time as a comparable measure. While the same time may denote different utilization by different sorts of people and groups of people, and thereby differing efficiency or effectiveness, this would seem to be the most universal of the range of possible indicators of human activity.

Despite the generally very large number of methodological solutions, further progress in the construction of indicators relating to temporal accessibility still seems possible. This is particularly true of the 'relativity' of time in respect of other indicators and measures, based, *inter alia*, on the physical, Euclidean distance. Secondly, there remain very many fields of application in which the methods involving spatial accessibility is still subject to very limited use. A development of computing methods and the Internet is supporting this. It would thus seem that temporal accessibility, as well as spatial accessibility in general, is a matter of unremitting interest, not only among geographers. Of great importance may be the application of accessibility based on its relational meaning, since this will result from an increase in the popularity of such an approach in socio-economic geography and the so-called new economic geography. An increase in the mobility of societies will also encourage interest, as will the search for the most effective means of optimizing spatial planning and the organization of socio-economic systems.

