

Bartłomiej Iwańczak

Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych,
Pracownia Systemów Informacji Przestrzennej
e-mail: b.iwanczak@uw.edu.pl

**ZRÓŻNICOWANIE PRZESTRZENNE ZAGROŻENIA GRYPĄ
W POLSCE**

Spatial heterogeneity of influenza hazard in Poland

Słowa kluczowe: zagrożenie naturalne, grypa, zróżnicowanie przestrzenne

Key words: natural hazard, influenza, spatial heterogeneity

WPROWADZENIE

Celem badania jest przedstawienie możliwości określenia przestrzennego zróżnicowania zagrożenia grypą w Polsce w oparciu o zoperacjonalizowane twarde wskaźniki. Pozwoli to na identyfikację zmiennych społeczno-ekonomicznych, które mogą przestrzennie polaryzować zachorowalność. Tego typu próby określenia przestrzennego zróżnicowania zagrożenia grypą są spotykane stosunkowo rzadko w literaturze. Większość prowadzonych badań dotyczy analizy zróżnicowania zachorowań w czasie, ewolucji i migracji genomu grypy oraz prób predykcji wystąpienia ognisk zachorowań.

Najbardziej precyzyjnym sposobem określenia przestrzennego zróżnicowania zagrożenia grypą byłoby określenie społeczno-demograficznej charakterystyki jednostek przestrzennych (gmin, powiatów), w których zachorowania na grypę odnotowywane są częściej niż w pozostałych. Jednakże, chociaż dane epidemiologiczne dotyczące grypy w Polsce mają stosunkowo dobrą rozdzielczość czasową, to są gromadzone i udostępniane jedynie na poziomie województw (NUTS 2). Uniemożliwia to w zasadzie opracowanie mapy zróżnicowania zagrożenia grypą, gdyż prezentacja zróżnicowania przestrzennego wymagałaby uzyskania danych na poziomie powiatów (NUTS 4) lub gmin (NUTS 5). Z tego powodu zostanie opracowany model regresji liniowej zagrożenia grypą, w którym zachorowalność na poziomie województw zostanie powiązana z danymi dostępnymi na poziomie powiatów.

OPIS CHOROBY

Grypa jest chorobą wywoływaną przez wirusa z rodziny *Orthomyxoviridae*. Wielkość cząsteczki dochodzi do 1000 nm, a kształtem przypomina ona owoc kasztana. Materiał genetyczny wirusa (RNA) znajduje się w otoczce lipidowo-białkowej. Na powierzchni znajdują się wypustki glikoproteinowe: hemaglutyniny (HA) i neuraminidazy (NA), (Brydak 2012). We współczesnej klasyfikacji wirusów wyróżnia się siedem grup. Wirus grypy zaliczany jest do grupy V, czyli wirusów o jednej nici RNA i ujemnej polaryzacji (Płusa 2012).

Ze względu na znaczenie epidemiologiczne, związane z różnicami antygenowymi, można wskazać trzy typy wirusa grypy: A, B i C. Typ A występuje zarówno u ludzi, jak i u zwierząt. Ulega częstym mutacjom, dlatego jest najczęstszą przyczyną nowych ognisk i epidemii. Rodzaj występujących w nim glikoprotein wskazuje na podtyp (zakresy: H1-H16 oraz N1-N9). Typ B występuje tylko u ludzi i ma jeden podtyp. Typy A i B mogą powodować epidemie. Typ C jest dużo mniej zjadliwy, występuje u ludzi i u świń (RCB 2010).

Wyróżnia się dwie formy rozprzestrzeniania się wirusa: poprzez kontakt bezpośredni drogą kropelkową oraz drogą lotną w formie aerozolu (Fuhrmann 2010 za Brankston 2007). Infekcja występuje, gdy wirus wnika do organizmu, a hemaglutynina przyłącza się do nabłonka dróg oddechowych. Ponieważ wirus wykazuje powinowactwo względem tej tkanki, następuje proces transportowania wirusa do wnętrza komórki (endocytozy). Przez pierwsze 48 godzin odczuwane są niespecyficzne objawy (m.in. osłabienie, rozdrażnienie), (Słonecki 2009). Replikacja wirusa odbywa się stosunkowo szybko, mniej więcej co sześć godzin, dzięki czemu szybko pojawiają się objawy specyficzne, zwłaszcza wysoka gorączka (nawet do 39°- 41°), dreszcze, bóle mięśniowe, kostno-stawowe, bóle głowy, gardła, suchy kaszel i uczucie osłabienia. Największym zagrożeniem dla człowieka jest możliwość wystąpienia powikłań: astmy, zapalenia mięśnia sercowego, zapalenia mózgu, zapalenia opon mózgowych, zapalenia mięśni czy niewydolności nerek (RCB 2010).

EPIDEMIOLOGIA

Grypa jest wymieniana w wykazie Rządowego Centrum Bezpieczeństwa jako jedno z zagrożeń występujących w Polsce dla człowieka i gospodarki (RCB 2010). Według szacunków WHO na świecie rocznie choruje nawet do 25% ludzkości, a z powodu powikłań umiera nawet milion ludzi. Największym zagrożeniem dla cywilizacji jest wystąpienie epidemii. W XX wieku wystąpiły cztery epidemie grypy (tabela 1) (RCB, 2010).

Wirus grypy został odkryty przez Christophera Andrewesa, Patrica Laidlowa i Wilsona Smitha w 1933 roku (Brydak 2012). Od tego czasu rozpoczęto badania dotyczące przeciwdziałaniu grypie. Szczepionki po raz pierwszy użyto w 1941 roku. Organizacje zajmujące się profilaktyką zalecają coroczne szczepie-

Tabela 1. Epidemie grypy (źródło: RCB, 2010)**Table 1.** Epidemics of influenza

| Okres | Nazwa |
|-----------|-----------------|
| 1918-1919 | grypa hiszpanka |
| 1957-1958 | grypa azjatycka |
| 1968-1970 | grypa hongkong |
| 1977-1978 | grypa rosyjska |

nia, gdyż szczepionka powinna być modyfikowana przed każdym sezonem grypowym na podstawie przewidywań zmienności genetycznej. Szacuje się, że aby uzyskać odporność społeczeństwa na grypę, należy zaszczepić ok. 3/4 populacji (Brydak 2012). Z drugiej strony pojawiają się opinie, iż poprzez zarażenie organizmu wzrasta jego odporność, a specyfika infekcji, czyli konieczność istnienia komórek nosiciela jako pożywki dla wirusa, niejako wymusza samoczynne wyzdrowienie, gdyż wirus nie może przekroczyć udziału progowego w całości komórek człowieka (Słonecki 2009).

Grypa powraca w kolejnych sezonach mimo praktycznie całkowitego wyginięcia. Istnieją dwa popularne wyjaśnienia. Pierwsze zakłada, że wirusy corocznie wymierają, a jesienią są zastępowane przez nowe. Za region, z którego rozpoczynają się nowe infekcje po praktycznie całkowitym wyeliminowaniu dotychczasowych odmian wirusa uważa się Azję Południowo-Wschodnią i Chiny (Fuhrmann 2010 za Pyle 1986, Shortridge 1997). Przyczyniają się do tego a) warunki termiczno-wilgotnościowe, zwłaszcza deszcze monsunowe oraz b) ptactwo, które jest uważane za rezerwuar wirusa typu A. (Fuhrmann 2010 za Gilbert 2008, Henning 2009, Brydak 2010). Drugie wyjaśnienie zakłada, że wirusy przeczekują w strefie tropikalnej, m.in. Azji, ale też na południu USA i w Ameryce Południowej, czyli warunkach im sprzyjających (Bedford 2010).

Na świecie wskazuje się siedem niezależnych lokalnych sieci rozprzestrzeniania się grypy. Są to Chiny, Japonia, Azja Południowo-Wschodnia, Stany Zjednoczone, Ameryka Południowa, Europa i Oceania. Najbardziej niebezpieczne są połączenia dalekie, pozwalające na migrację wirusa pomiędzy tymi regionami.

Najważniejsze organizacje monitorujące ryzyko wystąpienia grypy to: World Health Organization (WHO), European Influenza Surveillance Scheme (EISS), European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC), Centers for Disease Control and Prevention (CDC, USA), a w Polsce: Główny Inspektorat Sanitarny, Ministerstwo Zdrowia oraz Krajowy Ośrodek ds. Grypy przy PZH. Ostatnia wymieniona organizacja w ramach ogólnopolskiego systemu EPIMELD gromadzi i udostępnia archiwum meldunków o zachorowaniach i podejrzeniach zachorowań na grypę. Dane te zostały wykorzystane w niniejszym opracowaniu.

RYZYKO ZACHOROWANIA NA GRYPĘ

Literatura przedmiotu wskazuje trzy grupy ryzyka związane z zagrożeniem grypą. Pierwsza z nich dotyczy bezpośrednich cech osób zagrożonych. W tym zakresie mówi się o tzw. cechach indywidualnych lub o odporności osobniczej na wirusa (ryzyko osobnicze). To podejście dominuje w naukach biologicznych. Drugą grupę ryzyka stanowi czasowe i przestrzenne zróżnicowanie warunków termiczno-wilgotnościowych (ryzyko klimatyczne). W trzeciej grupie zagrożenie postrzegane jest przez pryzmat warunków sprzyjających rozprzestrzenianiu się wirusa (ryzyko społeczno-demograficzne). Można tutaj mówić o czynnikach ryzyka powiązanych z charakterystyką społeczno-demograficzną ludności, zwłaszcza z mobilnością (Confalonieri 2007, Kimura 2010, Merler 2010).

Ryzyko osobnicze

Do indywidualnych cech osób należących do grupy o podwyższonym ryzyku wystąpienia grypy zalicza się (według WHO za: RCB 2010): dzieci i młodzież do 18 roku życia, osoby powyżej 50 roku życia, kobiety w ciąży, przewlekłe chorych i osoby po przeszczepie, osoby otyłe (BMI > 40), osoby z przewlekłymi chorobami układu sercowo-naczyniowego, oddechowego, nerek, wątroby, chorobami hematologicznymi i metabolicznymi. Według szacunków *Center for Diseases Control and Prevention* (CDC) osoby zagrożone stanowią ok. 30% populacji (RCB 2010). Znaczenie ma również odporność wrodzona, bieżący stan układu odpornościowego oraz nawyki prozdrowotne, jak częste mycie rąk czy zasłanianie twarzy.

Na podstawie tych charakterystyk można wyróżnić szereg zmiennych, które cechują się zróżnicowaniem przestrzennym: liczba mieszkańców w określonych grupach wiekowych, kobieta w ciąży, określana za pomocą wskaźnika liczby urodzeń, zachorowalność. Pośrednim wskaźnikiem dotyczącym zachowań prozdrowotnych może być dostęp do bieżącej wody i kanalizacji.

Ryzyko klimatyczne

Ryzyko klimatyczne wiąże się z występowaniem tzw. sezonu grypowego. Pojawiają się wtedy liczne zachorowania w tym samym czasie, co wpływa na koszty ekonomiczno-społeczne. Sezon grypowy w Polsce trwa od połowy września do końca marca. Wzrost zachorowań trwa do grudnia, kiedy następuje stabilizacja. Kolejny wzrost odnotowuje się w lutym i marcu, czasami w kwietniu (RCB 2010). Od maja do września zachorowalność na grypę praktycznie znika. Opisana sezonowość dotyczy tylko strefy umiarkowanej półkuli północnej. Na półkuli południowej sezon grypowy trwa od maja do września (Fuhrmann 2010 za Hope-Simpson 1992), a w strefie tropikalnej zachorowalność nie ma charakteru sezonowego.

Warunki klimatyczne wpływają przede wszystkim na żywotność i mobilność wirusa. Wirus grypy roznosi się drogą kropelkową, jednak w sprzyjających warunkach może przenosić się samoistnie w powietrzu nawet na kilka kilometrów (Słonecki 2009). Badania pokazały, że spadek wilgotności powoduje dzielenie się

aerozoli na mniejsze cząsteczki, co zwiększa pozostawanie wirusa w powietrzu z 1h do 24h (Fuhrmann 2010 za Weber, Stilianakis 2008). Czynnikiem sprzyjającym jest również silny wiatr. Natomiast gdy temperatura przekroczy 30°C, liczba zarażeń pośrednich jest marginalna (Fuhrmann 2010 za Lowen, 2008), a wirus w takich warunkach ulega biodegradacji (Słonecki, 2009).

W sezonie zimowym zmniejszony jest dopływ promieniowania słonecznego, co powoduje spadek poziomu aktywnej witaminy D oraz zawartości melatoniny w organizmie, a tym samym skutkuje zmniejszeniem odporności układu immunologicznego. Z drugiej strony spada wtedy poziom promieniowania UV, który jest aktywatorem mikrobiologicznym. Rola ilości dostępnego światła nie została jednoznacznie określona (Fuhrmann 2010 za Dowell 2001, Cannell 2006, 2008, Hall 2007).

Na podstawie tych charakterystyk można wyróżnić szereg zmiennych, które cechują się zróźnicowaniem przestrzennym: temperatura, jej zmienność dobową, wilgotność i prędkość wiatru. Dodatkowym wskaźnikiem może być nasłonecznienie mierzone liczbą dni słonecznych. Znaczenie ma również określenie strefy klimatycznej.

Ryzyko społeczno-demograficzne

Niezależnie od charakterystyki termiczno-wilgotnościowej, na szybkość, z jaką rozwija się epidemia grypy, wpływają dwie cechy społeczeństwa uprzemysłowionego. Pierwsza z nich to mobilność i dostępność dalekich połączeń komunikacyjnych. Druga to wysokie zagęszczenie, a tym samym liczba bezpośrednich kontaktów mieszkańców w dużych miastach.

Jako miejsca o podwyższonym ryzyku wybuchu epidemii wskazuje się duże porty morskie i lotnicze (Colizza 2006). Znacząco zwiększa zagrożenie rozbudowana siatka bezpośrednich połączeń lotniczych, zwłaszcza z krajami strefy tropikalnej. W przypadku transferu grypy (jak w każdej strukturze sieciowej) ważna jest nie tylko możliwość połączeń, ale też ich intensywność i częstotliwość (Granovetter 1983). Znaczenie w skali regionalnej i lokalnej ma rozwinięta sieć transportu publicznego (komunikacja autobusowa, kolejowa, tramwajowa, metro). Badania rozprzestrzeniania się grypy między metropoliami europejskimi wskazują na dwa czynniki: dynamikę kontaktów między osobami podatnymi i zarażonymi oraz lotniczy ruch pasażerski (Flahault 1995).

Badania w Stanach Zjednoczonych pokazały, że znaczenie ma nie tyle bezwzględna odległość geograficzna między miejscowościami (pomiędzy środkami ciężkości populacji), ale mobilność mieszkańców (Viboud 2006). Znaczenie ma zwłaszcza charakter pracy, gdyż osoby codziennie dojeżdżające do niej mają większe prawdopodobieństwo spotkania nosicieli wirusa. Zmiennymi pomiaru zagrożenia mogą być również tzw. potoki transportowe, średnia odległość podróży lub udział transportu dalekich odległości (autostrady, połączenia międzynarodowe, międzymiastowe połączenia kolejowe) w strukturze komunikacyjnej. Modele matematyczne wykorzystywane do przewidywania dyfuzji wirusa opierają się

zwłaszcza na nieregularności sieci połączeń (Hufnagel 2004), dzięki czemu pozwalają na rozróżnienie szybszych i wolniejszych kanałów migracji. Grypa początkowo rozwija się w dużych miastach, a następnie przemieszcza do małych miejscowości (Grenfell 2001). Najbardziej narażone są mobilne grupy społeczne, czyli 1) studenci i uczniowie oraz 2) przedstawiciele handlowi, którzy przenoszą chorobę na współzamieszkujących gospodarstwo domowe.

Istotnym aspektem w badaniach epidemiologicznych jest określenie populacji ze względu na różnorodne grupy społeczne (Dushoff, Levin 1995). Oprócz tego rozwojowi epidemii sprzyjają liczne połączenia między niezależnymi grupami społecznymi (tzw. mosty). Warto podkreślić, że takie połączenia dominują wśród osób o wyższym statusie społecznym (Granovetter 1983).

W badaniach przestrzennego zróżnicowania zagrożenia grypą w Europie wskazano środowiska szczególnie podatne: wieloosobowe gospodarstwa domowe, szkoły i zakłady pracy (Merler 2009). W Japonii za cechy związane ze zwiększonym ryzykiem podawano występowanie licznych rodzin wielodzietnych oraz wysoką gęstość zaludnienia w lokalach socjalnych. Pierwszy wskaźnik zwiększał prawdopodobieństwo zachorowania na grypę o nawet 40% (Kimura 2011), gdyż a) dzieci są bardziej podatne na grypę, b) wirus grypy jest dla nich dużo groźniejszy oraz c) mają one częstsze kontakty społeczne w szkołach.

Z powodu licznych kontaktów z nosicielami grypy, do grupy społecznych wysokiego ryzyka zaliczani są pracownicy ochrony zdrowia i personel pomocniczy, członkowie ich rodzin oraz pracownicy służb publicznych, mający kontakt z dużymi zbiorowiskami ludzi, m.in. konduktorzy, kasjerzy, policjanci, wojsko, nauczyciele, przedszkolanki, dziennikarze, ekspedienci sklepów i marketów etc. (Brydak 2012).

Szybki wzrost liczebności (n) oraz jej zagęszczenia na określonym obszarze powoduje wykładniczy wzrost potencjalnych relacji ($n*(n-1)/2$). Im większa miejscowość (większy węzeł komunikacyjny), tym większa rola w sieci, również w sieci migracji grypy (Christaller 1933). Zauważono, że im groźniejsza jest epidemia, tym wyraźniejszy jest związek między wielkością populacji a liczbą zachorowań (Viboud 2006).

Na podstawie tych charakterystyk można wyróżnić szereg zmiennych, które mają związek ze zróżnicowaniem przestrzennym: liczbę osób pracujących i studiujących poza swoim miejscem zamieszkania, gęstość zaludnienia oraz gęstość zabudowy, liczbę mieszkańców, wykształcenie, długość dróg, liczbę szkół, przedszkoli, liczbę domów opieki (Lee, Wong 2012) i innych miejsc pracy potencjalnego ryzyka. Istotna jest również liczba pasażerów lotnisk i portów, liczba połączeń międzynarodowych oraz gęstość i wykorzystanie lokalnego transportu publicznego. Cennym wskaźnikiem mogą być wszelkie miary mobilności, m.in. intensywność ruchu drogowego.

PRZESTRZENNE ZRÓŹNICOWANIE ZAGROŹENIA

Metodyka

W literaturze można znaleźć szereg metod modelowania zachorowań na grypę. Interesujące z punktu widzenia epidemiologii są przede wszystkim próby określenia ognisk, czyli miejsc, gdzie choroba pojawiła się najpierw oraz modele dynamiki rozprzestrzeniania się choroby. w dotychczas stosowanych symulacjach używano m.in. automatów komórkowych i modeli wieloagentowych, dobrze obrazujących bezpośredni kontakt (Markiewicz 2010). Stosowano również sieci neuronowe (Kowalska 2010).

Ze względu na wspomniane we wstępie brak informacji o zapadalności i w powiatach i gminach, konieczne było przewidywanie zachorowalności na podstawie predyktorów z wykorzystaniem analizy regresji liniowej. Model regresji był wcześniej stosowany m.in. w badaniach Merlera (2009), w których wykazano związek grypy z wielkością gospodarstwa domowego (test Spearmana = 0.77, $p < 0.001$), z liczbą studentów (test Spearmana = 0.77, $p < 0.001$) oraz z liczbą osób nieaktywnych zawodowo (test Spearmana = -0.38, $p = 0.02$). Współczynnik determinacji był bardzo wysoki i wyniósł $R^2 = 0.985$.

W przeprowadzonej w poprzednim rozdziale analizie źródeł zostały wyróżnione możliwe potencjalne wskaźniki przestrzennego zróźnicowania zachorowania na grypę. Następnie wyszukano odpowiadające im istniejące zmienne statystyczne dotyczące Polski (tab. 2). Łącznie wyznaczono 39 zmiennych, w tym zmienną zależną (zachorowalność na grypę, została ona oznaczona w tabeli dwiema gwiazdkami - **). Jedną gwiazdką (*) zostały oznaczone zmienne, które pojawiły się w przeglądzie literatury, lecz nie są dostępne na poziomie szczegółowości co najmniej powiatów. Zmienne te zostały uwzględnione w określeniu siły związku predyktorów z zachorowaniami na grypę, jednak na etapie konstruowania równania regresji zostały wyłączone z modelu.

Zgromadzone dane pochodziły z następujących źródeł: dane dotyczące zachorowań na grypę pochodzą z codwutygodniowych raportów udostępnianych przez Krajowy Ośrodek ds. Grypy przy PZH w ramach ogólnopolskiego systemu EPI-MELD. Dane klimatyczne pochodzą z darmowej bazy danych OGIMET, przechowywanej depesze synoptyczne z kilkunastu miast Polski. Dane dotyczące lotnisk i połączeń lotniczych pochodzą z bazy OPENFLIGHTS. Pozostałe dane pochodzą z BANKU DANYCH LOKALNYCH, udostępnianego przez Główny Urząd Statystyczny.

Metoda regresji liniowej pozwala na przypisanie wartości średniej zależnej (zapadalności na grypę) do wartości zmiennych niezależnych za pomocą równania funkcji. Dzięki temu wiadomo, jak duży udział ma każda zmienna niezależna w przewidywaniu zachorowalności. Ponadto pozwala wyróżnić zmienne mające największy udział w modelu, a resztę odrzucić. Do oszacowania parametrów funkcji zastosowano metodę najmniejszych kwadratów. Uzyskano współczynniki równania B oraz całkowity wskaźnik dopasowania modelu R-kwadrat

Tabela 2. Potencjalne zmienne determinujące zachorowalność na grypę w Polsce (źródło: opracowanie własne)

Table 2. Potential variables determining the incidence of influenza in Poland

| Wskaźnik | Zmienna |
|--|--|
| RYZIKO OSOBNICZE | |
| osoby z niską odpowiedzią immunologiczną | Udział osób poniżej 19 roku życia (%) |
| osoby z wysoką odpowiedzią immunologiczną | Udział osób powyżej 50 roku życia (%) |
| kobiety w ciąży | Urodzenia na 1000 mieszkańców (‰) |
| chorzy | Liczba zachorowań na odrę (os.)* Liczba zachorowań na różyczkę (os.)* Liczba zachorowań na WZW B (os.)* Liczba zachorowań na WZW C (os.)* Liczba zachorowań na wirusowe zapalenie opon mózgowych (os.)* Liczba zachorowań na wirusowe zapalenie mózgu (os.)* Liczba zachorowań na grypę (os.)* |
| RYZIKO KLIMATYCZNE | |
| wilgotność powietrza | Średnia wilgotność powietrza (%) |
| prędkość wiatru | Średnia prędkość wiatru (m/s) |
| temperatura | Średnia temperatura (°C) |
| dobowa różnica temperatur | Średnia dobowa różnica temperatury (°C) |
| liczba dni słonecznych | Liczba godzin słonecznych (h) |
| RYZIKO SPOŁECZNO-DEMOGRAFICZNE | |
| osoby otyłe | - |
| osoby niedbające o higienę | Udział gospodarstw bez dostępu do wodociągu (%) Udział gospodarstw bez dostępu do kanalizacji (%) Średnie zużycie wody (m ³ /os)* |
| pracownicy ochrony zdrowia | Liczba lekarzy (os.) Liczba pielęgniarek (os.) |
| nauczyciele, przedszkolanki | Liczba zatrudnionych w przedszkolach (liczba etatów) Liczba zatrudnionych w szkołach podstawowych (liczba etatów) |
| ekspedienci sklepów i marketów | Liczba osób pracujących w sklepach (os.) |
| liczba portów morskich | - |
| liczba kierunków lotniczych | Liczba połączeń lotniczych (szt.)* |
| liczba połączeń z krajami tropikalnymi | - |
| liczba pasażerów transportu międzynarodowego | Przewozy pasażerów w mln. (os.)* Liczba linii autobusowych i tramwajowych (szt.)* |

| | |
|---|---|
| dojazdy do pracy | Liczba osób dojeżdżających do pracy na 1000 osób (‰) |
| autobusowe i kolejowe połączenia międzymiastowe | - |
| długość dróg i autostrad | Długość dróg gminnych i powiatowych o twardej nawierzchni na 10 tys. ludności (km) Liczba wypadków drogowych (szt) |
| liczba studentów i uczniów | Liczba studentów (os.) |
| osoby o wysokim statusie społecznym | Udział osób bez wykształcenia podstawowego (%) Udział osób z wykształceniem wyższym (%) Odsetek osób bezrobotnych (%) |
| wielkość miejscowości | Liczba dużych miejscowości (szt.) |
| duża liczba mieszkańców | Gęstość zaludnienia (os/km ²) Powierzchnia użytkowa mieszkania na osobę (m ² /os) |
| liczba turystów | Stożenie wykorzystania miejsc noclegowych (%) |

(skorygowany). Założono, że korelacja wysoka wystąpi przy przekroczeniu dla R-kwadrat wartości 0.5 (Stanisz 2001).

Ponieważ model ma za zadanie określić przestrzenne zróżnicowanie zagrożenia grypą, zniwelowano wpływ sezonowości zachorowań poprzez uśrednienie wartości zmiennych z okresu pięcioletniego (średnia arytmetyczna). Aby dane były jak najbardziej aktualne i zgodne z danymi społeczno-demograficznymi, wybrano lata 2008-2012. Jeżeli dane za ten okres nie były dostępne, brano ostatni dostępny okres, jeżeli dane miały charakter pojedynczego pomiaru (na przykład pochodziły ze spisu powszechnego), brano dostępną wartość.

Do wykonania obliczeń statystycznych wykorzystano pakiet IBM SPSS w wersji 19. Pojęcia statystyczne pojawiające się w opisach tabel (regresja liniowa, eliminacja wsteczna, selekcja postępująca) zostały użyte zgodnie z tłumaczeniem wersji polskojęzycznej tego programu. Wizualizację w postaci mapy wykonano w programie QGIS 2.0.1.

WYNIKI

Pierwszym etapem analizy było policzenie korelacji Pearsona pomiędzy grypą a jej potencjalnymi predyktorami w celu wstępnego oszacowania wagi elementów wchodzących w skład modelu regresji. Uwzględniono w niej wszystkie dostępne zmienne. Uzyskane wyniki zostały przedstawione w zestawieniu (tab. 3). W nawiasie została podana istotność związku.

Istotny statystycznie związek ($p \leq 0.001$) z zachorowaniami na grypę uzyskało jedenaście predyktorów. Były to zmienne z trzeciej grupy wskaźników, czyli kryteria społeczno-demograficzne. Istotne zmienne można sklasyfikować w trzech

Tabela 3. Korelacje Pearsona między wskaźnikami a zachorowaniem na grypę (źródło: opracowanie własne)**Table 3.** Pearson's correlation coefficient between the indicators and influenza illness

| Wskaźnik | Wartość korelacji (istotność) |
|---|-------------------------------|
| RYZIKO OSOBNICZE | |
| Udział osób poniżej 19 roku życia | -0.052 (0.849) |
| Udział osób powyżej 50 roku życia | -0.011 (0.968) |
| Urodzenia na 1000 mieszkańców | 0.588 (0.017) |
| Liczba zachorowań na odrę | 0.490 (0.054) |
| Liczba zachorowań na różyczkę | 0.560 (0.024) |
| Liczba zachorowań na WZW B | 0.650 (0.006) |
| Liczba zachorowań na WZW C | 0.593 (0.016) |
| Liczba zachorowań na wirusowe zapalenie opon mózgowych | 0.758 (0.001) |
| Liczba zachorowań na wirusowe zapalenie mózgu | 0.089 (0.743) |
| Liczba gospodarstw bez dostępu do wodociągu | 0.067 (0.805) |
| Liczba gospodarstw bez dostępu do kanalizacji | -0.148 (0.504) |
| Średnie zużycie wody | 0.496 (0.050) |
| RYZIKO KLIMATYCZNE | |
| Średnia wilgotność powietrza | -0.99 (0.716) |
| Średnia prędkość wiatru | 0.171 (0.526) |
| Średnia temperatura powietrza | 0.197 (0.465) |
| Średnia dobowa różnica temperatury | -0.072 (0.791) |
| Liczba godzin słonecznych | 0.104 (0.703) |
| RYZIKO SPOŁECZNO-DEMOGRAFICZNE | |
| Liczba lekarzy | 0.816 (0.001) |
| Liczba pielęgniarek | 0.794 (0.001) |
| Liczba zatrudnionych w przedszkolach | 0.881 (0.001) |
| Liczba zatrudnionych w szkołach podstawowych | 0.889 (0.001) |
| Liczba osób pracujących w sklepach | 0.827 (0.001) |
| Liczba połączeń lotniczych | 0.894 (0.001) |
| Liczba pasażerów w ruchu lotniczym | 0.885 (0.001) |
| Przewozy pasażerów w transporcie publicznym w mln. | 0.883 (0.001) |
| Liczba linii autobusowych i tramwajowych | 0.583 (0.018) |
| Liczba osób dojeżdżających do pracy na 1000 os. | 0.345 (0.191) |
| Długość dróg gminnych i powiatowych o twardej nawierzchni na 10 tys. ludności | -0.458 (0.074) |

| | |
|--|----------------|
| Liczba wypadków drogowych | 0.856 (0.001) |
| Liczba studentów | 0.931 (0.001) |
| Udział osób bez wykształcenia podstawowego | -.0453 (0.078) |
| Udział osób z wykształceniem wyższym | 0.784 (0.001) |
| Odsetek osób bezrobotnych | -0.675 (0.004) |
| Liczba miejscowości | 0.605 (0.013) |
| Gęstość zaludnienia | 0.412 (0.113) |
| Powierzchnia użytkowa mieszkania na osobę | 0.488 (0.055) |
| Stopień wykorzystania miejsc noclegowych | 0.108 (0.691) |

grupach. Pierwsza dotyczy charakteru pracy, w której występuje częsty kontakt z dużymi skupiskami osób potencjalnie chorych. Byli to 1) lekarze, 2) pielęgniarki, 3) nauczyciele, 4) przedszkolanki i 5) pracownicy sklepów. Druga grupa dotyczyła połączeń lotniczych, w tym 6) liczby pasażerów oraz 7) liczby kierunków. Ważna była również 8) liczba pasażerów w transporcie publicznym. Trzecia grupa zmiennych dotyczy mobilności mieszkańców poprzez: 9) liczbę studentów (najwyższa korelacja w pomiarze), 10) liczbę osób z wyższym wykształceniem oraz 11) liczbę wypadków drogowych.

Powyższe zmienne (z wyłączeniem tych, które nie były dostępne na poziomie powiatów) utworzyły model 1. Model 2 utworzyły wszystkie zmienne dostępne na poziomie powiatów.

Model 1 z wykorzystaniem metody wprowadzania, czyli uwzględniający wszystkie zmienne dodane do modelu, wyjaśnia 92% zróżnicowania zachorowalności na grypę w województwach (tab. 4, 5, 6).

W drugim podejściu wprowadzono zmienne z Modelu 1 metodą eliminacji wstecznej, czyli usuwając zmienne z najmniejszą cząstkową korelacją ze zmienną zależną. Okazało się, że do trafnego przewidywania przestrzennego rozmieszczenia grypy wystarczy znajomość rozmieszczenia czterech zmiennych: liczby pielęgniarzy, liczby lekarzy, liczby nauczycieli i liczby pracowników sklepów.

Tabela 4. Model 1 (metoda wprowadzania) – podsumowanie (źródło: opracowanie własne)

Table 4. Model No 1 (enter method) – summary

| Model | R | R-kwadrat | Skorygowane R-kwadrat | Błąd standardowy |
|-------|------|-----------|-----------------------|------------------|
| 1 | 0,98 | 0,96 | 0,92 | 13724.86 |

Tabela 5. Model 1 (metoda wprowadzania) – ANOVA (źródło: opracowanie własne)

Table 5. Model No 1 (enter method) - ANOVA

| Model | Suma kwadratów | df | Średni kwadrat | F | Istotność | |
|-------|----------------|-------|----------------|-------|-----------|---------------|
| 1 | Regresja | 3,53E | 8 | 4,42E | 23,44 | poniżej 0,001 |

Tabela 6. Model 1 (metoda wprowadzania) – współczynniki (źródło: opracowanie własne)
Table 6. Model No 1 (enter method) – coefficients

| Współczynniki | | | | | | |
|---------------|---------------|------------|------------------|--------|--------|-----------|
| Model | | B | Błąd standardowy | Beta | t | Istotność |
| 1 | (Stała) | -34650,231 | 59899,995 | | -0,578 | 0,581 |
| | lekarze | -1,975 | 4,442 | -0,286 | -0,445 | 0,670 |
| | pielęgniarki | -5,967 | 4,943 | -0,936 | -1,207 | 0,267 |
| | przedszkola | 17,533 | 8,206 | 0,955 | 2,137 | 0,070 |
| | sklepikarze | -0,164 | 0,706 | -0,120 | -0,232 | 0,823 |
| | nauczyciele | 0,758 | 3,625 | 0,081 | 0,209 | 0,840 |
| | studenci | 0,493 | 0,221 | 0,763 | 2,236 | 0,840 |
| | wykształcenie | 2940,676 | 4505,324 | 0,117 | 0,653 | 0,535 |
| wypadki | 10,932 | 6,795 | 0,380 | 1,609 | 0,152 | |

Tabela 7. Model 1 (metoda eliminacji wstecznej) – podsumowanie (źródło: opracowanie własne)

Table 7. Model No 1 (backward elimination method) – summary

| Model | R | R-kwadrat | Skorygowane R-kwadrat | Błąd standardowy |
|-------|------|-----------|-----------------------|------------------|
| 1 | 0,98 | 0,96 | 0,95 | 11391.32 |

Tabela 8. Model (metoda eliminacji wstecznej) – ANOVA (źródło: opracowanie własne)

Table 8. Model No 1 (backward elimination method) – ANOVA

| Model | | Suma kwadratów | df | Średni kwadrat | F | Istotność |
|-------|----------|----------------|----|----------------|-------|---------------|
| 1 | Regresja | 3,53E | 4 | 8,80E | 67,85 | poniżej 0,001 |

Tabela 9. Model 1 (metoda eliminacji wstecznej) – współczynniki (źródło: opracowanie własne)

Table 9. Model No 1 (backward elimination method) – coefficients

| Model | | B | Błąd standardowy | Beta | t | Istotność |
|-------|--------------|----------|------------------|--------|--------|-----------|
| 1 | (Stała) | 4987,860 | 6670,986 | | 0,748 | 0,470 |
| | pielęgniarki | -7,816 | 1,567 | -1,226 | -4,988 | 0,001 |
| | przedszkola | 17,275 | 5,179 | 0,941 | 3,336 | 0,007 |
| | studenci | 0,559 | 0,102 | 0,865 | 5,468 | 0,001 |
| | wypadki | 10,112 | 4,826 | 0,351 | 2,096 | 0,060 |

Tabela 10. Model 2 (metoda selekcji postępującej) – podsumowanie (źródło: opracowanie własne)

Table 10. Model No 2 (forward selection method) - summary

| Model | R | R-kwadrat | Skorygowane R-kwadrat | Błąd standardowy |
|-------|-----|-----------|-----------------------|------------------|
| 2 | ,93 | 0,87 | 0,86 | 18733.49 |

gniarek, liczby pracowników przedszkoli, liczby wypadków drogowych i liczby studentów. Wyjaśnienie zmienności wzrosło w tym modelu do 95% (tab. 7, 8, 9).

W sytuacji gdy uwzględniono wszystkie zmienne potencjalnie związane z przestrzennym zróżnicowaniem zagrożenia grypą, analiza regresji wyświetla błąd wywołany przez zbyt małą liczbę obserwacji (województwa) w stosunku do liczby zmiennych. Zastosowano zatem metodę dodawania zmiennych do modelu (selekcji postępującej). W ten sposób w modelu 2 została zidentyfikowana tylko jedna zmienna niezależna: liczba studentów, która wyjaśnia 86% wariancji (tab. 10).

Tym samym okazało się, że najlepiej (95%) zachorowalność na grypę wyjaśnia model regresji czterech zmiennych: 1) zatrudnionych pielęgniarek, 2) osób zatrudnionych w przedszkolach, 3) liczby studentów oraz 4) liczby wypadków drogowych. Tym samym uzyskane docelowe równanie regresji ma zapis: $y = 4987.860 - 7.816x_1 + 17.275x_2 + 0.559x_3 + 10.112x_4$.

Tabela 11. Porównanie wartości obliczonej na podstawie równania regresji z wartością rzeczywistą (źródło: opracowanie własne)

Table 11. Comparison of the calculated value with the real value

| Województwo | Wartość oczekiwana (O) | Wartość rzeczywista (R) | Stosunek R/O |
|---------------------|------------------------|-------------------------|--------------|
| ŁÓDZKIE | 61880.40 | 67055.71 | 1.08 |
| MAZOWIECKIE | 182933.20 | 179251.88 | 0.98 |
| MAŁOPOLSKIE | 106753.00 | 116892.59 | 1.09 |
| ŚLĄSKIE | 75998.00 | 75037.25 | 0.99 |
| LUBELSKIE | 17606.40 | 27044.37 | 1.54 |
| PODKARPACKIE | 29152.00 | 17450.17 | 0.60 |
| PODLASKIE | 24011.80 | 17052.81 | 0.71 |
| ŚWIĘTOKRZYSKIE | 4844.80 | 10978.92 | 2.27 |
| LUBUSKIE | 10436.00 | 14636.31 | 1.40 |
| WIELKOPOLSKIE | 123918.60 | 126560.41 | 1.02 |
| ZACHODNIOPOMORSKIE | 21536.00 | 33211.82 | 1.54 |
| DOLNOŚLĄSKIE | 69577.20 | 69305.61 | 1.00 |
| OPOLSKIE | 29524.60 | 24494.79 | 0.83 |
| KUJAWSKO-POMORSKIE | 20677.40 | 30059.31 | 1.45 |
| POMORSKIE | 87125.80 | 60973.45 | 0.70 |
| WARMIŃSKO-MAZURSKIE | 29378.40 | 25760.95 | 0.88 |

Wartość zagrożenia zachorowalnością na grypę dla każdego województwa została obliczona z wykorzystaniem równania i porównania z rzeczywistymi wynikami (tab. 11.). Niedoszacowanie zagrożenia grypą występuje w województwach: lubelskim, świętokrzyskim, lubuskim, zachodniopomorskim i kujawsko-pomorskim. Przeszacowanie zagrożenia występuje w województwach: podkarpackim, podlaskim, opolskim, pomorskim i warmińsko-mazurskim.

Ponieważ równanie regresji zostało wykorzystane do obliczenia wartości zagrożenia grypą w województwach, w których rzeczywista zachorowalność jest znana, przy obliczaniu wartości zagrożenia grypą w powiatach jako wagę dla województwa uwzględniono stosunek R/O, odpowiadający niedoszacowaniu lub przeszacowaniu wartości zagrożenia w każdym z województw. Uzyskana wartość zagrożenia grypą jest zatem ważoną liczbą zachorowań na grypę w powiatach. Otrzymane wartości zagrożenia grypą w powiatach zwizualizowano w postaci kartogramu.

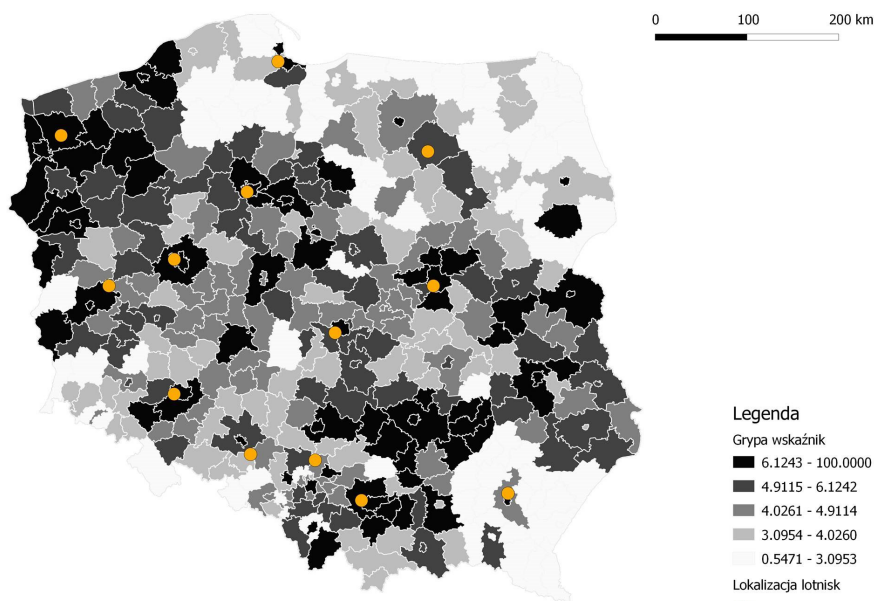
Mapa zagrożenia

Na podstawie równania regresji uwzględniającego wybrane cztery zmienne oraz parametru R/O została obliczona wartość w każdym z powiatów, która następnie została znormalizowana do wartości procentowej (stosunek wartości bieżącego powiatu do wartości maksymalnej). Po wczytaniu danych do programu QGIS wykonano kategoryzację do pięciu klas metodą kwantyli. Uwypuklono tym samym zróżnicowanie przestrzenne poprzez podział na równe klasy. W ten sposób powstała mapa zagrożeń (ryc. 1.).

Należy zauważyć, że wzrost wskaźnika ma charakter wykładniczy. Ostatni (najwyższy) przedział obejmuje wartości od ponad 6% do 100%. Są to przede wszystkim powiaty z największą liczbą ludności (duże miasta), w tym te, w których znajdują się lotniska o znaczeniu międzynarodowym dla ruchu pasażerskiego (pomarańczowe punkty). Uzyskane wartości nie pozwalają na stwierdzenie, czy zagrożenie grypą jest w danym miejscu wysokie czy niskie, jednak pozwalają porównać, gdzie jest ono mniejsze, a gdzie większe.

INTERPRETACJA I WNIOSKI

Przeprowadzona analiza pozwoliła na określenie przestrzennego zróżnicowania zagrożenia grypą na podstawie cech społeczno-demograficznych dostępnych dla powiatów. Utworzono model regresji uwzględniający cztery zmienne, pokazujące 1) intensywność połączeń między miejscowościami i mobilność mieszkańców (wypadki samochodowe), 2) bazę infrastrukturalną dla grupy społecznej, która najczęściej jest zagrożona zachorowaniem (dzieci w wieku przedszkolnym), 3) grupę społeczną, która jest najbardziej mobilna i przenosi wirusa grypy na duże odległości (studenci) oraz 4) rolę lokalnej infrastruktury medycznej, która ma bezpośredni kontakt z zachorowaniami (pielęgniarki).



Ryc. 1. Przestrzenne zróźnicowanie zagrożenia grypą w Polsce oraz lokalizacja lotnisk o znaczeniu międzynarodowym (źródło: opracowanie własne)

Fig. 1. Spatial heterogeneity of influenza hazard in Poland by counties with international airport locations

W modelu nie znalazły się zmienne związane z warunkami klimatycznymi, gdyż poszukiwano społecznych i ekonomicznych czynników wpływających na przestrzenną zmienność zagrożenia grypą, jakkolwiek oczywiste jest, że warunki klimatyczne oraz odporność organizmu wpływają na zachorowania. Nie można jednoznacznie stwierdzić, że zróźnicowanie cech osobniczych pod względem odporności ujawnia zależności przestrzenne, a więc prawdopodobnie ma charakter losowy. Natomiast warunki klimatyczne wpływają na dynamikę grypy przede wszystkim z punktu widzenia zmian w czasie, poprzez okresowe nasilenia. W analizie statystycznej nie ujawniły się istotne relacje statystyczne zmiennych klimatycznych. Można zatem stwierdzić, że najważniejszym kryterium przestrzennego zróźnicowania zagrożenia grypą jest populacja, jej wielkość oraz konfiguracja grup społecznych. Wyniki te wydają się potwierdzać teoretyczne koncepcje i wcześniejsze badania predyktorów związanych z grypą.

Uzyskane przestrzenne zróźnicowanie zagrożenia zachorowaniami na grypę nie ma ciągłości przestrzennej, chociaż można zauważyć klasteryzację na poziomie regionów. Widoczna jest dominacja dużych ośrodków miejskich, zwłaszcza stolic województw. Zagrożenie jest również widoczne w okolicach, w których następuje duży przepływ ludności, na przykład w powiatach wzdłuż głównych

dróg. Zagrożone są też obszary przylegające do dużych miast, silnie z nimi skomunikowane. Stosunkowo niewielkie zagrożenie można zaobserwować w północno-wschodniej Polsce (woj. podlaskie, warmińsko-mazurskie), gdzie zabudowa jest rozproszona i dominują tereny naturalne. Ciekawym zjawiskiem jest fakt, że dosyć często miasta na prawach powiatu mają niższe wartości niż otaczające je powiaty wiejskie. Może to wynikać z lepszej infrastruktury medycznej tych pierwszych. Mimo stosunkowo niewielkiej roli transportu lotniczego w Polsce (usytuowanie lotnisk jedynie w największych miastach), związek z zachorowaniami na grypę jest znaczący.

W Polsce gromadzone są jedynie meldunki epidemiologiczne dotyczące zachorowań na grypę na poziomie województw. Pozwala to przede wszystkim na badanie czasowej zmienności a nie przestrzennego zróżnicowania. Dlatego najpoważniejszym problemem, który pojawił się podczas trwania projektu, był brak danych dla jednostek niższego szczebla niż województwa (powiatów, gmin), pozwalających na przygotowanie mapy zagrożenia.

Rezygnacja z badania zmienności w czasie spowodowała, że model nie przedstawia pełnej charakterystyki zagrożenia grypą z punktu widzenia epidemiologii. Poprzez użycie predyktorów nie pokazuje również bezwzględnych wartości zachorowań, lecz jedynie przestrzenne zróżnicowanie. Należy mieć świadomość, że jest ono przybliżeniem właściwych wartości, którymi byłyby właściwe statystyki zbierane w gminach.

Powyższa analiza dotyczy przede wszystkim zagrożenia w okresie przed nastaniem epidemii. W przypadku, gdyby epidemia wystąpiła, dojdą nowe czynniki (zapasy leków antywirusowych w większych ośrodkach) i założenia (mała gęstość sieci dróg zarówno zmniejsza rozprzestrzenianie się choroby jak i zmniejsza możliwość szybkiego udzielenia pomocy).

Podziękowanie

Badanie zrealizowano w ramach projektu badawczego pt. Zróżnicowanie przestrzenne wrażliwości społeczeństwa informacyjnego na wybrane zagrożenia naturalne w Polsce, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (DEC-2011/03/B/HS4/04933).

Literatura

- Bedford T., Cobey S., Beerli P., Pascual M., 2010, Global Migration Dynamics Underlie Evolution and Persistence of Human Influenza (A H3N2). *PLoS Pathogens* Vol 6(5). 1-9.
- Brydak L., 2012, Grypa – problem stary jak świat. *Hygeia Public Health*, 47(1). 1-7 Cambridge University Press, Cambridge, UK, 391-431.
- Christaller W. 1933, Die Zentralen Orte in Süddeutschland. Eine ökonomisch-geographische Untersuchung über die Gesetzmässigkeit der Vorbereitung und Entwicklung der Siedlungen mit städtischen Funktionen, Jena.

- Confalonieri, U., Menne B., Akhtar R., Ebi K.L., Hauengue M., Kovats R.S., Revich B., Woodward A., 2007, Human health. Climate Change [w:] Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (red).
- Dushoff J., Levin S., 1995, The effects of population heterogeneity on disease invasion. *Mathematical Bioscience*, Vol. 128, 25–40.
- Flahault A., Deguen S., Valleron A.-J., 1994, A mathematical model for the European spread of influenza. *European Journal of Epidemiology*, Vol. 10, 471-474
- Fuhrmann Ch., 2010, The Effects of Weather and Climate on the Seasonality of Influenza: What We Know and What We Need to Know. *Geography Compass*. Vol 4(7). 718–730
- Granovetter M., 1983, The Strength of Weak Ties: A Network Theory Revisited. *Sociological Theory*. Vol. 1. 201-233.
- Grenfell B., Bjornstad T., Kappey J., 2001, Travelling waves and spatial hierarchies in measles epidemics. *Nature*, Vol. 414, 716–723.
- Hufnagel L., Brockmann D., Geisel T., 2004, Forecast and control of epidemics in a globalized world. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 101, 15124–15129
- Kimura Y, Saito R., Tsujimoto Y, Ono Y, Nakaya T, Shobugawa Y, Sasaki A., Oguma T, Suzuki H. 2011, Geodemographics profiling of influenza A and B virus infections in community neighborhoods in Japan. *BMC Infectious Diseases*. Vol 11(36). 1-12 Merler, 2010
- Kowalska R., Noga A., Kawecki M, Szczypór P., 2010, Analiza i prognozowanie poziomu zachorowań na grypę. Instytut Matematyki i Informatyki. Politechnika Wroclawska.
- Lee S., Wong N., 2012, Relationship between population configuration and the spatial pattern of pandemic influenza A (H1N1) 2009 in Hong Kong. *Hong Kong Medicine Journal*. Vol. 18(4). 310-317.
- Markiewicz M., Sikora A., Zajączkowska K., Balcerek M, Kupczyk P., 2010, Analiza i prognozowanie poziomu zachorowań na grypę. Instytut Matematyki i Informatyki. Politechnika Wroclawska.
- Merler S., Ajelli M., 2009, The role of population heterogeneity and human mobility in the spread of pandemic influenza. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* Vol. 277, 557–565.
- Plusa T., 2012, Charakterystyka i klasyfikacja czynników biologicznych. *Polski Merkuriusz Lekarski* T.XXXIII(197). 237-240.
- RCB, 2010, Rządowe Centrum Bezpieczeństwa. Zagrożenia okresowe występujące w Polsce. Wydział Analiz i Prognoz Biura Monitorowania i Analizy Zagrożeń RCB. 29-32 .
- Słonecki J., 2009, Grypa – choroba prozdrowotna. [<http://portal.bioslone.pl/istota-chorob-infekcyjnych/grypa-choroba-prozdrowotna>]
- Stanisz A., 2001, Podstawy statystyki dla prowadzących badania naukowe. Odcinek 21: Analiza korelacji. *Medycyna Praktyczna*, Vol. 10. 176-181.
- Viboud C., 2006, Synchrony, Waves, and Spatial Hierarchies in the Spread of Influenza. *Science* Vol. 312. 447-451.

Summary

The aim of study is revealing spatial heterogeneity of influenza hazard in Poland using (operationalized) indices concerning socio-economic characteristics, which in turn may cause polarization of influenza illness. The studies of influenza concern usually analyses of illness in time, evolution and migrations of flu genome and prediction of epidemic outbreaks. The geographical approach to influenza hazard is rather rare. The study concerns the statistical relations at the level of NUTS 2 (voivodships regions), construction the regression model and its application at the level of NUTS 4 (counties). The empirical part of study involve description of method, list of independent variables and results, which also have been presented cartographically.

Acknowledgments

The research project, ‘Spatial Differentiation of Information Society Vulnerability to Defined Environmental Hazards in Poland’ is supported by the Polish National Science Centre (DEC-2011/03/B/HS4/04933, 2012-2015).