

Opublikowane: Rzeszewski M. Jasiewicz J., 2009 - "WebGIS - od map w internecie do geoprzetwarzania" [W:] GIS- platforma integracyjna geografii, Zwoliński Z. (red.), 23-33, Poznań.

WebGIS – od map w internecie do geoprzetwarzania

WebGIS – from maps in the internet to geoprocessing

Michał Rzeszewski, Jarosław Jasiewicz

Instytut Geoekologii i Geoinformacji, ul. Dziegielowa 27, 61-680 Poznań

Zarys treści: Rozwój geoinformacji wiąże się z technologiami internetowymi od początków lat 90-tych XX wieku. Przysłużył się on do powstania wielu nowych rozwiązań i standardów, jak na przykład powszechnie przyjęte standardy OGC. Z uwagi na wykorzystanie Internetu jako medium transferu danych możliwe jest pokonanie ograniczeń tradycyjnych systemów Desktop GIS, takich jak brak interoperacyjności i elastyczności. Dzięki technologiom webGIS powstało wiele nowych zjawisk takich jak geoprzeglądarki, geoportale czy wreszcie współtworzony GIS. Wydaje rozwój tej dziedziny w dalszym ciągu będzie zmierzał w kierunku zwiększenia znaczenia interoperacyjności i zdalnego geoprzetwarzania.

Słowa kluczowe: webGIS, kartografia internetowa, Open Geospatial Consortium, OSGeo Foundation, MapServer, Open Source

Abstract: The development of geoinformation science is connected with internet technologies from the beginning of the 90's of XX century. It played a major role in the creation of many new solutions and standards as in the case of OGC open standards. The utilization of the Internet as a data transfer medium allowed to overcome certain Desktop GIS limitations, namely lack of interoperability and flexibility. Thanks to webGIS technologies emerged such phenomena as geobrowser, geoportals and distributed GIS. It seems that the future development will concentrate on increasing the role of interoperability nad geoprocessing.

Key words: webGIS, internet cartography, Open Geospatial Consortium, OSGeo Foundation, MapServer, Open Source

Wstęp

Od początku swojego istnienia systemy informacji geograficznej rozwijały się w oparciu o coraz bardziej zaawansowane oprogramowanie klasy „desktop GIS” będące domeną wąskiej klasy specjalistów i naukowców. Jednak w pewnym punkcie tego procesu stał się jasnym, iż dalsza ewolucja wymaga zmiany tego paradygmatu. Według niektórych szacunków (Dessard 2002) aż 80% decyzji zarówno w sektorze prywatnym jak i publicznym jest w ten czy inny sposób podejmowana przy udziale informacji o przestrzeni. Rosnące zapotrzebowanie na dane i analizy przestrzenne, wymusiło stawienie czoła ograniczeniom dotychczasowych systemów, takim jak (Peng & Zhang 2004):

- bariera w dostępie do oprogramowania – małe organizacje, przedsiębiorstwa i społeczności a także indywidualni użytkownicy nie mogą pozwolić sobie na zakup profesjonalnego i drogiego oprogramowania. Ich potrzeby przy tym ograniczają się często do wąskiego przedziału możliwości danego pakietu, dostępnego jedynie jako zamknięta całość. Należy zauważyć, iż odpowiedzią na to zjawisko jest również rozwój otwartego oprogramowania.
- brak zdalnego dostępu do danych i możliwości ich przetwarzania – uzależnienie wykorzystania systemu od konkretnej lokalizacji,
- długi proces szkolenia użytkownika – spowodowany skomplikowanym interfejsem

wymuszonym przez koncentrację funkcji,

- brak interoperacyjności.

Technologie internetowe niosą ze sobą potencjał umożliwiający pokonanie wyżej wymienionych ograniczeń. Jednak z różnych przyczyn – stosunkowo małego rozpowszechnienia, słabej przepustowości łącza i braku odpowiednich standardów, możliwość włączenia internetu w obręb zainteresowań geograficznych systemów informacji pojawiała się dopiero na początku lat dziewięćdziesiątych. Za początek WebGIS można uznać opracowanie przez Xerox Corporation przeglądarki Map Viewer w roku 1993 (Putz 1994) oraz utworzenie rok później Alexandria Digital Library Project – pierwszej cyfrowej biblioteki danych przestrzennych (Dragicevic 2004). W chwili obecnej Internet GIS jest najszybciej ewoluującą gałęzią geoinformacji, w której upatrywana jest przyszłość tej dziedziny. Ma to związek zarówno z dynamicznym rozwojem nowych technologii – języków programowania działających w środowisku sieciowym – Javascript, Java, PHP, serwerów map – Mapserver, Geoserver, ArcIMS (ESRI) jak i z żywym zainteresowaniem przejawianym przez środowiska biznesowe a związanym z możliwościami geokodowania i usług opartych na lokalizacji (location-based services). Powstają rozliczne serwisy oferujące dynamiczne i statyczne mapy, geoportale tworzone przez społeczności i organizacje publiczne a aplikacje webGIS dążą w coraz większym stopniu do przejęcia części zadań kojarzonych do tej pory z tradycyjnymi systemami Desktop GIS. Jak to zostanie pokazane w dalszej części niniejszego wywodu określenie „mapy w internecie” odnosi się jedynie do małej części większej całości jaką tworzą internetowe systemy informacji geograficznej.

Otwarte standardy

Wydaje się, że nie do przecenienia rolę w szybkim rozwoju kartografii internetowej spełniają otwarte standardy wymiany danych. Od samych początków historii rozwoju Internetu widoczna konieczność i możliwości płynące z tworzenia systemów z zachowaniem pełnej interoperacyjności. Dlatego też w 1994 roku, równoległe z powstaniem World Wide Web Consortium, powołano do życia Open GIS Consortium (w 2004 roku nazwę zmieniono na Open Geospatial Consortium), międzynarodową organizację zajmującą się opracowaniem, wdrażaniem i udostępnianiem otwartych standardów wymiany informacji przestrzennej (OGC 2009). Jej działalność doskonale wpisuje się we wspierany przez Komisję Europejską trend rozwoju administracji elektronicznej (*eGovernment Services*), gdzie standardy leżą w gestii niezależnych instytucji non-profit i udostępnianie są bezpłatnie bez żadnych ograniczeń (IDBC 2009). Wszystkie dokumenty OGC dostępne są bowiem dla każdego zainteresowanego na stronie internetowej OGC – <http://www.opengeospatial.org/standards>. O roli jaką odgrywają świadczyć może również fakt, iż specyfikacje opracowywane wspólnie z Międzynarodową Organizacją Normalizacyjną (komitet techniczny TC 211) stają się na podstawie umowy oficjalnymi normami ISO (pozostając przy tym dostępnymi na stronie OGC) (Gaździcki 2007). Do Open Geospatial Consortium na chwilę obecną (maj 2009) należy 380 przedsiębiorstw, agencji rządowych oraz instytucji naukowych. Ponad 430 produktów zarejestrowanych jest jako wykorzystujące otwarte standardy, w tym 110 z nich przeszło formalny proces sprawdzający i uznanych zostało za w pełni zgodne ze specyfikacją OGC. Pod auspicjami organizacji rozwijane jest 28 standardów (patrz Tabela 1.) obejmujących zarówno treść jak i formy danych przestrzennych.

Powszechne wykorzystanie otwartych standardów w internetowych systemach informacji geograficznej niesie ze sobą szereg zalet:

- interoperacyjność zarówno w jej wewnętrznym jak i zewnętrznym aspekcie,
- niskie koszty implementacji,
- możliwość łatwej integracji danych z wielu źródeł,
- oddzielenie sposobu przechowywania danych od formy ich udostępniania,

- demokratyzacja wykorzystania danych poprzez uniezależnienie dostępu do nich od posiadanego oprogramowania,
- duży wybór specyfikacji o różnym stopniu kontroli nad dostępem do danych.

Nazwa standardu	Krótki opis
<p align="center">WMS Web Map Service</p>	<p>Najpopularniejszy format, służący do przesyłu georeferencjonowanych obrazów map według zadanych parametrów. Jego ograniczeniem jest dostarczanie danych wyłącznie w formacie rastrowym i tylko z jednego źródła.</p>
<p align="center">WFS Web Feature Service</p>	<p>Bardziej zaawansowany format przesyłu surowych danych, które mogą być później poddane dalszemu przetwarzaniu. Ponadto, odpowiednio skonfigurowany serwer WFS może wykonywać zapytania przestrzenne a nawet służyć do konstrukcji nowych obiektów. Domyślnym formatem danych jest opisany niżej GML.</p>
<p align="center">WCS Web Coverage Service</p>	<p>Podobny do powyższych, przy czym rezultatem zapytania jest pokrycie terenu - zbiór punktów wraz z przypisanymi wartościami (model terenu, zdjęcie satelitarne). Formaty danych to między innymi GeoTIFF, DTED.</p>
<p align="center">WPS Web Processing Service</p>	<p>Standard opisu procesów czyli działań na danych. Umożliwia udostępnienie użytkownikowi standardowego (a więc z zachowaniem interoperacyjności) opisu danej operacji a następnie jej wykonanie. Co niezmiernie istotne zarówno dane wejściowe dostarczone przez klienta jak i rezultat kalkulacji mogą zostać umieszczone w samym zapytaniu jak i jako zasób dostępny sieciowo</p>
<p align="center">Simple Feature</p>	<p>Istotny z punktu widzenia interoperacyjności standard opisujący sposób cyfrowego przechowywania danych geograficznych wraz z ich atrybutami przestrzennymi i nie-przestrzennymi. „Simple” (prosty) w nazwie odnosi się do używanej przez standard dwuwymiarowej geometrii, w której obiekty nie przecinają się w żaden sposób. Przykładowe typy danych to POINT, LINESTRING itp. Oprócz obiektów definiowane są operatory przestrzenne umożliwiające tworzenie nowych geometrii. Na tym standardzie opierają się przestrzenne rozszerzenia baz danych np. PostGIS.</p>
<p align="center">SLD Styled Layer Descriptor</p>	<p>Schemat XML opracowany w celu opisywania sposobów wyświetlania danych geograficznych, tak wektorowych jak i rastrowych. Tym sposobem możliwe jest oddzielenie formy prezentacji od jej treści.</p>
<p align="center">GML Geographic Markup Language</p>	<p>Wywodzący się z XML format danych geograficznych (jest to tzw. gramatyka XML), służący do zarówno do ich wymiany jak i modelowania. Jak wszystkie formaty oparte na XML jest w znacznej mierze rozwlekły, co skutkuje dużymi objętościami plików jednak jest niezastąpiony w dziedzinie interoperacyjności a elastyczna budowa umożliwia opis wielu rodzajów zjawisk.</p>
<p align="center">KML Keyhole Markup Language</p>	<p>Opracowany przez firmę Keyhole inc. (nazwa pochodzi od serii satelitów), następnie przejęty i rozwijany przez Google. W roku 2008 został oficjalnie zaakceptowany jako otwarty standard OGC. Oparty, podobnie jak GML o XML, jednak jest to format prezentacji a nie przechowywania danych przez co składnia jest prostsza i bardziej jednoznaczna kosztem możliwości opisu zjawisk.</p>

Tabela 1. Przykłady najpopularniejszych standardów OGC.

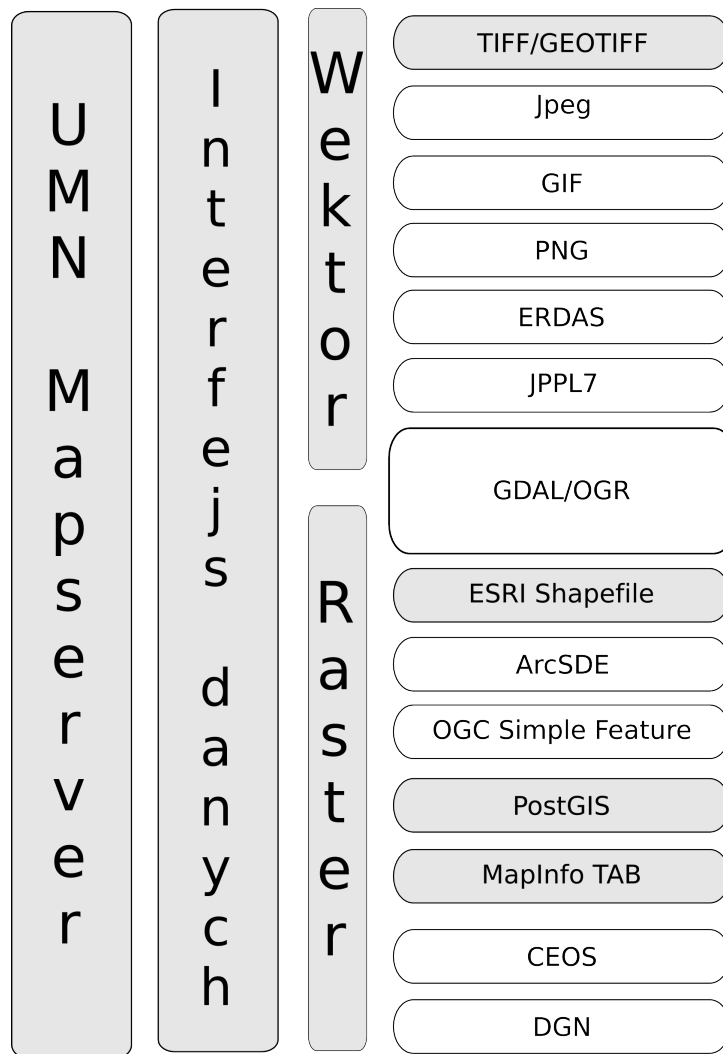
Otwarte oprogramowanie

Opisując otwarte standardy nie należy zapominać o obszarze, który wiąże się z nimi w naturalny sposób czyli oprogramowaniu o otwartym źródle. Otwartość standardów i model połączony z brakiem właściciela kodu (non-property software) jest jedną z gwarancji tak charakterystycznego dla technologii internetowych niekonkurencyjnego i niedyskryminacyjnego traktowania różnego rodzaju technologii i formatów przechowywania danych. Istotą rozwiązań Open Source jest wsparcie dla standardów OGC, współpraca z różnymi technologiami, zarówno jeżeli chodzi o systemy operacyjne, serwery internetowe, systemy baz danych czy oprogramowanie do geoprzetwarzania oraz wsparcie dla różnych języków programowania i technologii skryptowych.

Początki kartografii internetowej opartej o rozwiązania Open Source sięgają połowy lat 90-ych XX wieku i związane są z projektem MapServer sponsorowanym przez NASA a realizowanym na Uniwersytecie Minnesota. Od roku 2005 projekt ten jest sponsorowany i nadzorowany przez Fundację OSGEO i rozwijany przez społeczność z całego świata. Obecnie MapServer podobnie jak inne technologie kartografii internetowej osiągnął wysokie stadium dojrzałości, właściwe dla produktów komercyjnych. Dzięki łatwej integracji z licznymi środowiskami użytkownika takimi jak ka-Map, Chameleon, Mapbender, MapBuilder and Cartoweb MapServer jest w chwili obecnej prostą, łatwą w użyciu i ogólnodostępną platformą kartografii internetowej. Nie do przecenienia jest również wpływ ogólnodostępnych technologii OpenGIS na rozwój społecznościowych projektów GIS jak na przykład popularny OpenStreetMap.

Jednak sukces serwerów map opartych na otwartych licencjach nie byłby możliwy bez takich projektów jak GDAL, PROJ4 i kody EPSG oraz PostGIS.

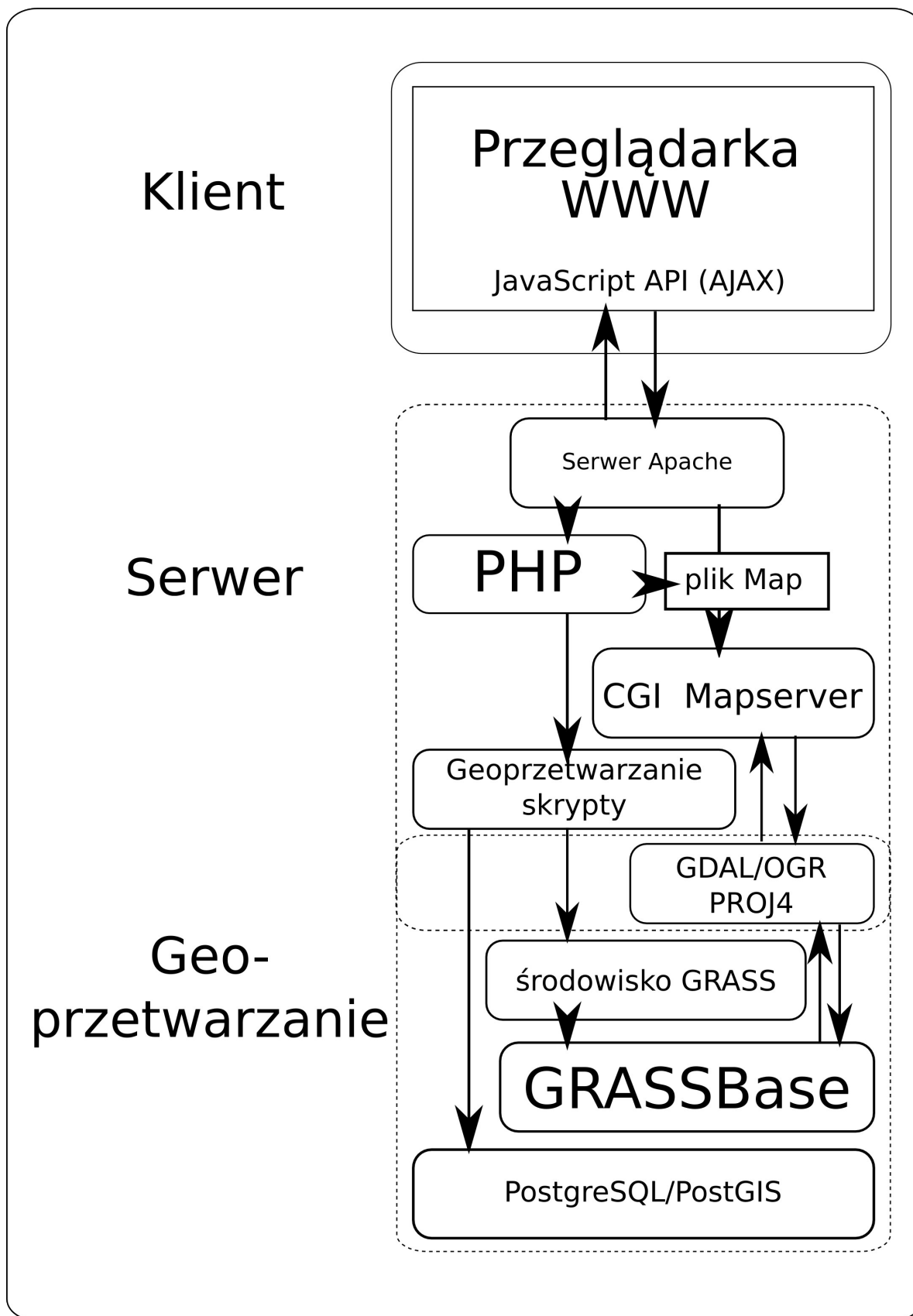
1. GDAL. W przypadku danych geograficznych rolę uniwersalnego formatu pełni biblioteka i skojarzone z nią aplikacje o nazwie GDAL lub GDAL/OGR. GDAL jest akronimem od Geospatial Data Abstraction Library (geoprzestrzenna biblioteka abstrakcji danych), natomiast OGR jest biblioteką wymiany danych wektorowych, inspirowaną modelem OGC Simple Feature. Teoretycznie GDAL i OGR stanowią osobne projekty, ale od pewnego czasu współegzystują w tym samym drzewie rozwojowym i docelowo mają być jedną biblioteką. Obecnie mówiąc GDAL mamy na myśli GDAL/OGR. Pomimo że jest to jest to narzędzie od początku rozwijane jako projekt Open Source, obecnie stosowane jest również w komercyjnych rozwiązaniach jako narzędzie eksportu i importu danych. Na przykład w TNT MIPS od wersji 7.0 GDAL/OGR jest narzędziem importu i eksportu danych. Oprócz bibliotek niezbędnych do wymiany danych geograficznych GDAL oferuje kilkanaście programów działających w linii poleceń, pozwalających w łatwy sposób zarządzać danymi geograficznymi, dokonywać reprojekcji, konwersji między różnymi formatami czy przeglądaniu struktury danych geoprzestrzennych. Na czym zatem polega istotność omawianego rozwiązania dla rozwoju oprogramowania? Otóż import i eksport danych bez użycia warstw abstrakcyjnych wymaga, aby system GIS posiadał konwertery do wszystkich formatów z którymi chce współpracować. W czasie importu każdy taki konwerter dokonuje zamiany struktury danych właściwej dla danego formatu, na format obsługiwany przez dany system GIS. Działanie GDAL/OGR polega, w dużym uproszczeniu na tworzeniu warstwy abstrakcyjnej danych, którą następnie program importuje do swojej bazy. Podobne działanie następuje w przeciwnym kierunku. Program z danych zapisanych w wewnętrznej bazie tworzy jedynie warstwę abstrakcyjną a ta przez GDAL zamieniana jest na format docelowy. Należy zaznaczyć, że o ile GDAL obsługuje dużą ilość formatów do odczytu, to znacznie mniej w trybie do zapisu. Przykładowe formaty wykorzystywane za pośrednictwem tej biblioteki ilustruje Rycina 1.



Rycina 1. Formaty obsługiwane przez środowisko UMN Mapserver dzięki wykorzystaniu biblioteki GDAL.

2. PROJ4 i kody EPSG. PROJ4 to biblioteka transformacji kartograficznych pierwotnie napisana dla systemu UNIX przez Geralda Evendena, zaadoptowana przez Służbę Geodezyjną USA (USGS). Obecnie rozwijana w ramach OSGeo Foundation jest wykorzystywana przez większość narzędzi Open Source jak i oprogramowania komercyjnego do wykonywania transformacji pomiędzy układami współrzędnych. Ponieważ zapamiętanie wszystkich parametrów układów odniesienia jest raczej trudne, zestawienia parametrów zgodne ze standardem WKT (Well Known Text) otrzymały symbole cyfrowe oznaczające konkretną projekcję. Najpopularniejszym systemem kodowania projekcji jest EPSG (European Petroleum Survey Group) i w większości aplikacji do jednoznacznego ustalenia parametrów odwzorowania wystarczy podać kod składający się z kilku cyfr.
3. PostGIS - rozszerzenie relacyjno-obiektowej bazy danych PostgreSQL, dodające możliwość zapisywania danych geograficznych wprost do bazy danych zgodnie z specyfikacją OpenGIS Simple Features dla profilu SQL: points, linestrings, polygons, multipoints, multilinestrings, multipolygons and geometrycollections. Oprócz tego PostGIS dodaje możliwość przetwarzania zgromadzonych danych geograficznych przy użyciu predykatów przestrzennych: badających relacje geometryczne między obiektami, operatory przestrzenne: area, distance, length and perimeter oraz operacje przestrzenne na zbiorach danych, takie jak UNION lub DIFFERENCE. PostGIS wykorzystuje indeks przestrzenny R-drzew wspomagający wydajność mieszanych zapytań opartych na przestrzennych i

nieprzestrzennych atrybutach, wykorzystujących składnię SQL. W przeciwieństwie do komercyjnego odpowiednika Oracle Spatial nie obsługuje topologii (aktualnie wprowadzane) oraz danych rastrowych.



Rycina 2. Przykład trójdzielonego systemu webGIS opartego o środowisko UMN Mapserver.

Składniki internetowego systemu geoinformacji

Bardzo często systemy webGIS składają się z wielu komponentów, pełniących określone role, szczególnie jeśli jest on oparty na wolnym oprogramowaniu. Można wśród nich wyróżnić trzy zawsze obecne grupy.

1. Interfejs użytkownika – wizytówka systemu, decydująca o zakresie udostępnianych danych i możliwościach interakcji z użytkownikiem. Wyświetlana mapa jest rezultatem działania serwera map a jedynie w nielicznych są to gotowe obrazy. W początkach rozwoju interfejsy opierały się na wyłącznie na HTML jednak w chwili obecnej dominujące są, z uwagi na swoją efektywność, języki skryptowe działające po stronie klienta, w szczególności AJAX. Z uwagi na daleko idącą specyfikę usług i treści poszczególnych serwisów internetowych często interfejsy tworzone są indywidualnie, przy czym istnieją gotowe rozwiązania typu ka-Map, Chameleon i OpenLayers.
2. Serwery Map – najważniejsza część systemu. Na jej barkach spoczywa cały proces geoprzetwarzania danych geograficznych i generowania map o zadanych parametrach. Serwery map oparte są na językach programowania działających po stronie serwera (Java, PHP, Ruby) lub skryptach CGI. Jednym z ich głównych zadań jest translacja, przy udziale na przykład bibliotek GDAL i PROJ4, różnorodnych formatów danych do sieciowych standardów OGC (np. WMS) i w takiej formie udostępnienie aplikacji klienckiej. To tutaj ustalany jest wygląd i zakres mapy. Oprócz wspomnianego wcześniej Mapservera występującego pod postacią CGI oraz bibliotek Perl/Pythona i PHP najbardziej zaawansowanymi projektami serwerów map są Geoserver (Java) oraz ArcIMS.
3. Bazy danych – z uwagi dostępne zaawansowane możliwości konwersji dostępne w gestii serwerów (patrz Rycina 1) dane geograficzne mogą być przechowywane praktycznie w dowolny sposób. Wydaje się jednak, iż największe możliwości i perspektywy rozwoju leżą w wykorzystaniu przestrzennych baz danych np. PostGIS.

Przykłady projektów

Obecne w internecie projekty wykorzystujące możliwości webGIS wpisują się, przy założeniu że podział ten nie jest ani wyczerpujący ani rozłączny, w trzy grupy:

1. Geoprzeglądarki – najwcześniejszy, najbardziej oczywisty sposób wykorzystania informacji geograficznej w sieci, powstały w 1993 roku wraz z uruchomieniem eksperymentalnej przeglądarki Map Viewer opracowanej przez Xerox Corporation (Dragicevic 2004). Początkowo jego rozwój ograniczany był przez małą przepustowość ogólnie dostępnych łączy, jednak od kilku lat stał się swoistą wizytówką technologii geoinformacyjnych dla użytkowników internetu. Ich główną funkcją jest udostępnianie informacji przestrzennej w formie internetowych map. Cechą charakterystyczną jest z góry ustalony sposób wyświetlania mapy oraz brak dostępu do surowych danych. Do nich to wydaje się najbardziej pasować definicja „map w internecie” według Leksykonu Geomatycznego Polskiego Towarzystwa Informatyki Przestrzennej (Gaździcki 2001) - „zasoby danych przestrzennych udostępnianie w Internecie, głównie przez WWW, w postaci map”. Niektóre z nich realizują proste zapytania przestrzenne (np. Google Maps) oraz pozwalają na integrację danych z wielu źródeł (Open Layers) i łatwe tworzenie tzw. mashupów (Google API) – popularnych form ekspresji dla entuzjastów geoinformacji. Osobną kategorię są przeglądarki 3D wpisujące się w nurt „Cyfrowej Ziemi” (Digital Earth). Z uwagi na coraz większy nacisk na dodawanie do istniejących rozwiązań elementów prostego geoprzetwarzania granica między geoprzeglądarkami a geoportalami staje się nieostra. Przykładami tych pierwszych są między innymi:

- Google Maps
- Open Layers
- Virtual Earth
- Google Earth
- Mapquest
- Terraserver
- NASA World Wind

2. Geoportale – początkowo bardzo bliskie w założeniach i możliwościach do geoprzeglądarek – według Taita (2005) geoportal to: strona internetowa stanowiąca punkt wejścia do geograficznej zawartości sieci lub pozwalająca takową odkryć. Wydaje się jednak, że obecnie pojęcie to ewoluuje w stronę bardziej zaawansowanej formy, geoportalu „drugiej generacji” jak jest on nazywany przez Maguire i Longleya (2005). W tym ujęciu cechą najbardziej charakterystyczną jest dostęp do surowych danych oraz coraz bardziej zaawansowane możliwości geoprzetwarzania – zapytania do baz danych, proste obliczenia i algebra map. Często też występuje rozbudowana otoczka w postaci artykułów technicznych, samouczków, for użytkowników itp. - element wspólny z następnym prezentowanym tutaj typem projektów webGIS - geospołecznościami. Przykłady geoportali:

- Polski Geoportal: <http://geoportal.gov.pl>
- GOS-Geospatial One Stop: <http://gos2.geodata.gov/wps/portal/gos>
- Geography Network: <http://www.geographynetwork.com/>

3. Współtworzony GIS (participative GIS) i jego odmiany – najbardziej pojemne i najnowsze zjawisko. Charakteryzuje się największą demokratyzacją i odwróceniem proporcji między korzystaniem z danych będących rezultatem działania systemów informacji geograficznej a ich dostarczaniem przez samych użytkowników. Serwisy internetowe tego rodzaju tworzone są zarówno przez organizacje rządowe w ramach idei administracji elektronicznej i wzmocnienia udziału publicznego w podejmowaniu decyzji jak i spontanicznie przez społeczność internetową czego dobrym przykładem jest system OakMapper utworzony w Kalifornii celem monitorowania stanu zdrowia miejscowych dębów (Kelly & Meentemeyer 2002). Do tej kategorii można też zaliczyć ogromną liczbę kompilacji map tworzonych w ramach ruchu neogeografii (Haklay et al. 2008).

Uczestnictwo wielu podmiotów w tworzeniu systemów GIS umożliwia pozyskanie danych i analizę zależności w zupełnie niespotykany do tej pory sposób, uwzględniający również jakże trudny do pochwylenia społeczny aspekt przestrzeni. Co więcej, tak pozyskane dane w przeważającej liczbie przypadków udostępniane są na zasadach otwartych licencji. Nie można jednak zapomnieć, że demokratyzacja geoinformacji może odbić się negatywnie na jakości rezultatu. Jako przykłady takich inicjatyw niech posłużą wcześniej wspomniane:

- OakMapper: <http://www.oakmapper.org/>
- OpenStreetMap: <http://www.openstreetmap.org/>
- Integrated Approach to Participatory Development: <http://www.iapad.org/>

Przyszłość WebGIS

Obserwując rozwój globalnej sieci w jej przestrzennym aspekcie – geosieci, spróbować można wysnuć wnioski o jej przyszłym rozwoju. Wydaje się, że istnieją dwa kierunki o największym potencjale:

- Współtworzony GIS – jak zauważa Goodchild (Goodchild 2007) systemy, w których źródłem danych są sami użytkownicy („citizen as sensors”) pozwalają zebranie danych często w sposób najtańszy i najlepszy a nawet na odkrycie i opisanie aspektów przestrzeni w najlepszym razie trudno dostępnych dla tradycyjnych metod.
- Rozproszony GIS (distributed GIS) – przestrzennie rozproszone systemy informacji, w których poszczególne komponenty takie jak źródła danych, jednostki przetwarzające, udostępnianie danych są od siebie niezależne. Przy wykorzystaniu już dostępnych technologii i standardów wymiany danych możliwe jest realne oddzielenie systemów gromadzenia, przechowywania i analizy danych. Oprócz zalet wynikających z efektywności i niezawodności takiego rozwiązania, wysoka elastyczność umożliwia wystarczająco szybkie konstruowanie odpowiednich dla konkretnego problemu rozwiązań z już istniejących modułów. Może mieć to zastosowanie chociażby w wypadku reakcji na zdarzenia ekstremalne. Z drugiej strony taka struktura pozwala na udostępnianie części aplikacji w postaci sieciowych komponentów i sprzedaż oprogramowania jako usługi (software as service).

Jednak niezależnie który z tych dwóch kierunków odegra istotniejszą rolę, lub nawet jeśli rozwój internetowych systemów geoinformacji podąży w zupełnie zgoła odmiennym kierunku to wydaje się usprawiedliwionym osąd, iż to właśnie one odegrają najważniejszą rolę w rozwoju geoinformacji w najbliższych latach.

Literatura

Dessard, V., 2002. GML & Web feature server. The baseline for online geoservices. *GeoInformatics*, 5, 38–41.

Dragicevic, S., 2004. The potential of Web-based GIS. *Journal of Geographical Systems*, 6(2), 79-81.

Gaździcki J., 2001. *Leksykon geomatyczny*, Warszawa: Polskie Towarzystwo Informatyki Przestrzennej.

Gaździcki, J., 2007. Standardy otwarte w geomatyce. *Roczniki Geomatyki*, 5(2), 7-9.

Goodchild, M.F., 2007. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211-221.

Haklay, M., Singleton, A. & Parker, C., 2008. Web mapping 2.0: the Neogeography of the Geoweb. *Geography Compass*, 2(6), 2011-2039.

Kelly, M. & Meentemeyer, R.K., 2002. Landscape dynamics of the spread of sudden oak death. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(10), 1001-1010.

Maguire, D.J. & Longley, P.A., 2005. The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29(1), 3-14.

OGC, 2009: Open Geospatial Consortium, Inc website. Online 19.05.2009 – <http://www.opengeospatial.org>.

Peng, Z.R. & Zhang, C., 2004. The roles of geography markup language (GML), scalable vector graphics (SVG), and Web feature service (WFS) specifications in the development of Internet geographic information systems (GIS). *Journal of Geographical Systems*, 6(2), 95-116.

Putz, S., 1994. Interactive information services using World-Wide Web hypertext. *Computer Networks and ISDN Systems*, 27(2), 273-280.

Tait, M.G., 2005. Implementing geoportals: applications of distributed GIS. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29(1), 33-47.