

Nowoczesne Systemy Zarządzania
Zeszyt 13 (2018), nr 2 (kwiecień-czerwiec)
ISSN 1896-9380, s. 107-128



Instytut Organizacji i Zarządzania
Wydział Cybernetyki
Wojskowa Akademia Techniczna
w Warszawie

Modern Management Systems
Volume 13 (2018), No. 2 (April-June)
ISSN 1896-9380, pp. 107-128

Institute of Organization and Management
Faculty of Cybernetics
Military University of Technology

Systemy informacji geoprzestrzennej w zarządzaniu procesami biznesowymi

Geospatial information systems in business process management

Grzegorz Pokorski

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Cybernetyki,
Instytut Organizacji i Zarządzania

Piotr Zaskórski

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Cybernetyki,
Instytut Organizacji i Zarządzania

Abstrakt. Systemy Informacji Geoprzestrzennej (GIS), zazwyczaj kojarzone z zastosowaniami kartograficznymi, rozszerzają swój zakres wykorzystania. Internet Rzeczy w połączeniu z formułą otwartych danych zwiększa powszechność i dostępność danych geograficznych. Możliwe więc staje się zwiększenie zakresu zasobów informacyjnych utrzymywanych dotychczas w postaci znakowej. Narzędzia GIS wzbogacają funkcjonalność rozwiązań informatycznych w obszarze zarządzania poprzez coraz szersze wykorzystanie zarówno analiz geoprzestrzennych, jak i własności samych systemów GIS. Artykuł jest próbą pokazania możliwości wykorzystania wymiaru geograficznego na potrzeby analiz biznesowych.

Słowa kluczowe: systemy GIS, geoanalizy, Internet Rzeczy.

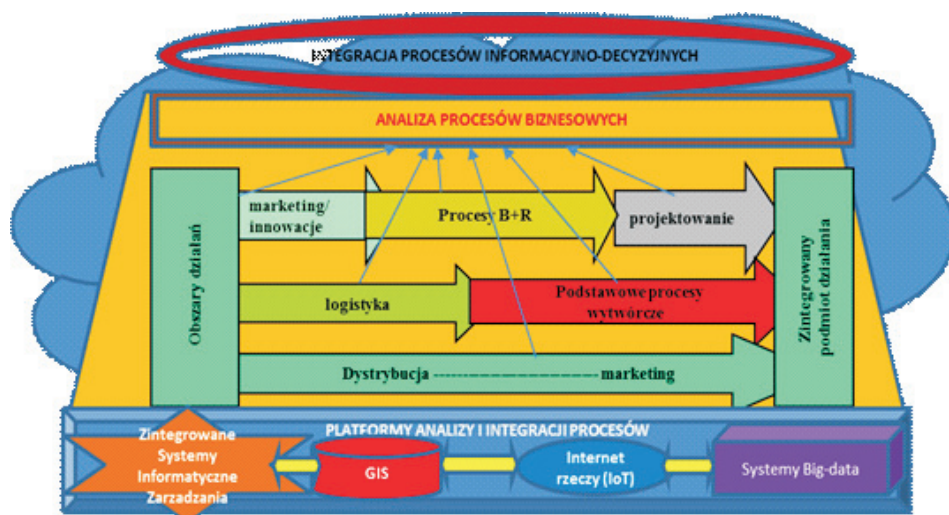
Abstract. Geospatial Information Systems, usually associated with cartographic, are expanding their range of use. The Internet of Things combined with the open data formula increases the universality and availability of geographic data, which allows to increase the range of information resources held so far in the alphanumeric form. Thanks to the availability of GIS tools, it becomes possible to enrich the functionality of business management solutions through the increasing use of geospatial analyzes and GIS systems. The article is an attempt to show the possibility of using the geographical dimension for the needs of business analyzes.

Keywords: GIS systems, geoanalysis, Internet of Things.

Wstęp

Systemy Informacji Geoprzestrzennej (GIS) zwykle są kojarzone z zastosowaniami kartograficznymi (mapy cyfrowe), ale coraz bardziej rozszerza się zakres ich wykorzystania. Inicjatywa otwartych danych i oprogramowania „open source” zwiększa dostępność danych geograficznych, co pozwala (poprzez proste przypisanie współrzędnych) na zobrazowywanie na mapach cyfrowych coraz bogatszego zakresu informacji (zasobów informacyjnych), utrzymywanych dotychczas w postaci znakowej/tabelarycznej m.in. na potrzeby zarządzania.

Dzięki dostępności narzędzi służących do analiz geoprzestrzennych możliwe staje się wzbogacanie funkcjonalności rozwiązań informatycznych poprzez coraz szersze wykorzystanie systemów GIS. Artykuł jest próbą pokazania możliwości wykorzystania wymiaru geograficznego do analiz biznesowych z uwzględnieniem zarówno systemów GIS, jak i platformy Internetu Rzeczy (IoT) oraz funkcji analitycznych rozwiązań klasy Big-Data. Zintegrowane Systemy Informatyczne Zarządzania (ZSIZ) klasy Business Intelligence (OLTP, OLAP) wymagają często dodatkowych modułów (systemów) GIS do przetwarzania danych geoprzestrzennych – rysunek 1. Podjęto także próbę wyjaśnienia, jakim ograniczeniom podlega przetwarzanie danych geoprzestrzennych w kontekście różnych rozwiązań systemowych.



Rys. 1. Systemy GIS jako platforma analizy i integracji procesów biznesowych

Źródło: opracowanie własne

1. Ewolucja i wybrane zastosowania GIS

Nazwa GIS pochodzi od słów „Geographic Information System” i oznacza systemy wyspecjalizowane w generowaniu, przechowywaniu, przetwarzaniu i udostępnianiu danych geograficznych. W Polsce termin GIS upowszechnił się na przełomie lat 80. i 90. XX wieku wraz z rozwojem tego typu systemów (Gaździcki, 1990). Obok terminu „systemy informacji geograficznej” funkcjonowały równolegle terminy: „systemy informacji przestrzennej”, „systemy informacji o terenie” czy też „systemy informacji geoprzestrzennej”. Możemy uznać je za synonimy z uwagi na fakt, że dotyczyły tej samej klasy systemów przeznaczonych do gromadzenia, przechowywania, analizy i zarządzania danymi, które można odnieść do położenia względem powierzchni Ziemi (Longley et al., 2011). Pierwszym systemem wykorzystującym nazwę GIS był, powstały w 1963 roku na potrzeby Kanadyjskiej Agencji Inwentaryzacji Gruntów, „Canada Geographic Information System”. Z uwagi na stopień złożoności, wymagał on specjalnego (mocnego) sprzętu i oprogramowania (rysunek 2).



Rys. 2. Stanowisko pracy systemu Canada Geographic Information System

Źródło: Chrobak i in., 2013

Rozwój technologii komputerowych zaowocował powstaniem kolejnych systemów GIS tworzonych przez założone w tym celu firmy: w 1969 roku powstają firmy ESRI¹ oraz Intergraph². Jednak dopiero w roku 1981 powstaje pierwsze komercyjne oprogramowanie GIS ArcInfo firmy ESRI, a w 1986 roku MapInfo³. Z uwagi na złożoność, systemy te wymagały mocnego sprzętu i oprogramowania, które wytwarzało niewiele firm. W roku 2010 kilku producentów systemów GIS

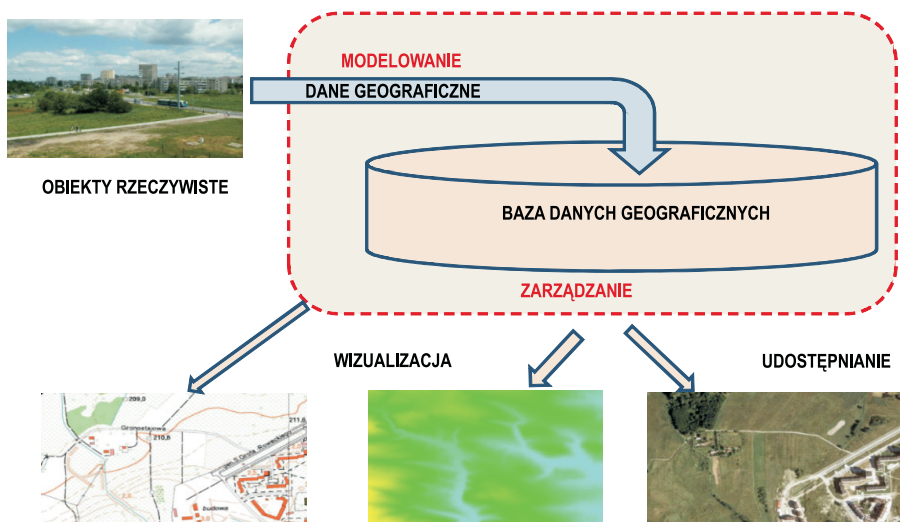
¹ Environmental Systems Research Institute.

² Początkowo firma nazywała się M&S Computing.

³ Firmy Pitney Bowes Software.

(ESRI, Intergraph, Autodesk, IBM, GE Energy, Leica, MapInfo) skupiało ponad 80% rynku (Wnęk, 2010). Systemy GIS były drogie i dostępne dla niewielkiej liczby użytkowników. W połowie lat 90. XX wieku jednostanowiskowa wersja systemu GIS firmy Intergraph kosztowała (w zależności od ilości dostępnych modułów programowych oraz klasy sprzętu komputerowego) od 20 do 100 tysięcy dolarów⁴. Systemy GIS wykorzystywane były głównie przez organizacje zajmujące się zarządzaniem danymi geograficznymi dostępnymi dotychczas w postaci map papierowych (dla takich branż, jak: administracja publiczna, geoinżynieria, planowanie przestrzenne, telekomunikacja itp.). Ten sam model przetwarzania, który był stosowany dla map papierowych, zaadaptowano na potrzeby danych komputerowych (map cyfrowych). Możemy zatem wyodrębnić trzy obszary funkcjonalne systemów GIS (rysunek 3):

- pozyskiwanie (modelowanie) danych,
- zarządzanie (przetwarzanie) danych,
- udostępnianie i wizualizacja danych.



Rys. 3. Model przetwarzania danych geograficznych

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Chrobak i in., 2013

Przyjęty model zakładał, że dane są pozyskiwane, przechowywane i aktualizowane w jednym miejscu i udostępniane użytkownikom bez prawa modyfikacji. Różne technologie stosowane w systemach GIS poszczególnych producentów spowodowały, że rozwój tych systemów przebiegał analogicznie jak rozwój innych systemów informatycznych i wpisywał się w strategię „wysp” informacyjnych

⁴ Na podstawie doświadczenia autorów uczestniczących w procesie pozyskiwania tego oprogramowania dla MON.

(Zaskórski, 2011) związanych z tworzeniem systemów dziedzinowych. Dlatego w każdym obszarze funkcjonalnym występowały różnice między poszczególnymi systemami GIS. Nawet proces pozyskiwania danych geograficznych determinujący sposób ich modelowania, czyli sposób przekształcenia świata rzeczywistego w świat wirtualny (komputerowy), wykazywał różnice w:

- podziale modelowanego obszaru na abstrakcyjne obiekty (inna reprezentacja złożonych obiektów, np. jezioro z wyspą);
- wybieraniu sposobu reprezentacji dla poszczególnych obiektów (różne znaki);
- określaniu sposobu wymiarowania poprzez ich identyfikację w odniesieniu do Ziemi (różne układy odniesienia i współrzędnych). Mimo różnic technologicznych (różne formaty udostępniania danych), proces wizualizacji danych geograficznych realizowany jest według określonych modeli (rysunek 4).

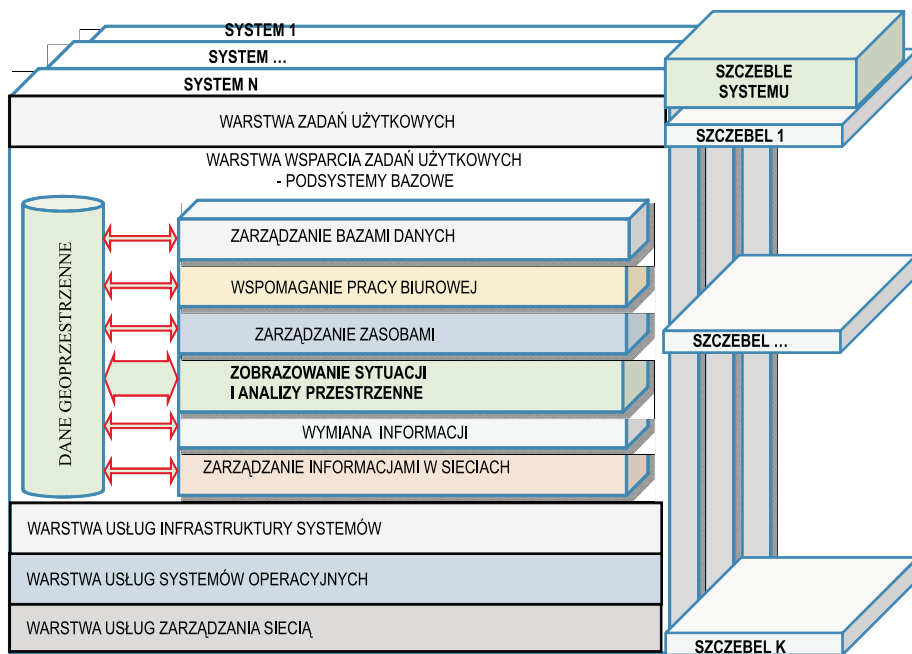


Rys. 4. Zobrazowanie tego samego obszaru bazy danych geograficznych za pomocą różnych modeli: kolejno DLM, DCM i obrazowego

Źródło: Olszewski, 2006

- **Model topograficzny** (Digital Landscape Model – **DLM**) – w literaturze nazywany jest modelem krajobrazowym, wiernoprzestrzennym, analitycznym lub bazodanowym. W modelu topograficznym informacje o obiektach są zapisywane w wektorowym modelu danych, zachowując ściśle ich położenie z uwzględnieniem zniekształceń przyjętego odwzorowania. Pozwala to na zachowanie topologicznych własności obiektów oraz tworzenie struktur danych, takich jak drzewa, sieci lub wypełnienia powierzchni. Model ten jest słabiej czytelny w odbiorze wzrokowym, gdyż posługuje się wyłącznie wektorami, ale jest najbardziej precyzyjny i stosowany w organizacjach zarządzających danymi przestrzennymi.
- **Model kartograficzny/znakowy** (Digital Cartographic Model – **DCM**) przekazuje informacje o obiektach z wykorzystaniem systemu znaków graficznych (kartograficznych) według ustalonej konwencji. Jest przygotowany pod kątem bezpośredniego odbioru za pomocą zmysłów człowieka. Własności topologiczne są zachowywane w sposób pośredni i mogą być odczytywane metodą interpretacji obrazu (może być wytworzony zarówno obraz wektorowy, jak i rastrowy).
- **Model obrazowy** przekazuje wygląd obszaru zarejestrowanego w postaci rastrowej, co daje możliwość obejrzenia obrazu danego obszaru. Przykładami zastosowania modeli tego typu są zdjęcia lotnicze i satelitarne.

W miarę rozwoju systemów GIS zaczęły powstawać aplikacje, które zarządzały nie tylko danymi geograficznymi, lecz także innymi danymi, którym nadano atrybuty przestrzenne. Przykładowo bazy danych po nadaniu atrybutu położenia dla każdego zasobu mogą zarządzać danymi w sposób taki sam jak dla danych geograficznych. Prekursorem tego typu systemów były systemy dowodzenia i zarządzania kryzysowego. Moduły zarządzania danymi geoprzestrzennymi tych systemów posiadały funkcje zbliżone do systemów GIS. Powstawały w ten sposób wieloszczeblowe systemy zarządzania szybkozmiennymi danymi geoprzestrzennymi. Model organizacyjno-funkcyjny tego typu systemów przedstawia rysunek 5.

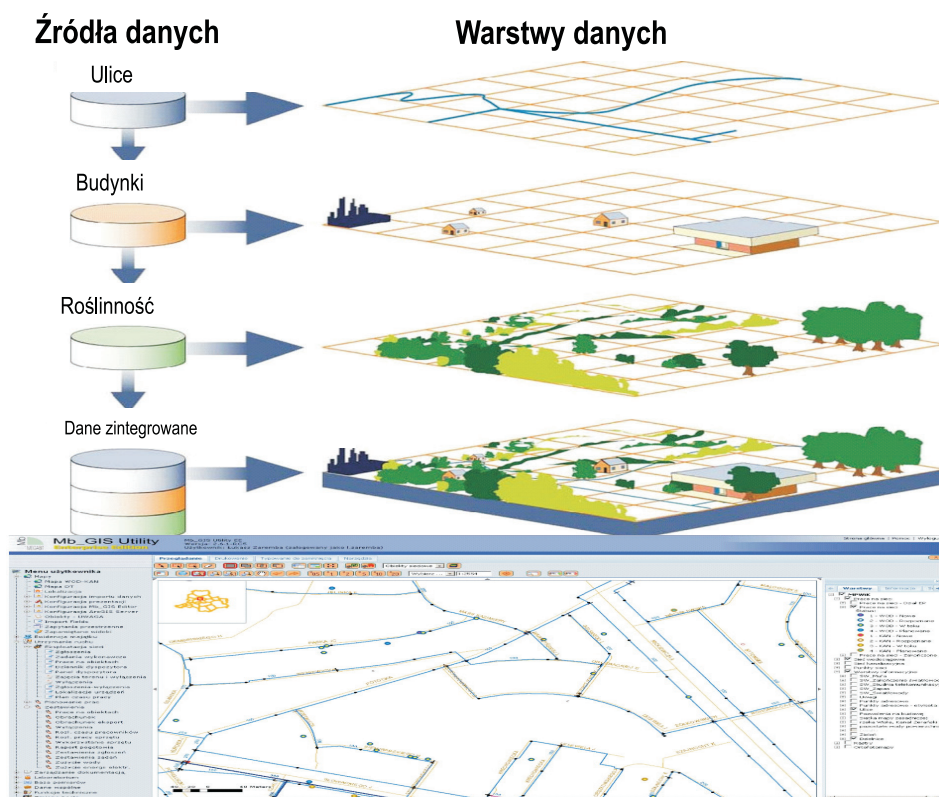


Rys. 5. Model organizacyjno-funkcyjny wieloszczeblowego systemu teleinformatycznego

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Pokorski i in., 2012

2. Tendencje integracyjne w obszarze danych geoprzestrzennych

Na początku XXI wieku koszt wytworzenia danych geograficznych był na tyle wysoki, że przedsiębiorstwa zaangażowane w ich wytwarzanie nie były skłonne do ich udostępniania. Powstawały duże zbiory danych geograficznych, które były dostępne jedynie dla małej grupy użytkowników. Jednak stopniowo pojawiały się tendencje upowszechniające te zasoby danych (rysunek 6).



Rys. 6. Integracja warstw informacyjnych bazy danych geograficznych z przykładową warstwą sieci wodociągowo-kanalizacyjnej

Źródło: National Geographic, 2017 i Zaremba, 2017

Sytuacja ta ulegała zmianie ze względu na:

- 1) globalizację danych geograficznych związaną z uruchomieniem jednolitych systemów pozycjonowania: NAVSTAR-GPS – Global Positioning System, NAVigation Signal Timing and Ranging – uruchomiony w 1985 r., GLO-NASS – Globalna nawigacyjna sputnikowa system – uruchomiony w 1995 r., Galileo – uruchomiony w 2016 r. i BeiDou Navigation Satellite System – BDS – od 2012 r., Compass – planowane uruchomienie 2020 r. (Geoforum, 2017). Powstanie systemów pozycjonowania dało początek tworzeniu jednolitych⁵ systemów odniesienia. Dzisiaj funkcjonują w Europie głównie dwa standardy WGS84 i ETRS89, co nie jest jednak wielką przeszkodą dla systemów GIS, gdyż różnice we współrzędnych sięgają najwyżej 0,5 m (Urbański, 2011);

⁵ W skali całej kuli ziemskiej.

- 2) rozwój i implementację otwartych standardów danych i usług geoprzestrzennych. W roku 1994 powstało Open GIS Consortium – obecna nazwa Open Geospatial Consortium (OGC) – międzynarodowa organizacja typu non-profit, zrzeszająca uniwersytety (107), agencje rządowe (55), organizacje techniczne (65) i 137 organizacji stowarzyszonych (OGCa, 2017);
- 3) działania administracyjne służące udostępnieniu zgromadzonych danych, których przykładem może być projekt INSPIRE⁶ ujednolicający modele danych geoprzestrzennych oraz standardy ich wymiany we wszystkich krajach Unii Europejskiej⁷;
- 4) rozwój oprogramowania do przetwarzania danych geoprzestrzennych, w tym rozwój oprogramowania „open source”⁸.

Obecnie dostępna jest duża liczba oprogramowania GIS typu „open source” (Dempsey, 2016). Z punktu widzenia języków programowania najpopularniejsze są rozwiązania w języku C (historycznie najwcześniej rozwijane i najbardziej zaawansowane oprogramowanie), a w tym system GRASS (projekt rozpoczęty w 1982 r. przez armię amerykańską) rozwijany jako „open source” oraz system QGIS, który początkowo nazwany był Quantum GIS. Dla języka JAVA powstały takie narzędzia, jak GeoTools, Geoserve oraz OpenMap. Do bardziej zaawansowanych dla wielojęzycznej platformy „.NET” można zaliczyć SharpMap oraz WorldWind. Coraz częściej sięga się do internetowych aplikacji GIS (ang. Web Mapping), gdzie można wskazać takie rozwiązania, jak: GeoMajas, GeoServer, MapGuide Open Source, MapFish, MapServer, OpenLayers, OpenWebGIS oraz TileMill i inne.

Kluczową rolę w integracji usług informacyjnych odegrała standaryzacja. Opracowane przez OGC standardy przyjęte przez ISO (w postaci norm grupy 19100) są zbiorem kilkudziesięciu szczegółowych specyfikacji w takich obszarach (OGCb, 2017), jak: opis modelu abstrakcyjnego, geometria obiektów, układy odniesienia, obiekty i zależności pomiędzy obiektami, modele jakości metadanych, architektura serwisów OpenGIS, semantyka, serwisy przetwarzania obrazów itp. Standaryzacja danych stworzyła możliwości dostępu do utrzymywanych zasobów danych geoprzestrzennych. Pojawiła się inicjatywa otwartych danych (ang. open data), polegająca na udostępnianiu danych w sposób umożliwiający ich wykorzystywanie bez żadnych ograniczeń. Przykładem realizacji tej idei jest projekt Open Street Map⁹, udostępniający dane geograficzne bez żadnych ograniczeń. Dla danych wytworzonych w administracji publicznej możemy zaobserwować ten sam trend. Już w 2011 roku Komisarz Neelie Kroes ogłosiła europejską strategię Open Data.

⁶ INSPIRE – Infrastructure for Spatial Information in Europe.

⁷ Planowany do pełnego wdrożenia przez kraje UE do 2021 r.

⁸ „Open source” to oprogramowanie, do którego można swobodnie uzyskiwać dostęp i modyfikować kod źródłowy.

⁹ Projekt mający na celu stworzenie swobodnie dostępnej i darmowej mapy całej kuli ziemskiej.

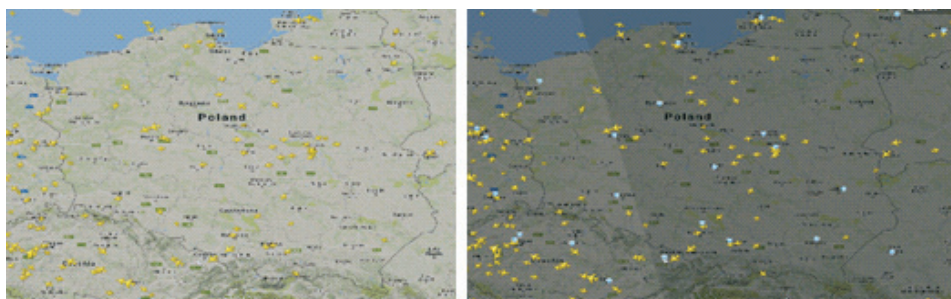
Szacowała ona potencjalny rynek oparty na ponownym wykorzystaniu informacji publicznej w Europie na 140 mld euro. Główne postulaty podniesione przez Neelie Kroes (Centrumcyfrowe, 2011) to:

- 1) wprowadzenie zasady dostępności do ponownego wykorzystania wszelkiej informacji publicznej nieobjętej wyjątkami,
- 2) udostępnienie informacji publicznej za darmo lub za minimalną opłatą (od decyzji o kosztach powinno przysługiwać odwołanie do niezależnego organu),
- 3) informacja musi być udostępniona w formacie elektronicznym umożliwiającym automatyczny odczyt maszynowy,
- 4) informacja musi być udostępniona bezwarunkowo, bez względu na cel wykorzystania, czyli nie ma znaczenia, czy informacja zostanie wykorzystana w celu komercyjnym czy niekomercyjnym.

Stosowna dyrektywa została przyjęta w 2013 r. (Lexeuropa, 27.6.2013), a w Polsce wdrożona w roku 2016 (Ustawa z dnia 25.02.2016 r. o ponownym wykorzystaniu informacji sektora publicznego, Dz.U. z 2016 r., poz. 352).

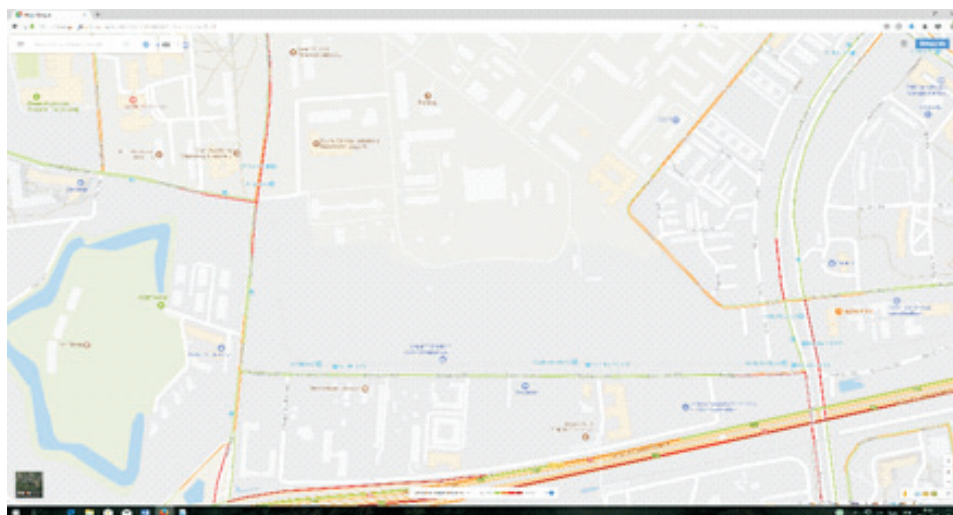
Dostępność, powszechność i standaryzacja danych geograficznych była prawdopodobnie jednym z czynników przyspieszających rozwój Internetu mobilnego. Powiązanie położenia dostępnych urzędów z danymi geograficznymi może znacząco rozszerzyć zakres analiz geoprzestrzennych. Także sama wizualizacja danych dostarczanych przez mobilne urządzenia na tle map numerycznych znacznie zwiększa ich użyteczność. Powstał więc rozległy rynek usług geoprzestrzennych oferujący wszystkim użytkownikom szeroką ofertę usług wizualizacyjnych.

Dzięki dostępności danych geograficznych i ujednoliceniu standardów ich wykorzystania, wiele aplikacji może udostępnić wizualizację swoich obiektów na tle mapy numerycznej (rysunek 7). Jeżeli taka wizualizacja jest niewystarczająca, można wykorzystać standardy GIS do wizualizacji analiz przestrzennych (rysunek 8).



Rys. 7. Dwa portale zobrazowujące położenie samolotów (urzędów) na dzień 29.11.2017, godz. 17, wykorzystujące jedną usługę Flightradar24

Źródło: Mpszp24, 2017 i Esky, 2017



Rys. 8. Portal zobrazujący wyniki analizy ruchu pojazdów w Warszawie na dzień 29.11.2017, godz. 18.03

Źródło: Google, 2017

O tym, jak rynek wymusza tempo zmian w obszarze analiz geoprzestrzennych, mogą świadczyć także badania Markets and Markets (Rohan, 2017), które analizują rynek GIS w kategoriach: analiz (powierzchni, sieci i geowizualizacji), technologii (teledetekcja, GPS i GIS), aplikacji (monitoring, medycyna i bezpieczeństwo publiczne). Analizy wskazują, że w obszarze globalnym rynek ten urośnie z 30,7 miliardów dolarów w 2016 do 73,9 miliardów dolarów w roku 2021. Rozwiązania informatyczne bazujące na zasobach danych przestrzennych i wyposażone w silnik analityczny, pozwalają na szybkie odczytywanie zależności między danymi oraz ich wizualizację na mapie. Dodatkowo analizy te coraz częściej wspierane są rozwiązaniami z obszaru sztucznej inteligencji (AI), które przyspieszają i automatyzują cały proces analizy danych dzięki możliwości autonomicznego pozyskiwania informacji geoprzestrzennej z otoczenia. Już dzisiaj algorytmy implementowane w autonomicznych samochodach potrafią rozpoznawać obiekty, wyznaczać trasę na podstawie analizy stopnia natężenia ruchu, omijać przeszkody drogowe itp. Analiza danych przestrzennych umożliwi racjonalizację, a nawet optymalizację wielu gałęzi gospodarki. Uzyskuje się dość precyzyjne odpowiedzi na takie pytania, jak np. kto?, gdzie? i co kupuje? W tym przypadku GIS nie tylko pomaga w zbieraniu danych dla celów sprzedażowych, ale także umożliwia lepsze rozumienie zachowań klientów i dostosowanie oferty do ich potrzeb. Wykorzystanie analiz geoprzestrzennych może ujawnić korelacje, wzorce, trendy czy zagrożenia, które nie były tak widoczne w przypadku tych samych zestawów danych przedstawianych w tabelach i arkuszach kalkulacyjnych. Tym samym analizy te mogą pomóc zespołom zarządzającym w podejmowaniu szybszych, lepiej ukierunkowanych decyzji biznesowych.

Rozwój Internetu mobilnego i dostępność danych geoprzestrzennych stanowi także duże wyzwanie dla rozwoju systemów GIS. Wskaźnikiem tych wyzwań może być hasło: „W drodze do GeoRewolucji”, które było motywem przewodnim odbywającego się w ostatnich dniach października 2017 roku Kongresu GIS (KongresGis, 2017). Uczestnicy konferencji wskazali cztery trendy wymuszające zmiany w systemach przetwarzania danych geoprzestrzennych (Laurisz, 2017):

- 1) Internet Rzeczy (IoT),
- 2) demokratyzacja informacji (formuła otwartych danych),
- 3) sztuczna inteligencja (AI),
- 4) zrównoważony rozwój oparty na danych.

Trendy te odwzorowują także dynamikę potrzeb i możliwości wzbogacania platformy geoanaliz biznesowych.

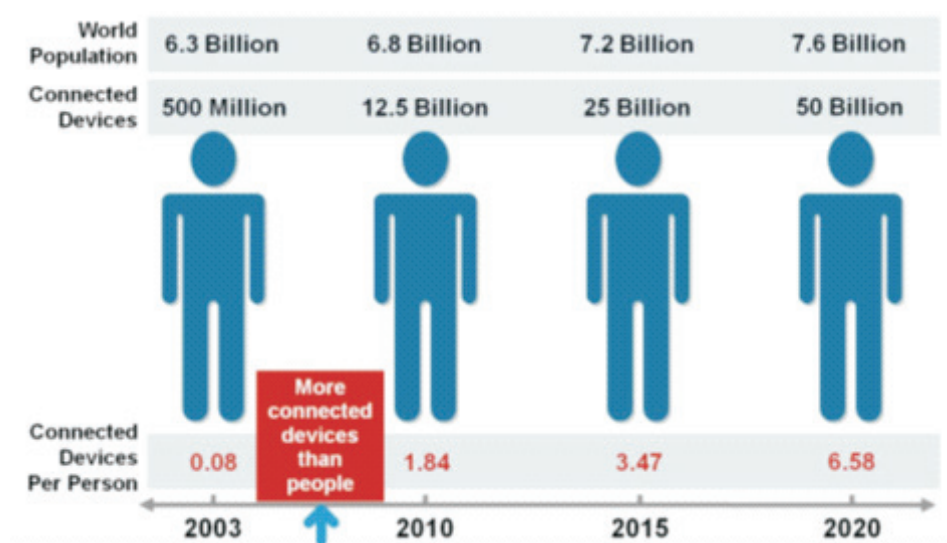
3. Internet Rzeczy motorem rozwoju GIS

Szybki rozwój technologii mikroprocesorowych oraz narastająca dostępność i przepustowość sieci Internet stworzyły techniczne możliwości podłączenia do niej nie tylko komputerów, lecz także innych urządzeń, które dotychczas nie pobierały i nie przekazywały informacji do sieci. Głównym motorem rozszerzenia sieci Internet w kierunku mobilności był szybki rozwój telefonii komórkowej. Warto zauważyć, że skala rozwoju uczyniła sieć Internet globalnym, powszechnie wykorzystywanym środkiem wymiany informacji. Powszechność, dostępność i przepustowość sieci Internet stała się załącznikiem idei dołączenia do niej nie tylko komputerów obsługiwanych przez człowieka, ale też innych urządzeń działających bez udziału człowieka. Mogą to być proste czujniki, jak też autonomiczne obiekty (np. samochody). Jak wykazują publikacje Cisco Internet Business Solutions Group (Evans, 2011), pomiędzy rokiem 2008 i 2009 liczba urządzeń podłączonych do sieci Internet zrównała się z liczbą ludności. Szacuje się, że w 2020 takich urządzeń będzie już siedmiokrotnie więcej niż ludzi (rysunek 9).

Tak duża liczba urządzeń podłączonych do sieci Internet zrodziła koncepcję „Internetu Rzeczy” (ang. *Internet of Things*, IoT), w której możliwe jest stworzenie połączeń pomiędzy wszystkimi urządzeniami w sieci. Koncepcja ta opiera się na trzech zasadach:

- 1) umożliwić identyfikację siebie (urządzenia identyfikują się w sieci),
- 2) zapewnić komunikację (urządzenia mogą się komunikować ze sobą),
- 3) współdziałać (urządzenia mogą wzajemnie na siebie oddziaływać).

Koncepcja ta prowadzi więc do zapewnienia komunikacji (Smith, 2012): zawsze (AnyTIME), wszędzie (AnyPLACE) i ze wszystkim (AnyTHING). Bazując na historycznych danych wyszukiwarki Google, a także na definicji Dave’a Evansa, można przyjąć, że zjawisko „Internetu Rzeczy” postrzegane jest od 2008 roku (symboliczny rok, w którym liczba urządzeń podłączonych do Internetu przekroczyła liczbę ludności).



Rys. 9. Szacowana liczba urządzeń połączonych z siecią Internet

Źródło: Evans, 2011

Znaczny przyrost liczby urządzeń podłączanych do sieci Internet wymusił również zmiany w samej koncepcji sieci rozumianej dotychczas jako połączenie serwerów danych z terminalami klientów. Obserwowana ewolucja traktuje sieć jako globalną platformę, nie tylko dla użytkowników, ale również dla sieci urządzeń (czujników, liczników, sterowników, inteligentnych obiektów) komunikujących się ze sobą, wymieniających informacje, prowadzących analizy i inicjujących wiele różnego rodzaju działań. Rozwinęła się koncepcja połączeń M2M (Machine to Machine) znana z sektora automatyki przemysłowej i realizowana w sieciach poziomu obiektowego. Istnienie w sieci Internet komunikacji M2M określane bywa pojęciem „Internet inteligentnych obiektów” (ang. *Internet of Smart Objects*), zakładającym, że urządzenia włączane do globalnej sieci mają możliwość komunikowania się z innymi obiektami, zbierania i analizowania danych, podejmowania decyzji, a także samego działania. Wsparciem technologicznym dla rozwoju sieci IoT jest szybki rozwój wszelkiego rodzaju technologii komunikacji bezprzewodowej, takich jak:

- WIFI – sieć bezprzewodowa małego zasięgu oraz sieci komórkowe GSM,
- ZigBee – protokół sieci bezprzewodowej stosowany w automatyce domowej, systemach alarmowych i monitoringu,
- Z-Wave – protokół sieci bezprzewodowej stosowany w automatyce budynków,
- Bluetooth – protokół sieci bezprzewodowej przeznaczony do łączenia urządzeń znajdujących się w niewielkiej odległości,
- RFID (ang. *Radio-frequency identification*) technika, która wykorzystuje fale radiowe do identyfikacji obiektu.

Obecnie, każdego dnia Internet Rzeczy generuje bardzo dużą liczbę danych. Czujniki oraz urządzenia GPS w pojazdach i u pojedynczych osób, czujniki monitorujące środowisko, szeroko rozumiany monitoring obiektów, czujniki prędkości na drogach, media społecznościowe i inne urządzenia mogą być połączone siecią Internet. Otrzymujemy cenne źródło danych „w czasie rzeczywistym”, których duża część jest powszechnie dostępna.

Raport Urzędu Komunikacji Elektronicznej wykazał (UKE, 2016), że także w Polsce liczba kart SIM działających w ramach modelu M2M systematycznie się zwiększa. Pomiędzy końcem 2013 r. a pierwszą połową 2016 r., odnotowano 45% wzrost z poziomu 1,54 mln do 2,23 mln. Raport wskazuje też liderów światowych w obszarze liczby kart SIM działających w modelu M2M (2015 r.), a w tym Chiny – 65,16 mln, USA – 45,24 mln, Francję – 10, 54 mln itd.

Termin „Internet of Things” po raz pierwszy został użyty w 1999 r. przez Kevina Ashтона (Ashton, 2009) jako tytuł prezentacji dla Procter & Gamble w aspekcie koncepcji wykorzystania RFID (Radiowych Systemów Automatycznej Identyfikacji) w łańcuchach dostaw P&G. Wychodząc z biznesowych przesłanek, autor ten zauważył, że ludzkie możliwości wprowadzania informacji do sieci informacyjnych są ograniczone i umożliwienie maszynom samodzielnego pozyskiwania i wprowadzania danych może doprowadzić do ograniczenia marnotrawstwa i kosztów poprzez automatyzację większej liczby procesów. Możliwości zastosowania IoT wydają się dziś nieograniczone i mogą dotyczyć wszystkich aspektów codziennego życia. Badania w obszarze zastosowania IoT prowadzą Beecham i Research (Senkus i in., 2014), którzy przewidują rozwój tej technologii m.in. w następujących sektorach:

- 1) sektor budownictwa (budynki komercyjne, handlowe, biura i instytucje, hale produkcyjne i magazynowe, domy prywatne i wiele innych);
- 2) sektor energetyki (wydobycie surowców, poszukiwania alternatywnych i odnawialnych źródeł energii, urządzenia generujące i dostarczające prąd do ostatecznego użytkownika);
- 3) sektor konsumpcyjny (infrastruktura: dostęp do sieci i zarządzanie energią w domu, bezpieczeństwo w domu: alarmy, monitorowanie osób, rozrywka: elektroniczne czytniki, elektroniczne ramki do zdjęć, konsole do gier, inteligentny sprzęt AGD);
- 4) sektor opieki zdrowotnej i nauk przyrodniczych (telemedycyna, zarządzanie aktywami i optymalizacja łańcucha dostaw dotyczące kosztów i leczenia w szpitalach, gabinetach lekarskich, domach opieki, w tym zdalnego monitorowania pacjentów);
- 5) sektor przemysłowy (monitorowanie i śledzenie aktywów przemysłowych, kontrola serii produktów i analiza lokalizacji dla wielu różnych procesów fabrycznych);

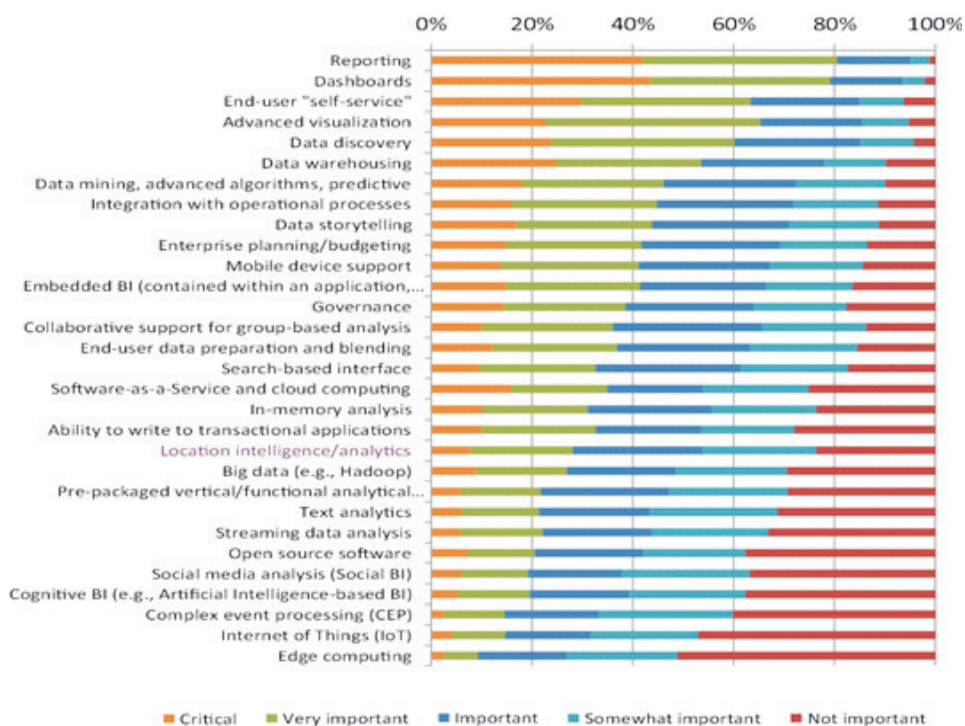
- 6) sektor transportu (zarządzanie flotą pojazdów, ich namierzanie i śledzenie, systemy informacji dla pasażerów, systemy płatności za korzystanie z infrastruktury transportowej i parkingowej);
- 7) sektor usługowo-obługowy (systemy sieciowe i urządzenia umożliwiające zwiększanie widoczności łańcucha dostaw, zarządzanie informacją o produktach i konsumentach, zarządzanie zapasami, redukcja zużycia energii i innych zasobów, śledzenie dostępu i zapewnienie bezpieczeństwa, urządzenia usługowe: stacje benzynowe, myjnie samochodowe, urządzenia rozrywkowe: automaty do gier, systemy dźwiękowe, urządzenia wyświetlające: billboardy, wyświetlacze, punkty informacyjne, systemy RFID – oznaczanie i identyfikacja elektroniczna przedmiotów);
- 8) sektor bezpieczeństwa publicznego (służby ratownicze, policja, straż pożarna, usługi pogotowia ratunkowego, monitorowanie środowiska, terenów zalewowych, oczyszczalni ścieków, śledzenie ludzi i zwierząt, przesyłek, żywności, opakowań czy bagażu, stałego nadzoru (CCTV, fotoradary), jak również bezpieczeństwa militarnego, wykorzystanie radarów i systemów satelitarnych);
- 9) sektor IT (sieci przedsiębiorstw, centra danych, infrastruktura transmisji mobilnej, systemy utrzymania energii i klimatyzacyjne).

Wszystkie urządzenia podłączone do sieci Internet przesyłając dane, mogą udostępniać także dane o swoim położeniu (ang. *location*). Położenie urządzenia podłączonego do sieci Internet można uzyskać bezpośrednio od urządzenia, np. za pomocą wbudowanego modułu GPS lub pośrednio, np. poprzez położenie stacji względem stacji bazowych GSM, WIFI lub RFID, przez którą komunikuje się dane urządzenie. Tym samym sieci mobilne każdego dnia generują wielką liczbę danych, które ze względu na możliwości określenia ich położenia możemy zakwalifikować do danych geoprzestrzennych. Dzięki tym danym możliwe stają się geoanalizy biznesowe wykorzystujące bogate zasoby informacyjne, aby odkrywać dzięki systemom Big-Data to, czego nie wiemy o różnych procesach i działaniach biznesowych.

4. Geoanalizy w biznesie

Rozwój Internetu mobilnego i związana z tym możliwość określenia położenia (ang. *location*) różnorodnych obiektów, a w tym materiałów, ludzi i wyposażenia przedsiębiorstwa nabiera coraz większego znaczenia w biznesie. Lokalizacja (położenie) może być parą współrzędnych, adresem, zasięgiem usług, terytorium sprzedaży lub trasą dostawy. Przestrzenne relacje, wzorce i trendy ujawniają wysoce wartościową wiedzę biznesową i zapewniają łatwą do zrozumienia wizualizację wyników generowanych przez różne aplikacje biznesowe. Mając na uwadze korzyści, jakie przynosi firmie integracja analizy przestrzennej z dotychczasową analizą biznesową, coraz więcej branż przyjmuje takie podejście. Analizy prowadzone w Pitney Bowes

(Shimonti, 2017) wykazują, że na 30 kluczowych technologii (technik) analityki biznesowej *Zaawansowana wizualizacja* zajmuje 4. miejsce, a analiza lokalizacji – miejsce 20. pod względem poziomu istotności (rysunek 10).



Rys. 10. Trzydzieści (30) istotnych technologii w analizie biznesowej – *Zaawansowana wizualizacja* (ang. *Advanced visualization*) – miejsce 4.; Analizy lokalizacji (ang. *Location analytics*) – miejsce 20.

Źródło: Shimonti, 2017

Systemy GIS znajdują zastosowanie już dziś w wielu obszarach działalności przedsiębiorstw, a w szczególności w obszarze:

- logistyki (głównie transport) do monitorowania (przesyłek, pojazdów) oraz planowania tras dostaw;
- inwentaryzacji (paszportyzacja) dla przedsiębiorstw zajmujących się zarządzaniem danymi przestrzennymi (telekomunikacja, sieci przesyłowe, gospodarka przestrzenna itp.);
- geomarketingu, gdzie dominuje wykorzystywanie oprogramowania GIS do przestrzennych analiz biznesowych, których głównym zadaniem jest wspomaganie decyzji dotyczących marketingu, sprzedaży, czy też obsługi klienta. Efektem końcowym jest wizualizacja wyników analiz lub prognoz zjawisk i trendów biznesowych na mapach cyfrowych.

Analiza dotychczasowych rozwiązań wskazuje na to, że systemy GIS można wykorzystywać w wielu innych obszarach, a w szczególności do wspierania funkcjonowania organizacji procesowych, opatrzonej dużą dynamiką działań w turbulentnym świecie zmian postrzeganych w wymiarze czasowo-przestrzennym. Wymaga to jednak dołączenia dodatkowych modułów GIS do systemów wspomagających procesy zarządcze. Do takich systemów należy cała rodzina Zintegrowanych Systemów Informatycznych Zarządzania, w tym – systemy ewidencyjno-transakcyjne (OLTP) oraz tradycyjne już systemy bazujące na hurtowniach danych (OLAP) itp. Na rysunku 10 systemy OLAP (*warehousing*) ułożono na 6. pozycji. Oznacza to, że ich znaczenie w biznesie jest coraz większe, a wzbogacenie ich funkcji analitycznych poprzez definiowanie wymiaru dla procesu agregacji i analizy danych typu „geografia” jako wymiaru ciągłego (obszarowego, powierzchniowego, przestrzennego), w sposób istotny może podnieść przydatność i przejrzystość prezentacji wyników. Pewnym uproszczonym przykładem takiego wykorzystania może być model wdrażania/zastosowania systemu GIS do wspierania zarządzania procesowego w urzędach miasta realizowany w następujących etapach (Stępnia, 2016):

- zbudowanie mapy (obszaru odpowiedzialności) urzędu,
- naniesienie modeli procesów na mapę urzędu,
- lokalizacja wymaganych zasobów w odpowiednich jednostkach urzędów,
- identyfikacja dokumentów – znaczników realizacji konkretnych operacji, procesów,
- rejestracja wystawianych dokumentów,
- wizualizacja przestrzenna realizowanych procesów,
- ocena skutków realizowanych procesów.

Taki sposób uporządkowania informacyjnego w powiązaniu z danymi geoprzestrzennymi może sprzyjać klarowności decyzji i wieloaspektowym analizom oraz ocenom różnego typu działań. Jak już wcześniej wspomniano – najszerzej wykorzystuje się systemy GIS w geomarketingu, gdzie dokładność danych lokalizacyjnych ma mniejsze znaczenie, a istotny jest wybór rodzaju analizy geoprzestrzennej. Mogą to być analizy dotyczące prognozy potencjału na danym obszarze, pojemności (nasylenia) lub inne charakterystyki obszaru. W zależności od posiadanej bazy danych oraz potrzeb firmy, analizy mogą być wykonywane na różnych poziomach szczegółowości (poziom mikro – otoczenie punktu, poziom lokalny – miejscowości, poziom regionalny – powiat, województwo, poziom krajowy). Analizy geomarketingowe mają zwykle charakter wielowymiarowy i dobór właściwych kryteriów analiz zależy od wielu czynników, takich jak: cel analizy, jej zasięg, szczegółowość itp.

Tradycyjne analizy biznesowe korzystały zwykle z zestawień tabelarycznych, wspieranych wizualizacjami w postaci wykresów oraz diagramów. Jednak większość tych analiz może być prowadzona w powiązaniu z konkretną lokalizacją geograficzną, w której funkcjonuje firma lub szerzej dowolny podmiot działania (biznesowy, administracyjny itp.). Mapa przestrzennej lokalizacji klientów, oddziałów, przedstawicieli

terenowych lub konkurencji może być podstawą do podejmowania istotnych decyzji strategicznych. Na rynku istnieje wiele firm, które realizują na zlecenie klientów szeroką ofertę analiz geomarketingowych (Datagis, 2017), np. takich, jak:

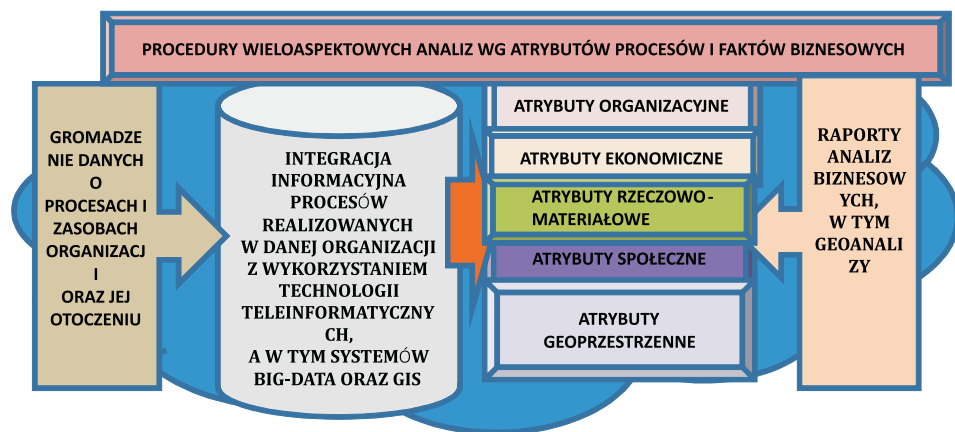
- 1) ocena **potencjału** demograficznego i struktury demograficznej **ludności**,
- 2) ocena **potencjału** ekonomicznego,
- 3) ocena stopnia predyspozycji/podatności obszaru,
- 4) analiza **powiązań** funkcjonalnych,
- 5) analiza **dostępności/mobilności zasobów** (w tym **pieszej**, samochodowej itp., na tle dostępności konkurencji),
- 6) analiza naturalnych warunków terenowych (*pod kątem inwestycyjnym*),
- 7) analiza sieci transportowej,
- 8) ocena liczby klientów i kierunków **napływu** potencjalnych klientów,
- 9) analiza **intensywności** rozmieszczenia powierzchni reklamowej,
- 10) analiza **powiązań pomiędzy centralą i oddziałami**.

Już sam obszar analiz geomarketingowych wskazuje na potrzebę uruchamiania funkcji wieloaspektowych analiz biznesowych, wymagających dostępu do dużej ilości danych w różnej postaci i formie, co staje się szczególnym wyzwaniem dla współczesnych podmiotów działania. Podmioty te akcentują potrzebę zapewnienia odpowiedniej możliwości wielopłaszczyznowej eksploracji heterogenicznych zasobów informacyjnych. Wydobyć maksimum wiedzy staje się szczególnym wyzwaniem dla systemów gromadzących wielopostaciową informację o bardzo dużej objętości, tzw. systemy Big-Data, z rozbudowanymi funkcjami analizy danych, nie tylko tabelarycznych, ale również danych tekstowych i graficznych (obrazów, filmów), z uwzględnieniem ich atrybutów geoprzestrzennych. Tak wzbogacone wieloaspektowe analizy mogą stanowić podstawę przewagi informacyjnej poprzez wzrost wartości własnego potencjału i jego możliwości działania na tle konkurencji.

Sposób eksploracji heterogenicznych zasobów informacyjnych i dostęp do nich odróżniają jedne podmioty od drugich oraz warunkują skuteczność realizacji procesu zarządzania, począwszy od planowania bazującego na wiedzy i mechanizmach jej odkrywania, poprzez nadzorowanie i koordynację działań, aż do zobiektywizowanych ocen wyników realizacji poszczególnych procesów. Stąd wzbogacanie analiz o wymiar geoprzestrzenny może ograniczać asymetrię informacyjną poprzez pełniejsze wykorzystanie dostępnych zasobów, co może podwyższać skuteczność i trafność procesów decyzyjnych. Mogą być również eliminowane lub ograniczane negatywne skutki asymetrii informacyjnej poprzez lepszy i szerszy dostęp do informacji (np. „cloud” computing¹⁰). Ponadto dynamiczny rozwój technologii teleinformatycznych

¹⁰ Tak zwane przetwarzanie w „chmurze” jako rodzaj wirtualnej usługi informacyjnej (korzystanie nie tylko z zewnętrznej infrastruktury teleinformatycznej, ale także z aplikacji i gromadzonych tam informacji, archiwizowanych w miejscach trudnych do jednoznacznej identyfikacji, ale logicznie dostępnych).

sprzężonych z technologiami GIS daje nowe możliwości rozwoju strategii zarządzania. Współczesne organizacje (podmioty biznesowe) powinny cechować się elastycznością i zwinnością w rozumieniu ich możliwości adaptacyjnych, adekwatnie do zmieniających się warunków (rysunek 11).

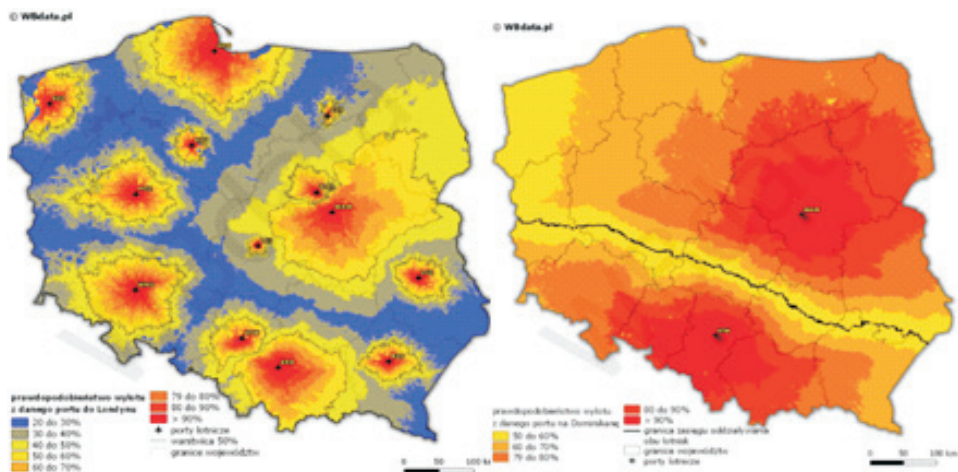


Rys. 11. Środowisko funkcjonowania współczesnej organizacji
Źródło: opracowanie własne na podstawie: Zaskórski, 2012

Eksploracja zasobów informacyjnych i wydobywanie z nich odpowiedniej wiedzy sprzyjają przeorientowaniu zadań, stosownie do kompetencji oraz dostępności czasowo-przestrzennej różnego typu zasobów.

W obecnym świecie im wyższy poziom integracji celów szczegółowych każdego podmiotu z celami globalnymi, tym wyższy efekt synergiczny całego systemu w wymiarze lokalnym i globalnym. Integracja informacyjna wskazuje zarówno na dbałość o spójność działania w warunkach zmienności otoczenia i elastyczności zachowań danego podmiotu, jak i na troskę o maksymalne wykorzystanie własnego potencjału oraz potencjału otoczenia. Stąd integracja informacyjna wiąże się z możliwością dostępu do jednolitych, aktualnych zasobów informacyjnych różnych uprawnionych użytkowników przede wszystkim w wymiarze czasowo-przestrzennym.

Rozproszenie realizatorów oraz różnego typu zasobów materialnych i niematerialnych staje się dziś jednym z atrybutów współczesnej organizacji. Geoanalizy odgrywać tu mogą bardzo znaczącą rolę, szczególnie wobec spłaszczania struktur i orientacji na struktury procesowe, które wymagają dynamicznego, elastycznego dostępu do zasobów informacyjnych, determinujących ich skuteczne funkcjonowanie w dowolnym czasie i miejscu z uwzględnieniem różnych atrybutów (aspektów) prowadzonych analiz. Mimo zasady niejawności analiz marketingowych, rośnie dziś liczba analiz geo-przestrzennych dostępnych w sieci Internet, np. rysunek 12.



Rys. 12. Geoanaliza prawdopodobieństwa wybrania danego portu lotniczego przy wylocie do Londynu – edycja 2017 i obszaru oddziaływania portów Okęcie i Pyzowice w przypadku wyboru lotu na Dominikanę

Źródło: Gisanalizi, 2017

Podsumowanie

Procesy biznesowe w szybkozmiennych warunkach współczesnego świata wymagają zbierania, gromadzenia i wieloaspektowej analizy dużej ilości danych, zarówno o potencjale własnym, jak i otoczenia. Dostęp do odpowiednich zasobów informacyjnych może być podstawą doskonalenia własnych działań w oparciu o doświadczenia własne i konkurencji. Możliwość analizy dużej liczby danych i informacji o własnym działaniu na tle szerszych zachowań otoczenia daje podstawę trafniejszego procesu decyzyjnego. Systemy informacji geoprzestrzennej dobrze dopełniać mogą obraz analizy czasowo-przedmiotowej każdego procesu biznesowego. Szczególnie złożone, wielopodmiotowe działania, wymagają zaawansowanych geoanaliz. Sprzężenie systemów GIS z systemami wspomagania zarządzania, w tym z systemami operującymi zarówno danymi bieżącymi (transakcyjnymi, OLTP), jak i danymi historycznymi (analitycznymi, OLAP) w połączeniu z modelami i technologiami analizy dużej objętości danych typu „Big-Data”, wpływa bezpośrednio na jakość konkretnych działań i procesów decyzyjnych. Wieloaspektowość analiz geoprzestrzennych stymuluje ich siłę we współczesnym, rozproszonym świecie zasobów i podmiotów działania.

BIBLIOGRAFIA

- [1] CHROBAK T., KOZAK J., KOZIOŁ K., ŁABAJ A., 2013, *Materiały szkoleniowe z możliwości, form i metod zastosowania bazy danych obiektów topograficznych GBDOT*, GUGiK, Warszawa.
- [2] GAŹDZICKI J., 1990, *Systemy informacji przestrzennej*, PPWK, Warszawa.
- [3] LONGLEY P.A., GOODCHILD M.F., MAGUIRE D.J., RHIND D.W., 2011, *Geographic Information Systems & Science*, John Wiley & Sons, Hoboken.
- [4] POKORSKI G., ZASKÓRSKI P., 2012, *Identyfikacja obiektów geoprzestrzennych w systemach reagowania kryzysowego*, I Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Uwarunkowania bezpieczeństwa Polski”, *Polityczne, ekonomiczne, społeczne i militarne uwarunkowania bezpieczeństwa*, Chlewiska, 2012.
- [5] POKORSKI G., ZASKÓRSKI P., 2012, *Wykorzystanie geodanych systemów dowodzenia i zarządzania w systemie bezpieczeństwa narodowego*, Konferencja Naukowa nt. „Bezpieczeństwo – ujęcie kompleksowe”, Katowice, 31 maja 2012 r.
- [6] STĘPNIAK C., 2016, *Zastosowanie oprogramowania GIS do wspierania zarządzania procesowego w urzędach miasta*, „Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych” nr 42, Szkoła Główna Handlowa.
- [7] URBAŃSKI J., 2011, *GIS w badaniach przyrodniczych*, WUG, Gdańsk.
- [8] WNĘK K., 2010, *Systemy GIS w badaniach historycznych*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego”, MCCCXII – 2010, „Prace Historyczne”, z. 137.
- [9] ZASKÓRSKI P., 2011, *Zarządzanie w warunkach gospodarki cyfrowej* (red. W. Gonciarski), rozdział III: *Istota technologii cyfrowej* i rozdział IV: *Inżynieria systemów gospodarki cyfrowej*, WAT, Warszawa.
- [10] ZASKÓRSKI P., 2012, *Asymetria informacyjna w zarządzaniu procesami*, WAT, Warszawa.
- [11] ZASKÓRSKI P., 2012, *Wirtualizacja organizacji w „chmurze” obliczeniowej*, „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa”, nr 3.

NETOGRAFIA

- [12] ASHTON K., 2009, *That 'Internet of Things' Thing*, <http://www.rfidjournal.com/articles/pdf?4986> [30.11.2017].
- [13] Centrum cyfrowe, 28.12.2011, *Strategia otwartych danych dla Europy*, <https://centrumcyfrowe.pl/blog/2011/>, [29.11.2017].
- [14] Datagis, 2017, *Kryteria oceny lokalizacji*, <http://www.datagis.pl/strona/292/kryteria-geomarketingowe> [30.11.2017].
- [15] Dempsey C., czerwiec 2016, <https://www.gislounge.com/open-source-gis-applications/> [29.11.2017].
- [16] Esky, 2017, <https://www.esky.pl/radar> [29.11.2017].
- [17] EVANS D., 2011, *The Internet of Things How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything*, Cisco IBSG, https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf. [30.11.2017].
- [18] Geoforum, <https://geoforum.pl/?menu=46813,46834&link=gnss-systemy-nawigacyjne> [29.11.2017].
- [19] Gisanalazy, 2017, *Geoprzestrzenna analiza prawdopodobieństwa*, <https://gisanalazy.pl/tag/analizy-geomarketingowe/> [30.11.2017].
- [20] Google, 2017, <https://www.google.pl/maps/@52.2482153,20.9036836,17.25z/data=!5m1!1e1> [29.11.2017].

- [21] KongresGis, 2017, <http://www.kongresgis2017.pl/> [30.11.2017].
- [22] LAURISZ M., *Kongres GIS 2017 „W drodze do GeoRewolucji” – 4 trendy, które odmienią analitykę przestrzenną w nadchodzących latach*, <https://itreseller.com.pl/kongres-gis-2017-w-drozdze-do-georewolucji-4-trendy-ktore-odmienia-analytyke-przestrzenna-w-nadchodzacych-latach/> [30.11.2017].
- [23] Lexeuropa, 27.6.2013, Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2013/37/UE z dnia 26 czerwca 2013 r. zmieniająca dyrektywę 2003/98/WE w sprawie ponownego wykorzystywania informacji sektora publicznego, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0037&from=PL> [29.11.2017].
- [24] Mpszp24 2017, <http://mpzp24.pl/geoportala/flightradar> [29.11.2017].
- [1] National Geographic, *GIS (geographic information system)*, <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/geographic-information-system-gis/> [29.11.2017].
- [25] OGCa, <http://www.opengeospatial.org/ogc/members> [28.11.2017].
- [26] OGCb, <http://www.opengeospatial.org/docs/as> [29.11.2017].
- [1] OLSZEWSKI R., KOWALSKI P., GŁAŻEWSKI A., *Modelowanie danych przestrzennych*, <https://geoforum.pl/?menu=46815,46852,46935&link=mapy-krotki-wyklad-i-modelowanie-danych-przestrzennych> [29.11.2017].
- [27] Rohan, 2017, *Geospatial Analytics Market worth 86.32 Billion USD by 2023*, Markets and Markets <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/geospatial-analytics.asp> [29.11.2017].
- [28] SENKUS P., SKRZYPEK A., ŁUCZAK M., MALINOWSKI A., 2014, *Internet of Things: przeszłość – terażniejszość – przyszłość*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach”, nr 103, 2014, https://repozytorium.uph.edu.pl/bitstream/handle/11331/445/Internet_of_things-przeszlosc-terazniejszosc-przyszlosc.pdf?sequence=1 [30.11.2017].
- [29] Shimonti P., 2017, *BI and Spatial Analytics: A Collaboration We Can't Do Without*, Geospatial World, <https://www.geospatialworld.net/article/business-intelligence-spatial-analytics/> [30.11.2017].
- [30] SMITH I.G., 2012, *The Internet of Things 2012 New Horizons*, http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IERC_Cluster_Book_2012_WEB.pdf [30.11.2017].
- [31] UKE, 2016, Urząd Komunikacji Elektronicznej, *Nasylenie usługami M2M oraz sposób ich wykorzystania w Polsce*, https://www.uke.gov.pl/files/?id_plik=24713 [30.11.2017].
- [32] Ustawa z dnia 25.02.2016 r. o ponownym wykorzystywaniu informacji sektora publicznego, <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20160000352/U/D20160352Lj.pdf> [29.11.2017].
- [33] ZAREMBA Ł., *GIS w służbie Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w m.st. Warszawie SA*, <http://www.arcanagis.pl/gis-w-sluzbie-miejskiego-przedsiębiorstwa-wodociagow-i-kanalizacji-w-m-st-warszawie-sa/> [29.11.2017].