



POLSKIE
TOWARZYSTWO
INFORMACJI
PRZESTRZENNEJ

ROCZNIKI 2010 GEOMATYKI

**Metodyka i technologia
budowy geoserwera tematycznego
jako komponentu INSPIRE**

Tom VIII
Zeszyt 3(39)
Warszawa

Niniejszy zeszyt specjalny jest opracowaniem monograficznym dr hab. Janusza Michalaka przedstawiającym wyniki badań wykonanych przez Autora w ramach tematu „Eksperymentalny interoperacyjny system geoinformatyczny udostępniania danych dla potrzeb hydrogeologii i spełniający wymagania norm grupy ISO 19100, norm polskich i specyfikacji Open Geospatial Consortium” sfinansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Zawarty w tym opracowaniu wszechstronny przegląd dostępnych technologii budowy geoserwerów zainteresuje z pewnością specjalistów geomatyków. Zaproponowane koncepcje i konkretne rozwiązania stanowią wkład Autora do dyskusji na temat projektowania infrastruktury informacji przestrzennej w Polsce.

Jerzy Gaździcki

Dr hab. Janusz Michalak
Uniwersytet Warszawski
Wydział Geologii
J.Michalak@uw.edu.pl
<http://netgis.geo.uw.edu.pl>

Spis treści

1. Wstęp	11
2. Ogólna koncepcja architektury polskiej IIP	14
2.1. Cztery aspekty problematyki architektury polskiej części infrastruktury INSPIRE	16
2.2. Podstawy prawne wymagań architektonicznych	19
2.3. Przyjęte standardy i specyfikacje techniczne	19
2.4. Problematyka harmonizacji standardów	21
2.5. Schemat architektoniczny IIP	22
2.6. Technologiczne uwarunkowania polskiej części infrastruktury INSPIRE	23
2.7. Dwa pozornie oddzielne aspekty technologiczne – dane i usługi	24
2.8. Próba syntetycznego ujęcia relacji polskiej IIP do infrastruktury INSPIRE	25
3. Założenia technologiczne infrastruktury INSPIRE	28
3.1. Relacje dokumentów INSPIRE do normy ISO i specyfikacji OGC	28
4. Podstawowe węzły polskiej IIP	30
4.1. Model pojęciowy węzła architektury	30
4.2. Podstawowe trzy kategorie węzłów	32
4.3. Interoperacyjność w zakresie usługi wyszukiwania	34
4.4. Geoserwer jako podstawowy element węzła	36
4.5. Komponenty geoserwera	36
4.6. Komunikacja i interfejsy wewnątrz geoserwera	37
4.7. Interfejsy zewnętrzne geoserwera	38
4.8. Role konwerterów transformujących dane przestrzenne	39
5. Oprogramowanie stosowane w infrastrukturach	41
5.1. Kategorie i role systemów geoinformacyjnych	41
5.2. Otwarte oprogramowanie	43
5.3. Systemy operacyjne	45
5.4. Kluczowe systemy przetwarzania geoinformacji	47
5.5. Ogólnoinformatyczne oprogramowanie geoserwera	48
5.6. Oprogramowanie systemów klienckich	49
6. Kryteria doboru oprogramowania geoserwera	52
6.1. Heterogeniczność i rozproszenie w infrastrukturach	53
6.2. Przenośność i skalowalność oprogramowania	53
7. Specyfika geoserwera tematycznego	54
7.1. Uwarunkowania wynikające ze specyfikacji danych	56
7.2. Dziedziczne modele danych	57
7.3. Harmonizacja zobrazowania danych dziedzinowych	57
7.4. Szczegółowość i aktualność i danych dziedzinowych	58

8. Eksperymentalny geoserwer OakHills	59
8.1. Przyjęte założenia wstępne	59
8.2. Platforma sprzętowo-systemowa	60
8.3. Analiza potrzeb w zakresie oprogramowania serwerowego	61
8.4. Architektura geoserwera OakHills	62
8.5. Zewnętrzne interfejsy geoserwera	64
8.6. Interfejs WWW usługi przeglądania	64
8.7. Funkcjonalność interfejsu WWW	64
8.8. Wielojęzyczność interfejsów geoserwera	69
8.9. Obsługa wielu układów odniesienia	69
8.10. Problemy modyfikacji oprogramowania	70
9. Testowanie geoserwera	71
9.1. Zbiory danych testowych	71
9.2. Transformacja danych testowych do języka GML i w tym do modeli INSPIRE	72
9.3. Testowanie poprawności funkcji geoserwera	73
9.4. Testowanie wydajności w różnych konfiguracjach	73
10. Podsumowanie	75
Literatura	77
A. Cytowane publikacje z czasopism i książki	77
B. Specyfikacje i standardy Open Geospatial Consortium	80
C. Normy i raporty Komitetu Technicznego ISO/TC211	81
D. Przepisy wykonawcze, specyfikacje i instrukcje techniczne INSPIRE	84
E. Dokumentacje i materiały źródłowe komponentów zastosowanego oprogramowania	87
Dodatek – Przykład pliku konfiguracyjnego geoserwera OakHills	89

5. Oprogramowanie stosowane w infrastrukturach

Przedstawiona w poprzednich rozdziałach analiza architektury infrastruktury wykazała, że jej podstawowymi komponentami są węzły, będące złożonymi systemami informatycznymi wyspecjalizowanymi w przechowywaniu, przetwarzaniu i udostępnianiu informacji geoprzestrzennej. System taki również jest złożony z komponentów, najczęściej pogrupowanych w trzy warstwy:

- warstwa danych – najniższa – bazy danych wraz systemami zarządzania nimi i repozytoria danych w postaci plików,
- warstwa przetwarzania – środkowa – nazywana także w pewnych zastosowaniach warstwą logiki biznesowej, zawierająca elementy koordynujące pracę aplikacji i jest też odpowiedzialna za przepływ danych pomiędzy warstwami,
- warstwa prezentacji – najwyższa – stanowi interfejs użytkownika i jej głównym zadaniem jest przekodowywanie tego, co przetwarzają aplikacje na postać zrozumiałą dla człowieka.

Przykład trójwarstwowej architektury systemu jest przedstawiony na rysunku 10. Jednak w przypadku serwerów geoinformacyjnych najwyższa warstwa – prezentacji nie zawsze występuje. Ma to miejsce, gdy serwer nie ma interfejsu WWW i jedynie udostępnia dane innym systemom za pośrednictwem usług WFS i WCS lub WPS.

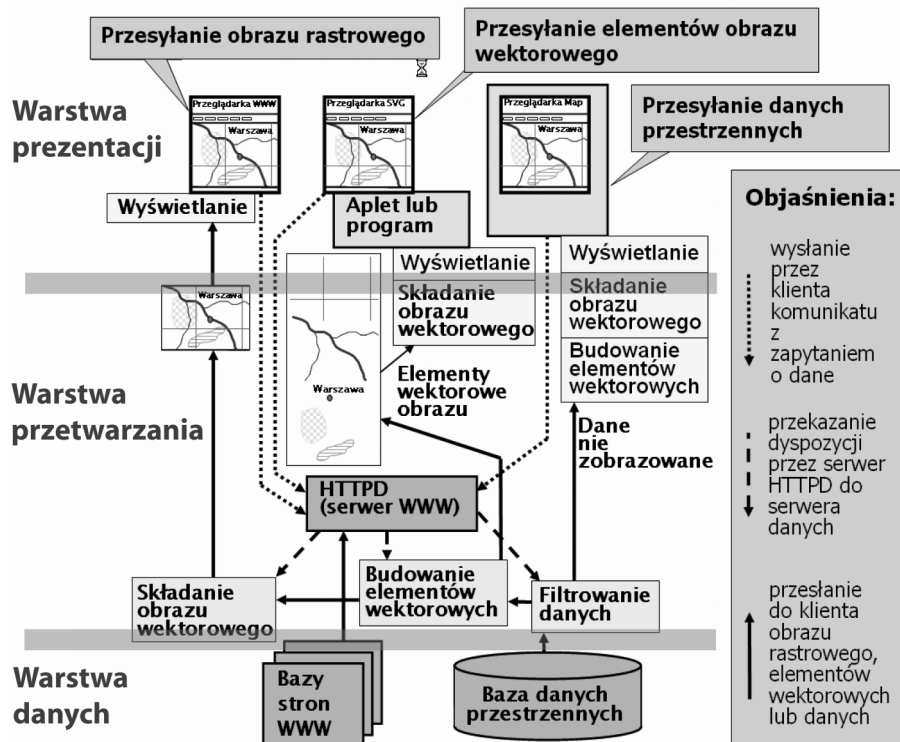
5.1. Kategorie i role systemów geoinformacyjnych

Głównym zadaniem infrastruktury geoinformacyjnej jest udostępnianie informacji geoprzestrzennej, zarówno w formie zobrazowanej, jak i w postaci samych danych. Udostępnianie to odbywa się w układzie klient-serwer i z tego względu role systemów składających się na infrastrukturę dzielą się na dwa podstawowe rodzaje lub ich kombinację:

- system serwerowy oczekuje na polecenie od systemu klienckiego zgodne z przyjętym protokołem komunikacji i odpowiada na te polecenia wykonując określone w tym protokole operacje, a następnie zwraca systemowi klienckiemu wyniki tych operacji;
- system kliencki najczęściej jest oprogramowaniem sterowanym przez użytkownika infrastruktury i zgodnie z jego intencjami przekazuje polecenia do systemu serwerowego, oczekuje na jego odpowiedź a po jej otrzymaniu prezentuje wynik użytkownikowi;
- system kaskadowy jest kombinacją dwóch poprzednich – jest w roli serwera dla klienta, ale dla innego serwera występuje w roli klienta.

Inny podział systemów geoinformacyjnych wchodzących w skład infrastruktury dotyczy rodzaju zadań, jakie wykonują w układzie klient-serwer:

- system usług wyszukiwania opartych na protokole CSW pozwala na rozproszone przeglądanie i filtrowanie metadanych w celu znalezienia potrzebnej geoinformacji – istotnym elementem w tym przypadku jest logiczny i łatwy w użyciu interfejs WWW;



Rys. 10. Trzy różne sposoby udostępniania danych przez węzeł: 1) obraz rastrowy, 2) elementy obrazu wektorowego, 3) wybrane dane

trzem różnym systemom klienckim: 1) przeglądarce WWW (po lewej), 2) średnio zaawansowanemu klientowi (po środku), 3) innemu wyspecjalizowanemu systemowi geoinformatycznemu (po prawej); szare poziome linie dzielą system na trzy warstwy: 1) danych, 2) przetwarzania, 3) prezentacji (na podstawie publikacji OGC).

- system usług przeglądania opartych na protokołach WMS i WMTS ma za zadanie przedstawić zobrazowania geoinformacji w postaci map również w warunkach rozproszenia tej informacji po różnych bazach i repozytoriach;
- system usług pobierania opartych na WFS i WCS udostępnia dane wyszukane przy pomocy pierwszej kategorii usług, obejrzone przy pomocy drugiej kategorii usług, co pozwala użytkownikowi upewnić się, że są to właśnie te dane, których poszukuje;
- system usług przekształcania lub przetwarzania opartych na protokołach WCTS i WPS wykonuje różne operacje na danych geoprzestrzennych, dane te są przekazywane przez system kliencki lub wskazywane jest przez ten system miejsce gdzie się znajdują, po wykonaniu oferowanych przez serwer operacji wyniki są przekazywane systemowi klienckiemu w analogiczny sposób – przesłanie pliku danych wynikowych lub podanie lokalizacji tego pliku;
- system usług wywoływania innych usług – najczęściej wykonanie jakiejś usługi podstawowej spośród wymienionych powyżej związane jest wykonaniem jakichś innych usług, nie koniecznie na danych geoprzestrzennych, w takim przypadku tworzony jest dynamicznie łańcuch usług i to zadanie należy do systemu tej kategorii.

Kolejnym podziałem jest podział systemów pod względem hierarchii realizowanych usług na usługi sieciowe i usługi danych przestrzennych. Analiza zapisów dyrektywy i treści innych dokumentów INSPIRE pozwala przyjąć, że:

- system usług sieciowych realizuje podstawowe usługi geoinformacyjne wymienione powyżej (wyszukiwania, przeglądania, pobierania, przekształcania i wywoływania) w oparciu o standardy dotyczące tych kategorii usług i poprzez bezpośredni do nich dostęp przez Internet;
- system usług danych przestrzennych realizuje wszystkie inne usługi z zakresu geoinformacji, zarówno niestandardowe (witryny i geoportale mapowe nie spełniające standardów OGC i ISO), jak i usługi będące w tle usług sieciowych – niezbędne do ich wykonania, jednak nie widoczne poprzez standardowe interfejsy usług sieciowych.

Ostatni w tym przypadku podział systemów dotyczy przedstawionego wcześniej trójwarstwowego podziału węzła infrastruktury na warstwę danych, warstwę przetwarzania i warstwę prezentacji:

- systemy zarządzania danymi geoprzestrzennymi – są to systemy zarządzania bazami danych, repozytoriów i składów zbiorów danych przestrzennych i innych danych im towarzyszących, np. metadanych;
- systemy przetwarzania geoinformacji – ich zadaniem jest przetwarzanie danych według wielu różnych algorytmów stosowanych w tym celu, podstawowym ich zadaniem jest przetworzenie danych pobranych z warstwy danych do postaci wymaganej w warstwie prezentacji;
- systemy prezentacji geoinformacji – w dużym uproszczeniu można je nazwać graficznym interfejsem użytkownika (GUI – *Graphical User Interface*), są to systemy działające zarówno po stronie serwera jak i po stronie klienta.

Przedstawione różne podziały systemów geoinformatycznych stosowanych w infrastrukturach mają głównie charakter poglądowy – pozwalają na wydzielenie w złożonym układzie, jakim jest węzeł infrastruktury, jego fragmentów i dokonanie ich logicznego podziału, co jest bardzo użyteczne przy projektowaniu architektury węzła i przy wyborze komponentów oprogramowania, z którego będzie zbudowany.

5.2. Otwarte oprogramowanie

Przymiotniki: otwarte (*open*) i wolne (*free*) w przypadku oprogramowania odnoszą się do kategorii spełniających ściśle określone warunki w zakresie dostępności i praw autorskich. Pomiędzy tymi dwoma grupami jest istotna różnica, głównie o charakterze ideologicznym, jednak z punktu widzenia przeciętnego użytkownika różnica jest na tyle subtelna, że można ją pominąć, szczególnie, gdy oprogramowanie tego typu porównuje się z odpowiadającymi im produktami komercyjnymi lub o ograniczonym dostępie (Michalak, 2007). Oprogramowanie należące do tej ostatniej kategorii określane jest często przymiotnikami „zamknięte” lub „nie-wolne” (*closed or enslaved*) – jako przeciwieństwo otwartego i wolnego. Różnice pomiędzy dwoma pierwszymi kategoriami wyjaśniają poniższe definicje:

- Otwarte oprogramowanie (*open software*) – oprogramowanie niekomercyjne, najczęściej z dostępnym kodem źródłowym, które powstaje w środowiskach, które dopuszczają także współpracę z firmami komercyjnymi lub nawet w tych firmach, jednak spełnia wymogi otwartości.

- Wolne oprogramowanie (*free software*) – bardziej rygorystyczna formuła oprogramowania niekomercyjnego, społeczny ruch wolnego oprogramowania nie współpracuje z firmami komercyjnymi. W praktyce jednak, jeżeli licencja jakiegoś oprogramowania spełnia wymagania otwartego oprogramowania, to w dużym stopniu spełnia także najczęściej wymagania wolnego oprogramowania i na odwrót. Z tych względów w rozpatrywanym tu aspekcie obie te kategorie dla uproszczenia będą nazywane oprogramowaniem otwartym.

Określenia oprogramowanie „zamknięte” lub „niewolne” odnoszą się do oprogramowania, które nie spełnia wymogów określonych przez ruchy społeczne na rzecz programów określanych przymiotnikami „otwarte”. Jest to nie tylko oprogramowanie komercyjne. Często, na przykład w Polsce i niektórych innych krajach, oprogramowanie opracowane w drodze zamówień publicznych ze środków budżetowych nie jest oprogramowaniem otwartym i obywatele finansując te prace przez płacenie podatków nie mają praktycznie dostępu do ich wyników (Michalak, 2009a). Z zupełnie inną sytuacją spotykamy się w takich krajach jak Stany Zjednoczone lub Kanada, gdzie oprogramowanie i dane sfinansowane ze środków budżetowych mają status *public domain* i przez to są bezpłatnie i bez ograniczeń dostępne dla wszystkich.

W ostatnich latach w większości dziedzin „czysto informatycznych”, na przykład w zakresie oprogramowania narzędziowego, takiego jak kompilatory, interpretery języków i narzędzia wspomagające budowę oprogramowania aplikacyjnego, otwarte oprogramowanie odnosi wielkie sukcesy. Skutkiem tego jest fakt, że oprogramowanie komercyjne nie wytrzymuje konkurencji i wiele firm rezygnuje z dalszego rozwijania swoich produktów.

W obszarze geomatyki idea otwartego oprogramowania rozwija się z pewnym opóźnieniem w stosunku do obszaru informatyki podstawowej. Dopiero w ostatnich latach powstało kilka dużych projektów, które już przynoszą interesujące wyniki i można obserwować integrowanie się tych projektów – powstające oprogramowanie jest wzajemnie ze sobą powiązane. Utworzenie w roku 2006 nowej organizacji *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo) z pewnością przyspieszy prace nad otwartym oprogramowaniem geoinformatycznym.

W Polsce, do niedawna, idea otwartego oprogramowania geoinformatycznego była niestety mało popularna i w zasadzie ograniczona jedynie do środowisk akademickich. Z trudnych do zrozumienia powodów instytucje państwowe bardzo nieufnie odnoszą się do oprogramowania otwartego. Można przypuszczać, że nieufność ta wynika z przekonania decydentów o nieprofesjonalności autorów oprogramowania, w konsekwencji o niskim jego poziomie technologicznym i o wynikającym z tego braku bezpieczeństwa danych. Opinia ta jest całkowicie nieuzasadniona – wiele systemów komputerowych przechowujących dane o bardzo dużym znaczeniu jest chronionych przy pomocy oprogramowania otwartego i przy pomocy otwartych algorytmów kodowania.

W Unii Europejskiej problem stosowania otwartego oprogramowania traktowany jest znacznie poważniej. Europejski program IDABC (*Interoperable Delivery of European eGovernment Services to public Administrations, Businesses and Citizens*) jest w znacznym stopniu ukierunkowany na stosowanie przez administrację otwartego oprogramowania. Część tego programu określana akronimem OSO (*Open Source Observatory*) jest dedykowana promocji tego oprogramowania w zastosowaniach administracyjnych instytucji europejskich i krajów członkowskich. Lista zalecanego oprogramowania obejmuje także programy z zakresu geoinformacji, a w tym także GIS GRASS. W roku 2007 Komisja Europejska wprowadziła w życie Licencję Publiczną Unii Europejskiej (EUPL – *European Union Public Licence*), a jej

ulepszona wersja 1.1 została przyjęta w marcu 2009. Jest to licencja typu *Open Source*, jej polskojęzyczny tekst (UE, 2009) jest dostępny w witrynie IDABC, lecz próżno go szukać w witrynach polskich instytucji państwowych, co obok innych przesłanek wskazuje na to, że w Polsce ten akt prawny jest martwy.

Biorąc pod uwagę wnioski wynikające z powyższej analizy dotyczącej roli otwartego oprogramowania, także w inicjatywach europejskich, należy przypuszczać, że również infrastruktura INSPIRE może i powinna być budowana w oparciu o takie oprogramowanie. Z tego względu przedstawiana tu koncepcja geoserwera tematycznego w możliwie jak największym stopniu oparta jest na oprogramowaniu otwartym.

Oprogramowanie stosowane w geoserwerach lub z nimi związane można podzielić na kilka kategorii zadaniowych:

- systemy operacyjne tworzące środowisko serwerowe,
- narzędzia ogólnoinformatyczne służące do zbudowania geoserwera i jego utrzymania,
- oprogramowanie serwerowe ogólnoinformatyczne stanowiące komponenty geoserwera,
- oprogramowanie serwerowe geoinformatyczne stanowiące komponenty geoserwera,
- oprogramowanie ogólnoinformatyczne wspomagające pracę geoserwera,
- narzędzia geoinformatyczne przygotowania danych geoprzestrzennych,
- oprogramowanie dynamicznej witryny geoinformacyjnej WWW, a w tym oprogramowania JavaScript klienta-agenta.

W każdej z tych kategorii jest wiele oprogramowania otwartego spełniającego postawione wymagania – podstawowym problemem jest dokonanie najlepszego wyboru. Trzeba podkreślić, że otwarte oprogramowanie geoinformacyjne rozwijane jest od stosunkowo niedawna, zatem w uzasadnionych przypadkach, celowe jest zastosowanie oprogramowania komercyjnego, głównie w kategorii narzędzi geoinformatycznych przygotowania danych geoprzestrzennych dla geoserwera, w tym szczególnie do transformacji danych z jednych modeli do innych.

5.3. Systemy operacyjne

W informatyce definiuje się tę kategorię oprogramowania następująco: *System operacyjny (OS – Operating System) – oprogramowanie zarządzające sprzętem komputerowym, tworzące środowisko do uruchamiania i kontroli zadań użytkownika. W celu uruchamiania i kontroli zadań użytkownika system operacyjny zajmuje się: planowaniem oraz przydziałem czasu procesora poszczególnym zadaniom, kontrolą i przydziałem pamięci operacyjnej dla uruchomionych zadań, dostarcza mechanizmy do synchronizacji zadań i komunikacji pomiędzy zadaniami, obsługuje sprzęt oraz zapewnienia równoległe wykonywanym zadaniom jednolity, wolny od interferencji dostęp do sprzętu. Dodatkowe przykładowe zadania, którymi może, ale nie musi zajmować się system operacyjny to ustalanie połączeń sieciowych i zarządzanie plikami* (Wikipedia, 2007). Dla serwerów, w tym geoserwerów, wymagania dotyczące systemu operacyjnego są specyficzne i znacznie wyższe niż dla innych kategorii komputerów, ponieważ ważnym kryterium jest wydajność, stabilność i bezpieczeństwo (Souders, 2008; King, 2009). Z tego względu wybór odpowiedniego systemu operacyjnego dla geoserwera jest zadaniem kluczowym, decydującym o powodzeniu całego przedsięwzięcia. Z przeprowadzonej analizy wynika, że najbardziej odpowiednimi systemami operacyjnymi dla geoserwera

są systemy z rodziny Linux. Również system operacyjny Open Solaris zasługuje na szczególną uwagę, jednak mankamentem takiego rozwiązania jest brak stabilnych kodów binarnych oprogramowania geoinformatycznego, co pociąga za sobą potrzebę żmudnych prac programistycznych.

Wymownym przykładem zalet systemów z rodziny Linux jest wykonana w roku 2010 statystyka parametrów pięciuset największych na świecie superkomputerów (tab. 2). Systemy operacyjne rodziny Linux zajmują niekwestionowane pierwsze miejsce – jest ich 91%, a systemów firmy Microsoft zaledwie 1%. Trzeba zwrócić uwagę na to, że zastosowanie systemu Linux pociąga najczęściej za sobą również zastosowanie otwartego oprogramowania aplikacyjnego.

Tabela 2. Porównanie parametrów superkomputerów z listy TOP500 w roku 2010 w podziale na rodzaje systemów operacyjnych (TOP500.Org, 2010).

Rodzina systemów operacyjnych	Liczba superkomputerów	Udział procentowy [%]	Łączna moc obliczeniowa określona testem Lipack [Gflops]	Łączna teoretyczna wydajność [Gflops]	Łączna liczba procesorów
Linux	455	91,00	27 162 011	41 989 385	3 774 451
Windows	5	1,00	412 590	509 350	59 072
Unix	22	4,40	1 479 895	1 891 787	118 930
BSD Based	1	0,20	122 400	131 072	1 280
Mieszane	17	3,40	3 257 787	3 948 902	1 177 72
Razem	500	100,00	32 434 683	48 470 495	5 131 461
Udział procentowy systemów Linux bez uwzględnienia systemów mieszanych [%]			93,09	94,31	95,47
Udział procentowy systemów Windows bez uwzględnienia systemów mieszanych [%]			1,41	1,14	1,49
Stosunek łącznych parametrów systemu Linux do Windows		91,00	65,83	82,44	63,90

Obecnie jest dostępnych wiele odmian systemu Linux i znaczna część z nich spełnia wymagania systemu serwerowego. Z tego względu potrzebne jest dokonanie kolejnego wyboru – który z nich jest najbardziej odpowiedni dla geoserwera? W tym przypadku trzeba wziąć pod uwagę dwa kryteria. Pierwsze to stopień zaawansowania oprogramowania serwerowego jakim dysponuje konkretny system z rodziny Linux, a drugie to dostępność oprogramowania geoinformatycznego lub możliwość utworzenia jego kodów binarnych. Na tej podstawie wybrano trzy odmiany systemu Linux:

- Gentoo – najbardziej profesjonalna odmiana systemu Linux, wspierająca praktycznie wszystkie architektury sprzętowe, jednak wymagająca dużej wiedzy od administratora systemu i rzadko stosowana w geoinformatyce, ponieważ pociąga za sobą potrzebę kompilacji kodów binarnych dla geoserwera.
- Debian – bardzo zaawansowana odmiana, dla której prawie całe oprogramowanie niezbędne dla geoserwera jest zawarte w dystrybucji i przez to jest to najprostszy sposób zbudowania geoserwera. Odmiana ta również wspiera prawie wszystkie architektury sprzętowe (Hill, Harris, Vyas, 2006).

- Fedora – niekomercyjna odmiana systemu Red Hat Enterprise Linux, dostępna jedynie dla architektury sprzętowej z rodziny Intel (x32, x64), PowerPC firmy Apple (ppc, ppc64), sparc64 firmy Sun i arm (dla telefonów komórkowych). Dzięki nowemu projektowi Fedora-GIS, znaczna część oprogramowania dla geoserwera jest w tym przypadku także dostępna.

W ramach projektu wykonano wiele testów dla różnych konfiguracji sprzętowo-systemowych, a w ich wyniku wybrano cztery konfiguracje:

- system operacyjny Solaris 10 na platformie x64,
- system operacyjny Solaris 10 na platformie Sparc IIIi 64 bity,
- system Debian 5.0 Lenny na platformie x64,
- system Debian 5.0 Lenny na platformie Sparc IIIi 64 bity,

Wyniki tych prac są bardziej szczegółowo przedstawione w rozdziale 8.

5.4. Kluczowe systemy przetwarzania geoinformacji

Silnik geoserwera – ta część jego oprogramowania, która jest obciążona najbardziej pracochłonnymi zadaniami – nie jest monolitem, składa się z kilku modułów w zależności od funkcji geoserwera i w konsekwencji w zależności od jego konfiguracji. W uproszczeniu można przyjąć, że geoserwer ma kilka silników współdziałających ze sobą. Należą do nich m.in.:

- silnik przechowywania i filtrowania danych udostępnianych przez geoserwer – rolę tę pełni najczęściej system zarządzania bazą danych;
- silnik przekształcania danych z jednego układu odniesienia do innego, zarówno dla danych w formie wektorowej (najczęściej typu *feature*), jak i w formie rastrowej (najczęściej typu *coverage*);
- silnik tworzenia obrazu (mapy) dla WMS na podstawie wybranych danych; tworzenie takiego obrazu nazywane jest często renderowaniem (od ang. *rendering* – przedstawianie, powlekanie);
- silnik tworzenia zapisu danych w GML dla WFS na podstawie wybranych danych;
- silnik obsługi interfejsów bezpośrednich (WMS, WFS i innych) i interfejsu pośredniego (WWW) na bazie protokołu HTTP;
- silnik tworzenia stron WWW interfejsu pośredniego (WWW) i realizacji sesji tego interfejsu.

W systemach typu Unix, w tym także Linux, silniki te są procesami, często wielowątkowymi i wzajemnie ze sobą powiązаныmi przez wewnętrzne standardowe interfejsy. Innym sposobem realizacji silników są dynamiczne lub statyczne biblioteki. W kategorii oprogramowania otwartego rolę silników z zakresu geoinformacji najczęściej pełną następujące systemy:

- PROJ4 – najbardziej dojrzały i rozbudowany system przeliczania współrzędnych składający się z biblioteki procedur i jej aplikacji; system ten jest wykorzystywany w wielu innych systemach do konwersji różnych danych pomiędzy różnymi układami odniesienia;
- GDAL – biblioteka procedur translacyjnych oparta na jednym ogólnym modelu dla danych macierzowych (rastrowych) zapisanych w różnych formatach;
- OGR – biblioteka klas w języku C++ i zestaw narzędzi dla czytania i częściowo zapisu wielu różnych formatów danych wektorowych w zakresie prostych wyróżnień (*simple feature*);

- GRASS GIS – rozwijany od wielu lat, najbardziej rozbudowany i zaawansowany otwarty system do przetwarzania geoinformacji. Wiele innych projektów jest ukierunkowane na powiązanie tego systemu z aplikacjami z zakresu infrastruktury geoinformacyjnych. W geoserwerach jest stosowany do realizacji usługi WPS i pozwala na realizacją skomplikowanych algorytmów przetwarzania geoinformacji w ramach tej usługi (Larson, Shapiro, Tweddale, 1991; Shapiro, Westervelt, 1992; Pullar, 2002; Michalak, 2008a).

Odrębną grupę oprogramowania geoinformatycznego z kategorii silników *Open Source* stanowią systemy dedykowane wyłącznie geoserwerom. Są to systemy współpracujące bezpośrednio z serwerem HTTP i realizujące podstawowe usługi sieciowe lub przeznaczone do konfiguracji tych usług. Do najbardziej zaawansowanych systemów z tej grupy należą:

- MapServer – (Minnesota, UMN) najbardziej zaawansowany z pośród popularnych otwartych systemów dla serwera geoinformacji. Obok głównej części, będącej aplikacją opartą na CGI, współpracującej z otwartym systemem Apache, system ten składa się także z szeregu samodzielnych programów dla budowy map i elementów ich opisu. Dostęp do środowiska rozwoju tego systemu jest możliwy przy pomocy różnych języków programowania. Pozwala to na rozszerzenie jego możliwości podczas realizacji wielu różnych projektów z zakresu otwartego oprogramowania.
- MapServer Workbench – zestaw współdziałających ze sobą narzędzi do budowania aplikacji systemu MapServer. Narzędzia te są napisane w języku Tcl/Tk i używają interfejsu Mapscript/Tk.
- PostGIS – pakiet systemu zarządzania obiektowo-relacyjną bazą danych PostgreSQL, rozszerzający jego możliwości do zarządzania danymi geoprzestrzennymi. Pakiet ten spełnia wiele wymagań stawianych przez specyfikacje OGC w zakresie profilu SimpleFeature i w konsekwencji także przez normy ISO 19100.
- Deegree – obszerna biblioteka klas w języku Java przeznaczona do tworzenia modułów systemowych infrastruktury geoinformacyjnej, spełniających wymagania specyfikacji OGC i norm ISO 19100. W skład tego systemu wchodzi także gotowe aplikacje, zarówno dla strony serwera, jak i dla strony klienta.
- GeoNetwork – oprogramowanie serwerowe dla katalogu metadanych geoinformacji zgodne z normą ISO 19115 dla metadanych i normą ISO 23950 dla protokołu internetowego Z39.50.
- MIT OrthoServer – system udostępniania przez Internet wielkich zbiorów ortofotografów w postaci bezszwowej, z uwzględnieniem wielu różnych rozdzielczości.
- GeoServer – oprogramowanie geoserwera napisane w języku Java. Charakteryzuje się dużą prostotą i łatwością instalacji, konfiguracji i administrowania, ma także zaimplementowane standardowe usługi OGC.

Przedstawiono tu jedynie wybrane, najważniejsze pozycje z długiej listy. Dla specyficznych zastosowań lub dla nietypowych platform sprzętowo-systemowych inne pozycje mogą być prawdopodobnie także brane pod uwagę.

5.5. Ogólnoinformatyczne oprogramowanie geoserwera

Wiele funkcji i operacji wykonywanych przez geoserwer jest realizowanych za pomocą oprogramowania ogólnoinformatycznego, używanego szeroko w innych zastosowaniach. Do najważniejszych w tym przypadku należą:

- serwer komunikacji HTTP – najczęściej w tej roli w środowisku unixowym (i w konsekwencji linuxowym) występuje zaawansowany i rozbudowany system Apache 2;
- oprogramowanie dla pośredniego przetwarzania danych po stronie serwera Apache – w większości przypadków stosowany jest system PHP Engine;
- biblioteki oprogramowania graficznego dla tworzenia obrazów usługi WMS lub WMTS – stosuje się biblioteki opracowywane w ramach projektów GNU: libpng, libtiff, libgeotiff, libjpeg, libgif i pdflib;
- biblioteki wspomagające – freetype dla tworzenia wysokiej jakości napisów tekstowych; GD dla generowania obrazów wynikowych; zlib dla kompresji plików; AGG w celu uzyskania obrazów o wysokiej jakości rozdzielczej; libpq dla komunikacji z bazą danych PostgreSQL, także za pośrednictwem modułu geoprzestrzennego PostGIS;
- biblioteka cURL dla obsługi wielu protokołów internetowych, umożliwiająca zastosowanie podstawowych standardów wymiany danych przestrzennych w infrastrukturach geoinformacyjnych – WMS, WFS i WCS i innych im podobnych.

Obok oprogramowania wymienionego powyżej, stanowiącego komponenty geoserwera, niezbędne jest również inne oprogramowanie ogólnoinformatyczne, a w szczególności programistyczne oprogramowanie narzędziowe do budowy komponentów i integracji ich w całość, a także oprogramowanie do konfigurowania, testowania geoserwera i nadzorowania jego pracy.

5.6. Oprogramowanie systemów klienckich

W tej kategorii oprogramowanie można podzielić na dwie grupy. Pierwsza grupa to oprogramowanie obsługi interfejsu WWW, wysyłane z serwera do komputera użytkownika w roli klienta-agenta współpracującego z oprogramowaniem po stronie serwera dla generowania stron i wzajemnej komunikacji. Druga grupa to samodzielne aplikacje desktopowe komunikujące się z geoserwerem za pomocą standardowych bezpośrednich usług sieciowych opartych na WMS, WFS itp. Poniższa lista zawiera kilka przykładów należących do pierwszej kategorii – oprogramowanie interfejsu WWW:

- Deegree – krótki opis tego systemu przedstawiono w rozdz. 5.4 w kategorii oprogramowania serwerowego; w jego skład wchodzi także komponenty stanowiące oprogramowanie klienckie;
- Mapbender – interfejs WWW geoserwera w językach PHP i JavaScript – oprogramowanie niezależne od platformy;
- MapFish – interfejs WWW geoserwera w językach Python i JavaScript – oprogramowanie niezależne od platformy;
- OpenLayers – interfejs WWW geoserwera w języku JavaScript – oprogramowanie niezależne od platformy.
- P.mapper–Framework – interfejs WWW geoserwera MapServer w językach PHP i JavaScript – oprogramowanie niezależne od platformy;
- system wspomagania komunikacji klient-serwer – moduł PHP/MapScript współpracujący m.in. ze środowiskiem budowy aplikacji tego modułu P.mapper–Framework.

Oprogramowanie należące do pierwszej grupy przeważnie składa się z dwóch części – jedna funkcjonuje po stronie serwera generując strony HTTP i związane z tymi stronami skrypty języka JavaScript, a drugą stanowią te skrypty działające w środowisku przeglądarki

WWW. Najczęściej środowiskiem dla oprogramowania działającego po stronie serwera jest procesor PHP lub procesor języka Python.

Do drugiej grupy oprogramowania obsługującego użytkownika infrastruktury należy wiele popularnych programów typu desktop z kategorii *Open Source*, ale także bezpłatne programy firm komercyjnych przeznaczone do przeglądania geoinformacji. Najważniejsze pozycje z tej grupy na licencji *Open Source* to:

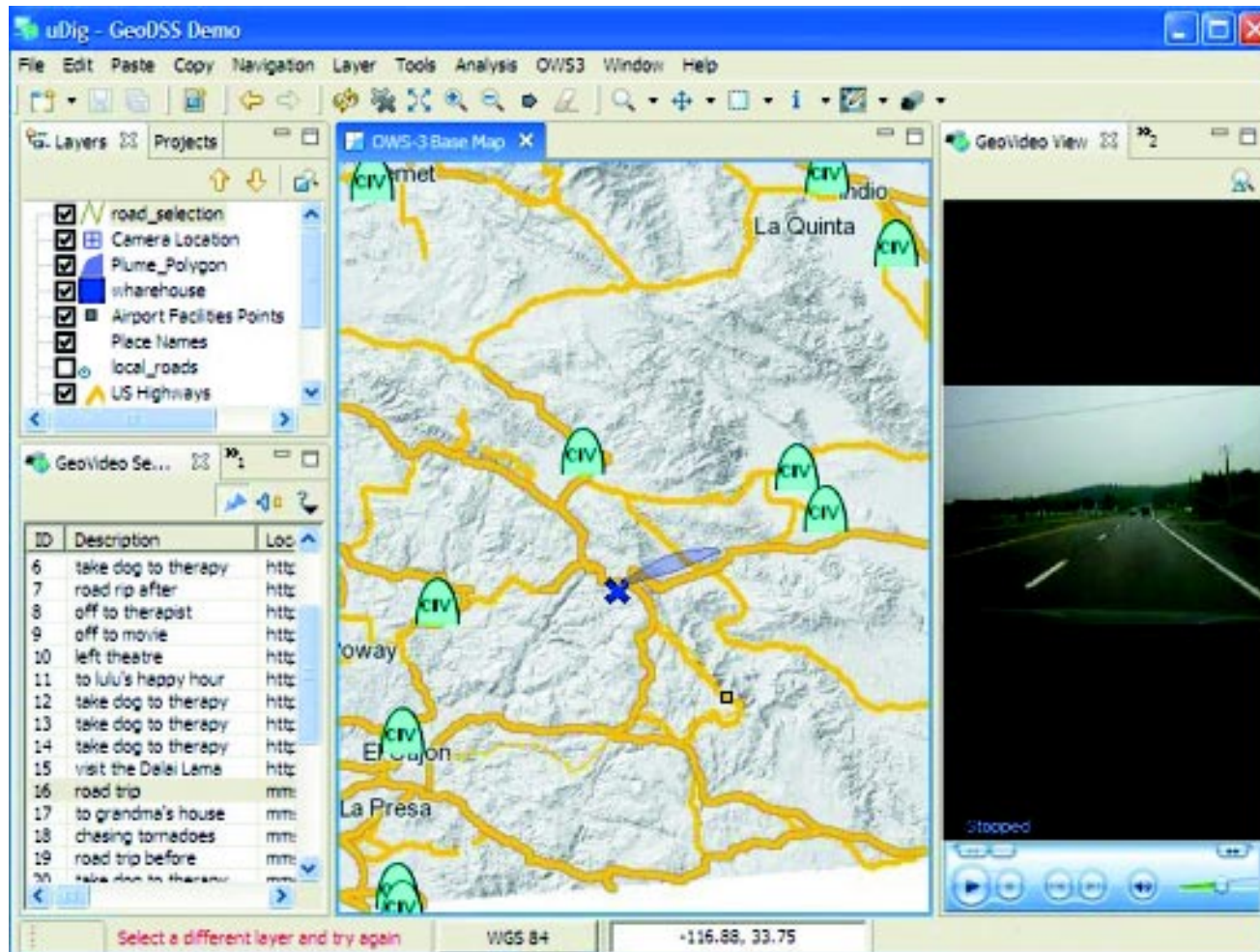
- GRASS GIS – przedstawiony wcześniej w rozdziale 5.4. najbardziej zaawansowany i rozbudowany system do przetwarzania geoinformacji, pełne wykorzystanie jego możliwości wymaga głębszej wiedzy. System napisany jest w języku C, jednak jego rozszerzenia mogą być pisane w C++. Zaimplementowany jest na wielu platformach sprzętowo-systemowych i wspiera wiele formatów wektorowych i rastrowych.
- Quantum GIS (QGIS) – najbardziej popularny system z tej kategorii, napisany w języku C++, ważną jego zaletą jest szeroka współpraca z systemem GRASS. Również ten system jest zaimplementowany na wielu platformach i wspiera wiele formatów wektorowych i rastrowych.
- gvSIG – system napisany w języku Java i przez to niezależny od platformy. Jego interesującą cechą jest łatwość adaptacji graficznego interfejsu użytkownika (GUI) do różnych języków.
- uDIG – system bazujący na środowisku Eclipse RCP (*Rich Client Platform*) i bibliotekach języka Java pakietu GeoTools. Dzięki temu jego możliwości są również duże i interesujące, szczególnie w zakresie standardów OGC i ISO. System ten zasługuje na uwagę, ponieważ jest najczęściej stosowanym systemem typu klient w pracach eksperymentalnych OGC (rys. 11) w ramach inicjatyw OWS w zakresie testowania specyfikacji, a także w innych projektach aplikacyjnych, np. DEWS (*Distant Early Warning System for Tsunamis*) (rys. 12).
- OpenJUMP – kolejny system napisany w języku Java, obsługuje dane w formatach wektorowych.
- ILWIS – system opracowany w języku C++ dla środowiska Microsoft Visual 2008. Obsługuje różne formaty za pośrednictwem biblioteki GeoGateway.

Wśród udostępnianych bezpłatnie programów firm komercyjnych, na szczególną uwagę zasługują dwa, które w pracach OGC są często wykorzystywane jako wzorce do testowania poprawności standardowych usług sieciowych:

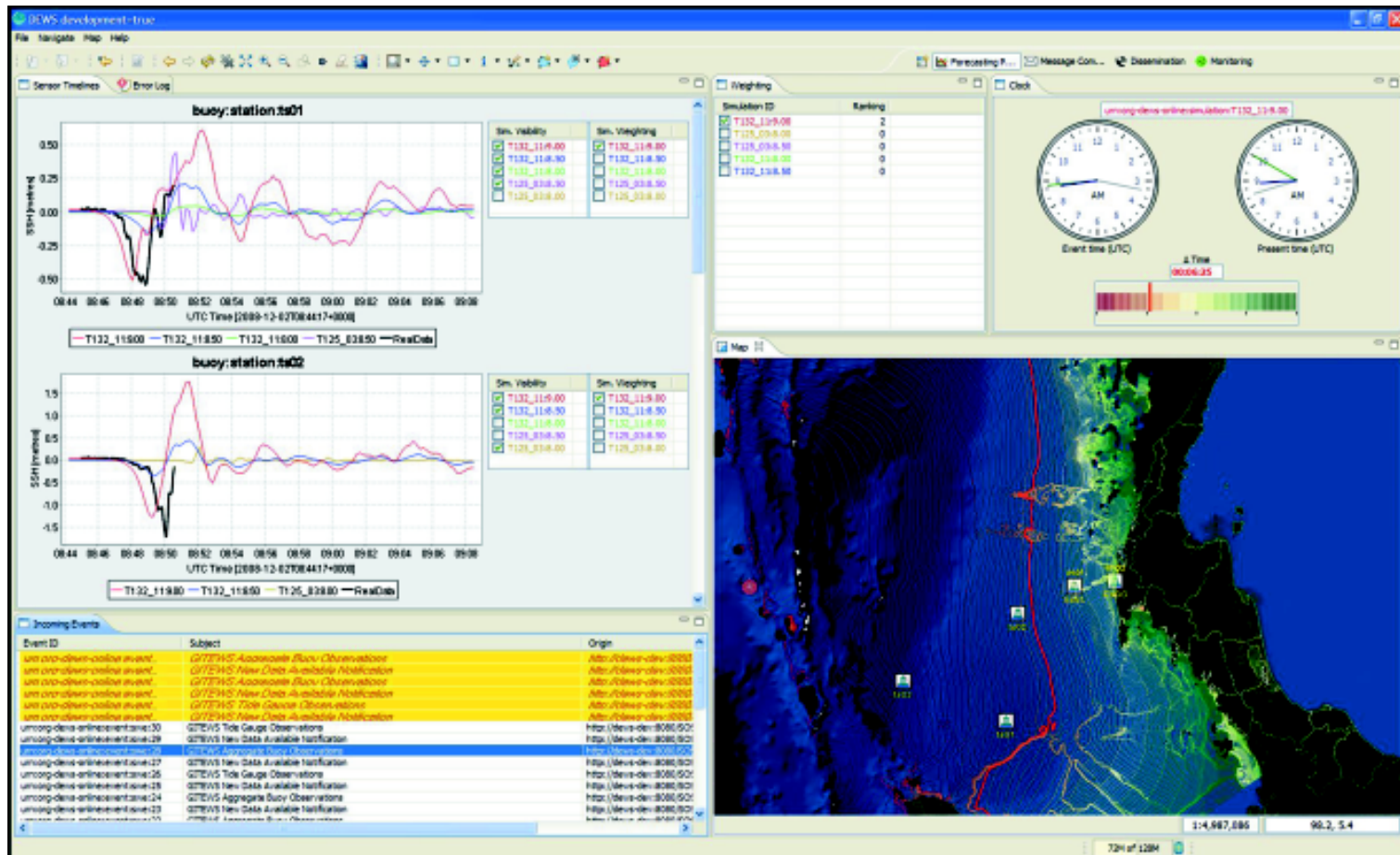
- GO GML Viewer firmy Snowflake Software (rys. 13) – najbardziej zaawansowane narzędzie do przeglądania danych zapisanych w języku GML. Obok podstawowych schematów GML dla wersji 2, 3.1 i 3.2 obsługuje również 6 schematów aplikacyjnych: AAA-NAS – GML3 (ALKIS, AKIS, AFIS-NAS) – niemieckie dane katastralne i topograficzne; IMRO2006 i IMRO2008 – GML3 (holenderskie dane z zakresu planowania przestrzennego); OSMasterMap – GML2 (dane *OS MasterMap* dotyczące topografii, adresów i sieci transportowej); TOP10NL – GML3 (dane topograficzne holenderskiego katastru odpowiadające skali 10:10 000); TreasureIsland – GML3 (przykładowe dane dotyczące Wyspy Skarbów).
- Gaia firmy Carbon Project (rys. 14 i 23, patrz rozdz. 7.3) – zaawansowane narzędzie bazujące na środowisku CarbonTools PRO. Jest klientem usług: WMS, WMTS, WFS, WFS-G, WCS, Bing Maps, Yahoo! Maps, OpenStreetMap (OSM) tiles i obsługuje formaty: GML L0, GML L1, GML 2, GML 3.1, GML 3.2, profil GML Simple Features (GMLsf), ESRI Shape, MapInfo mif, Autodesk dxf i Google Earth kml i kmz.

W roli klienta usług infrastruktury mogą występować także duże złożone systemy geoinformatyczne, zarówno komercyjna jak i z kategorii *Open Source*. W tej grupie na uwagę zasługują następujące systemy:

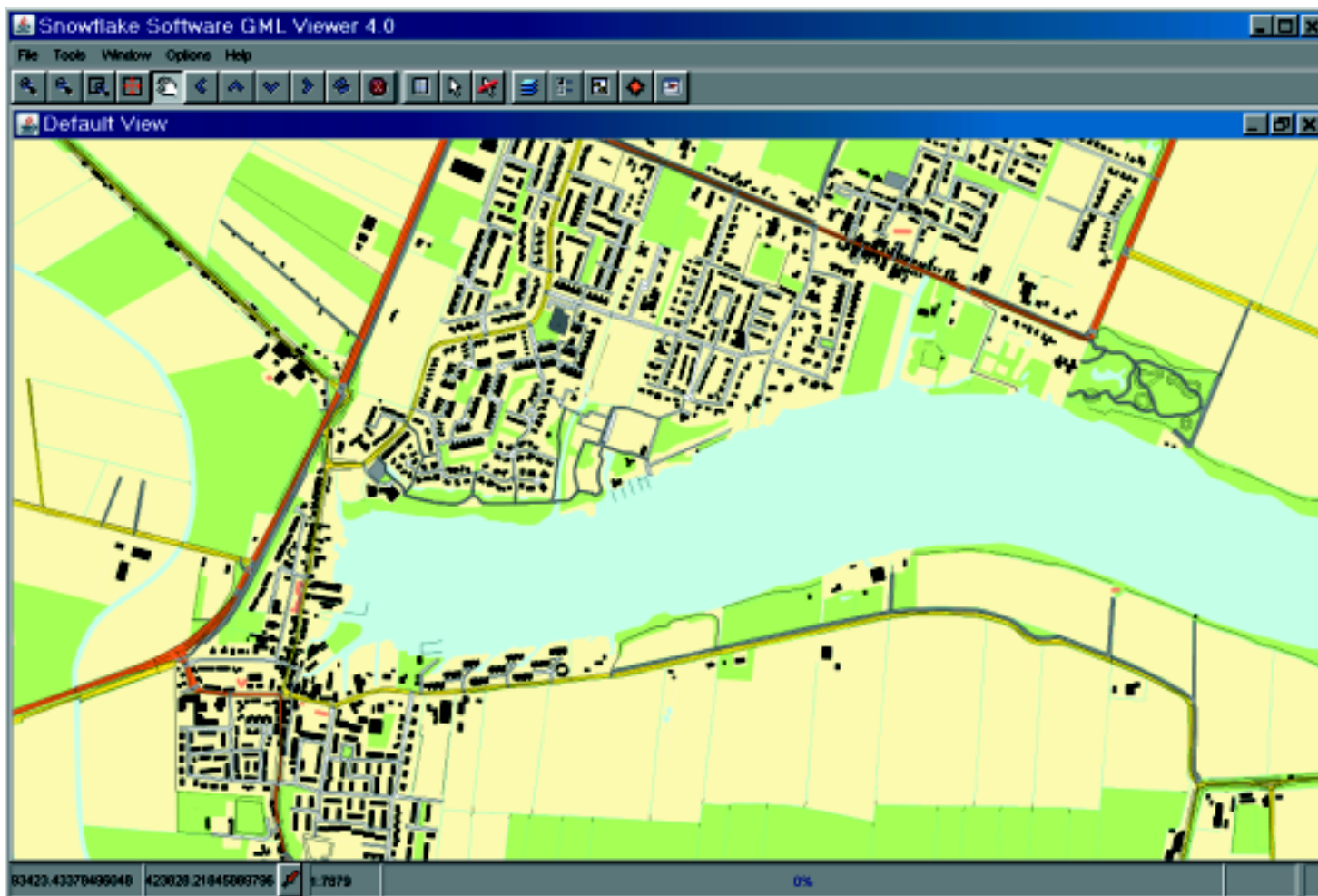
- ArcGIS Desktop firmy ESRI – powszechnie znany komercyjny system przetwarzania danych geoprzestrzennych (rys. 22, patrz rozdz. 7), od niedawna może obok danych z zasobów własnych przetwarzać także dane pobierane przy pomocy usług WMS, WFS i WCS. Część tych usług jest realizowanych przy pomocy modułu dodatkowego *Data Interoperability*, który jest znacznie uproszczoną wersją oprogramowania FME przedstawionego poniżej. Wersja ArcGIS Desktop jest dostępna wyłącznie dla systemu operacyjnego Microsoft Windows, a wersja ArcGIS Workstation także dla systemu Solaris.
- Geomedia Desktop firmy Intergraph – również od niedawna ma możliwość korzystania z danych dostarczanych usługami WMS, WFS i WCS. Również w tym przypadku rozszerzone możliwości są dostępne za pośrednictwem dodatkowego modułu w postaci uproszczonej wersji FME. Oprogramowanie firmy Intergraph działa wyłącznie w środowisku systemu Microsoft Windows.
- FME (*Feature Manipulation Engine*) firmy Safe Software – rozbudowany system narzędziowy przeznaczony do konwersji danych wektorowych i rastrowych pomiędzy ponad dwustoma różnymi formatami. System ten w wersji desktop składa się z trzech programów: FME Universal Translator, FME Workbench (rys. 18 i 19, patrz rozdz. 7) i FME Viewer (rys. 21, patrz rozdz. 7). Wiele zaawansowanych funkcji i modułów, w tym tzw. transformery, pozwala na przekształcanie modeli danych, także dzięki wbudowanemu procesorowi XSLT danych zapisanych w języku GML. Wersja FME Desktop jest dostępna dla systemu operacyjnego Microsoft Windows x32 i x64. Wersja FME Server może pracować na platformach: Microsoft Windows, Linux Intel x32 i x64 (Red Hat Enterprise Linux), Mac OS X (Intel) i Sun SPARC Solaris.
- GRASS GIS – opisany już wcześniej popularny uniwersalny system typu *Open Source* przeznaczony do zaawansowanych zadań z zakresu analizy i przetwarzania danych, geoprzestrzennych, także dla wąsko wyspecjalizowanych zadań dziedzinowych. Pracując w tle geoserwera stanowi dobrą podstawę dla realizacji różnych zadań w trybie usługi WPS. Może pobierać dane z geoserwerów przy pomocy wbudowanych własnych modułów *r.in.wms* i *v.in.wfs*. GRASS jako system otwarty może praktycznie być kompilowany dla dowolnej platformy typu Unix lub Linux. Najbardziej popularne środowiska systemowe to: Microsoft Windows, najpopularniejsze odmiany systemu Linux (Debian, Mandriva, OpenSUSE, Red Hat Enterprise Linux, Fedora i Scientific Linux), a także Mac OSX.



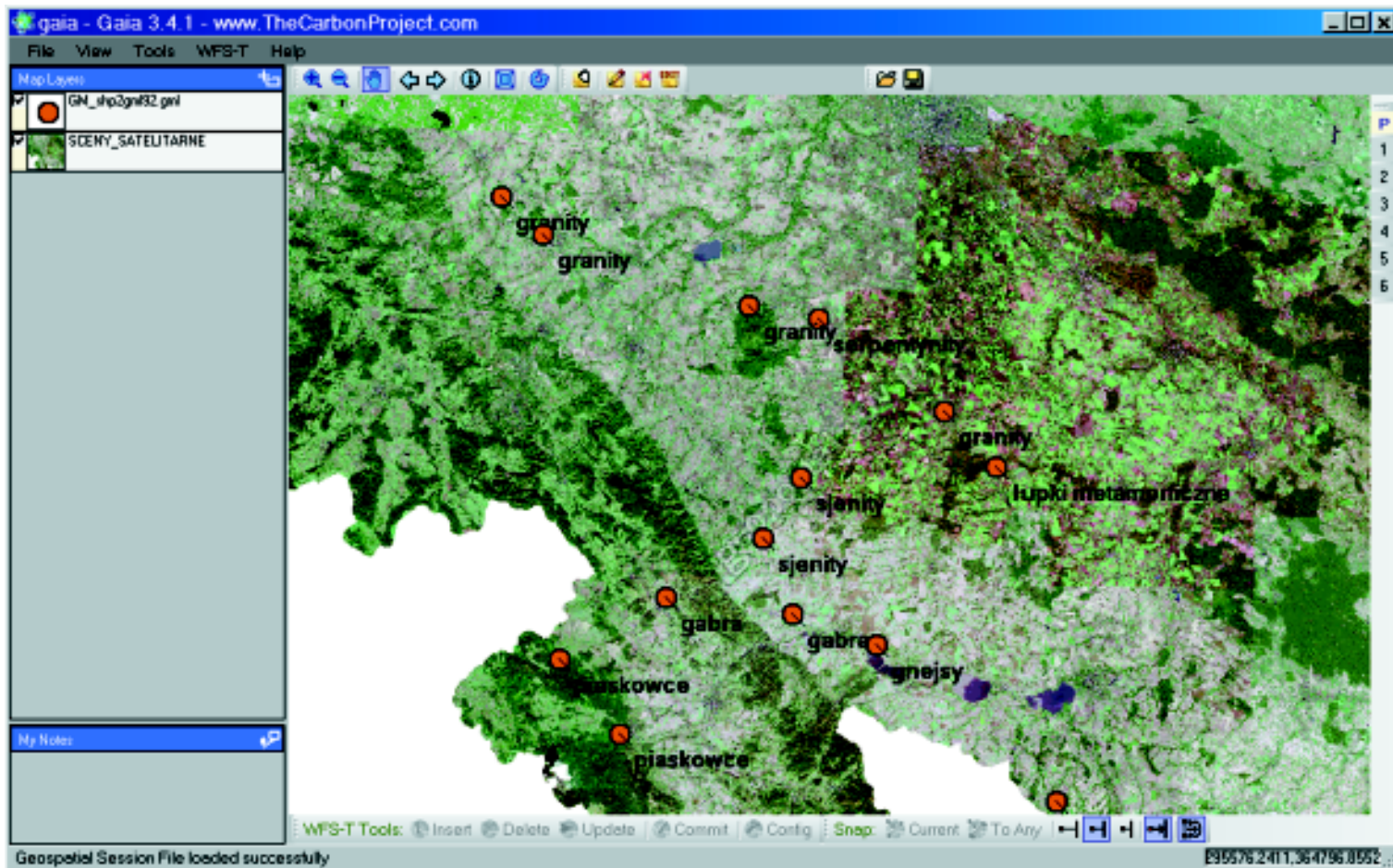
Rys. 11. Okno przeglądarki danych geoprzestrzennych uDIG w eksperymencie OGC z zakresu GeoDSS (*Geospatial Decision Support System*). Środowisko Eclipse pozwala łączyć różne technologie w jednym systemie (źródło: Open Geospatial Consortium)



Rys. 12. Zastosowanie przeglądarki uDIG w systemie wczesnego ostrzegania o tsunami w ramach europejskiego projektu DEWS (*Distant Early Warning System for Tsunamis*). Jest to przykład analizy danych geoprzestrzennych wraz z danymi innej kategorii (źródło: Refractions Research)



Rys. 13. Okno przeglądarki danych geoprzestrzennych GO GML Viewer firmy Snowflake Software. Zapis w GML 3.1 danych TOP10NL (dane topograficzne holenderskiego katastru odpowiadające skali 1:10 000)



Rys. 14. Okno przeglądarki danych geoprzestrzennych Gaia 3.4.1 firmy Carbon Project. Zapis w GML 3.1 danych geomechanicznych na tle ortofotomapy satelitarnej Landsat z usługi WMS serwera Geoportal.gov.pl