

Tehnici de vizualizare a imaginilor satelitare prin servicii geospațiale

Vasile Dănuț Mihon, Vlad Colceriu, Victor Bâcu, Dorian Gorgan

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Str. Memorandumului, Nr. 28, 400114, Cluj-Napoca

E-mail: {vasile.mihon, vlad.colceriu, victor.bacu, dorian.gorgan}@cs.utcluj.ro

Rezumat. Analiza unui volum mare de date, extragerea informațiilor de interes, expunerea și vizualizarea interactivă a rezultatelor reprezintă procesele de bază în modelarea fenomenelor naturale, bazate pe prelucrarea imaginilor satelitare. Datorită dimensiunii mari și a frecvenței ridicate de colectare, imaginile satelitare sunt păstrate în depozite de date specializate, care încurajează accesul la informații prin intermediul standardelor existente. Lucrarea prezintă experimentele din platforma GreenLand pentru realizarea unor tehnici de interacțiune cu o înaltă utilizabilitate pentru accesul, căutarea, extragerea și vizualizarea imaginilor satelitare. Soluțiile de implementare folosesc serviciile geospațiale oferite de standardul OGC. Beneficiile rezultate în urma integrării acestui standard cu platforma GreenLand și cu serviciile oferite de infrastructura Grid reprezintă un alt subiect esențial al acestei lucrări.

Cuvinte cheie: standarde OGC, tehnici de interacțiune, vizualizare interactivă, imagini satelitare, servicii geospațiale.

1. Introducere

Performanța execuției și acuratețea rezultatelor obținute în urma modelării fenomenelor naturale, a experimentelor și a scenariilor complexe, necesită procesarea unui volum mare de date spațiale. Acestea reprezintă caracteristici (temperatură, umiditate etc.) ale suprafeței terestre în formate digitale, cunoscute sub denumirea de imagini satelitare. Datorită frecvenței ridicate de colectare (ex.: zilnic, săptămânal) și a gradului mare de acoperire a regiunilor geografice, imaginile satelitare sunt folosite intens în studiul fenomenelor din domeniul Știința Pământului.

Datele spațiale sunt stocate în depozite specializate, de unde pot fi folosite în diverse scopuri, de către diferite categorii de utilizatori: modelarea fenomenelor naturale (de către specialiști în domeniul Știința Pământului), elaborarea de decizii, reguli și politici (de către persoane din

domeniul administrativ), vizualizarea datelor în scop educativ sau informațional (de către marea majoritate a utilizatorilor) etc.

Există, la nivel internațional, o gamă variată de depozite de imagini satelitare, organizate pe baza unor reguli proprietare. Accesul la informații este astfel îngreunat, deoarece utilizatorii trebuie să respecte politicile de acces impuse de aceste organizații. Drept urmare, au fost adoptate noi standarde de expunere a datelor, care maschează dificultățile de acces descrise anterior. Unul dintre acestea este Open Geospatial Consortium (OGC), care permite accesarea, căutarea, prelucrarea și vizualizarea imaginilor satelitare prin intermediul serviciilor geospațiale (OGC, 2007).

Principalele avantaje ale folosirii de către utilizatori a standardului OGC sunt: simplificarea procedurii de acces la date prin implementarea unor tehnici de interacțiune comune, facilitarea căutării și extragerii de informații relevante pe baza metadatelor asociate, standardizarea vizualizării prin folosirea hărților interactive și afișarea dinamică a datelor.

Lucrarea de față are ca obiective principale integrarea serviciilor geospațiale OGC în cadrul platformei GreenLand, precum și implementarea tehnicilor de interacțiune utilizator pentru exploatarea beneficiilor descrise anterior. Aplicația GreenLand (Mihon et al., 2012) oferă suport pentru prelucrarea algoritmilor din domeniul Geographic Information System (GIS), fiind folosită pentru gestionarea, modelarea, procesarea, analiza și vizualizarea datelor spațiale.

În particular, platforma GreenLand este utilizată pentru implementarea a trei studii de caz: modelarea hidrologică a bazinului Mării Negre, clasificarea zonelor de vegetație, apă și locații urbane din cadrul regiunii Istanbul și, modelarea hidrologică a râului Rioni. Puterea de calcul și capacitatea de stocare a infrastructurii Grid au fost necesare pentru implementarea cerințelor impuse în cadrul acestor scenarii (Bektaş et al., 2012).

Lucrarea de față descrie conceptele teoretice și soluțiile practice adoptate pentru integrarea serviciilor OGC în cadrul platformei GreenLand. Tehnicile de interacțiune utilizator implementate și beneficiile aduse de acestea, sunt de asemenea detaliate în paragrafele următoare.

2. Alte realizări în domeniu

Există în literatura de specialitate un număr mare de aplicații de prelucrare a

datelor spațiale, care folosesc metode proprietare pentru analiza și vizualizarea rezultatelor, existând în acest sens diferite experimente pe infrastructura Grid (Aloisio&Cafaro, 2003; Gorgan et al., 2009) și Cloud (Wang et al., 2009). Soluțiile abordate sunt fezabile în cazul folosirii independente a acestor platforme semi-deschise, în care datele de intrare sunt specificate manual, de către fiecare utilizator în parte.

În prezent, cercetările din domeniul GIS recomandă partajarea datelor și folosirea unor tehnici de interacțiune comune pentru accesul la aceste informații distribuite. Se impune așadar folosirea unor standarde care să permită interoperabilitatea atât la nivel de date cât și la nivel de aplicații.

Deși următoarele generații de platforme GIS folosesc standarde (ex.: OGC) pentru eliminarea acestor neajunsuri, ele se adresează studiilor de caz de complexitate medie, a căror execuție nu necesită resurse puternice de calcul. În această categorie pot fi incluse sistemele: Sextante (Sextante, 2011), uDig (Ramsey, 2004), Quantum GIS (Athar et al., 2013) etc.

Toate aceste aplicații oferă un număr mare de algoritmi de prelucrare, analiză și vizualizare a datelor spațiale, inclusiv suport pentru serviciile OGC. Soluția GreenLand propusă în cadrul acestei lucrări se diferențiază de aceste sisteme prin:

- execuția paralelă și distribuită a datelor spațiale, folosind infrastructura Grid;
- dezvoltarea unui mecanism de monitorizare a prelucrărilor descrise anterior;
- o mai bună securitate a datelor, prin introducerea certificatelor Grid pentru accesul, prelucrarea și vizualizarea imaginilor satelitare (Gorgan et al., 2012).

O a treia categorie de aplicații se adresează studiilor de caz complexe, care necesită resurse puternice de calcul, precum cele oferite de infrastructura Grid sau Cloud. O altă caracteristică importantă a acestor sisteme (care le diferențiază de cele prezentate anterior) constă în capacitatea de folosire a standardelor pentru accesul, prelucrarea și vizualizarea datelor spațiale.

Platforma propusă în Giuliani et al. (2011) descrie conceptele teoretice referitoare la implementarea unui sistem capabil să redirecționeze execuția pe diferite platforme distribuite, în funcție de complexitatea algoritmilor. Prelucrarea și vizualizarea standardizată a imaginilor satelitare, folosite pentru implementarea indicelui de vegetație Normalized Difference

Vegetation Index – NDVI, fac parte din studiul experimental propus de autori, în vederea validării conceptelor descrise.

Un alt sistem (Chen et al., 2012), care poate fi inclus în această ultimă categorie, integrează în cadrul prelucrărilor Cloud doar serviciul de execuție oferit de standardul OGC, în timp ce vizualizarea rezultatelor se face în manieră tradițională.

La rândul ei, platforma GreenLand poate fi catalogată ca făcând parte din aceeași categorie cu sistemele propuse de Giuliani și Chen. Platforma folosește infrastructura Grid pentru execuția paralelă și distribuită a algoritmilor de prelucrare a imaginilor satelitare, integrând marea majoritate a serviciilor OGC. Diferențele față de aplicațiile descrise anterior constă în:

- tehnicile de interacțiune utilizator folosite, care permit folosirea aplicației de către o gamă variată de utilizatori, fără a ține seama de gradul de pregătire a acestora în domeniul calculatoarelor;
- interoperabilitatea cu alte sisteme, utilizatorii putând accesa, extrage, prelucra și vizualiza imagini satelitare din depozite de date localizate în diferite regiuni geografice;
- disponibilitatea serviciilor GreenLand, acestea trecând din faza conceptuală în cea de implementare, optimizare și mentenanță.

3. Concepte teoretice

Conceptul de vizualizare a imaginilor satelitare, presupune existența unei platforme care oferă suport pentru astfel de operații, a unui set de date spațiale care urmează a fi analizate, precum și un set de reguli de acces la aceste informații. Particularizarea noțiunilor curente în contextul lucrării, este următoarea:

- algoritmi și complexitatea soluțiilor de implementare a acțiunilor-utilizator sunt mascate prin intermediul tehnicilor de interacțiune utilizator dezvoltate în cadrul platformei GreenLand (Mihon et al., 2012).
- Din cerințele celor trei studii de caz (descrise în capitolul *Introducere*) s-a ajuns la concluzia necesității de interoperabilitate la nivel de date cu alte platforme existente. Avantajele obținute în urma implementării acestei funcționalități, oferă posibilitatea de accesare

și expunere standardizată a datelor spațiale în multiple depozite locale sau la distanță;

- imaginile satelitare reprezintă setul de date de intrare folosit pentru algoritmi dezvoltați în cadrul platformei GreenLand. Datorită diversității și răspândirii teritoriale a depozitelor care înmagazinează aceste informații, colectarea imaginilor satelitare devine un proces dificil de realizat de către utilizatori;
- integrarea serviciilor oferite de standardul OGC în cadrul platformei GreenLand, reprezintă o posibilă abordare în soluționarea problemelor de acces, colectare și vizualizare a acestor tipuri de date. Se folosesc, în special, serviciile WCS (pentru colectarea și analiza datelor) și WMS (pentru vizualizarea acestora).

3.1 Standarde și interoperabilitatea datelor spațiale

Comunicarea prin intermediul serviciilor Internet are un rol major în propagarea informației, ocupând un loc tot mai important în cadrul societății moderne. Succesul este datorat în mare parte ”capacității sistemelor și a produselor de a interacționa între ele, fără a necesita un efort special din partea utilizatorilor” (OGC, 2004), definiție care poate fi atribuită conceptului de interoperabilitate.

Pentru a particulariza această descriere pentru contextul lucrării de față, se poate spune că interoperabilitatea datelor presupune existența a două sau mai multe platforme capabile de a expune, schimba și folosi informații prin intermediul unui set comun de tehnici de interacțiune, algoritmi și servicii.

Standardele reprezintă acorduri documentate, care conțin specificații tehnice, definiții, caracteristici și reguli folosite în scopul îndeplinirii unor obiective comune. Se poate vedea, din cele două definiții, faptul că standardele asigură interoperabilitatea atât la nivel de date, cât și la nivel de sisteme și platforme.

Una dintre problemele majore în folosirea imaginilor satelitare o reprezintă faptul că acestea sunt înmagazinate în depozite de date care își expun informațiile într-un mod proprietar. Pe de altă parte, fiecare aplicație prelucrează datele spațiale în mod independent. Toate acestea contribuie la necesitatea utilizatorilor de a învăța diferitele tehnici de acces și vizualizare a imaginilor satelitare, așa cum sunt impuse de fiecare dintre aceste sisteme.

Din punctul de vedere al utilizatorilor, beneficiile folosirii standardelor în

domeniul Știința Pământului, sunt reflectate în vizualizarea datelor spațiale în același stil grafic, prin intermediul unor tehnici de interacțiune comune. Se obține astfel o creștere a gradului de satisfacție al utilizatorilor, precum și reducerea timpului necesar pentru realizarea anumitor sarcini de lucru.

Pentru implementarea obiectivelor menționate, soluția propusă în cadrul lucrării folosește standardul OGC. Cu toate acestea, există un număr mare de standarde și directive care puteau fi utilizate, precum: International Organization for Standardization (ISO), World Wide Web Consortium (W3C), Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS). Motivația folosirii serviciilor OGC poate fi exprimată prin faptul că acestea oferă cele mai bune principii pentru gestionarea datelor spațiale.

3.2 Clasificarea datelor spațiale

Datele spațiale pot fi clasificate în funcție de metodele de colectare utilizate și de structura internă de organizare a informațiilor. Din prima categorie se pot desprinde următoarele tipuri: imagini satelitare, date aeriene și date colectate manual prin măsurători efectuate la nivelul suprafeței terestre.

Imaginile satelitare se obțin prin intermediul senzorilor montați la bordul sateliților artificiali care orbitează în jurul Pământului, colectând periodic caracteristicile (ex.: umiditate, temperatură) suprafeței terestre prin scanarea acesteia în diferite benzi de frecvență.

Datele colectate sunt organizate pe niveluri, fiecare bandă conținând o singură caracteristică analizată. În funcție de tipul sateliților, se poate ajunge la imagini satelitare formate din 7 benzi Landsat (Landsat, 2013), 15 benzi ASTER (ASTER, 2013), 36 de benzi MODIS (Reeves et al., 2006) etc.

Imaginile aeriene sunt preluate prin senzorii montați la bordul aeronavelor, care permit scanarea în detaliu a caracteristicilor suprafeței terestre, în această categorie putând fi incluse produsele SPOT (SPOT, 2013) și QuickBird (Wang et al., 2004). În funcție de cerințele funcționale și non-funcționale ale aplicațiilor, se pot folosi ca date de intrare fie imaginile satelitare, fie imaginile aeriene, fie o combinație între ele. Diferențele între cele două tipuri de date constă în faptul că:

- imaginile satelitare au o rezoluție spațială superioară, acoperind o regiune geografică mai întinsă;
- imaginile satelitare au o rezoluție temporală mai bună, durata de

revizitare a aceleiași regiuni geografice fiind de la una la opt zile;

- senzorii imaginilor aeriene scanează suprafețele mai în detaliu decât sateliții artificiali, aceștia fiind folosiți în cadrul scenariilor de utilizare care necesită o mai bună acuratețe a rezultatelor.

De obicei, datele achiziționate prin măsurători efectuate la nivelul suprafeței terestre sunt folosite în procesele de calibrare a diferitelor modele experimentale. Procedura de colectare este mai dificilă decât în cazurile precedente, iar suprafața de acoperire este limitată din punct de vedere geografic.

În prezent, datele spațiale sunt folosite în diferite studii, precum: clasificarea vegetației din regiunile geografice de interes (activitate importantă din punct de vedere economic și al dezvoltării durabile), măsurarea cantității apei și monitorizarea calității acesteia, clasificarea regiunilor agricole și forestiere (oferind soluții practice pentru îmbunătățirea producției), planificarea urbană etc.

Datele spațiale pot fi clasificate și în funcție de modul de organizare internă. Astfel, se pot distinge imaginile raster și vectoriale. Primele folosesc noțiunea de pixel pentru reprezentarea caracteristicilor măsurate, în timp ce imaginile vectoriale se bazează pe conceptul de primitivă vectorială: punct, linie și poligon.

Principalul dezavantaj al datelor raster este reprezentat de imposibilitatea de a reține, în cadrul unei singure benzi de frecvență, mai multe atribute caracteristice regiunii geografice de studiu, precum și erorile care pot interveni pentru imaginile cu rezoluții mari. Din cauza acestor impedimente, datele raster au dimensiuni mari, iar informațiile sunt împachetate în benzi multispectrale. Soluția alternativă în aceste situații este reprezentată de informațiile vectoriale, care permit scanarea unor suprafețe de dimensiuni mari, fiind capabile de a reține o multitudine de atribute geografice.

Soluțiile dezvoltate în cadrul platformei GreenLand oferă suport atât pentru datele vectoriale cât și pentru datele raster, colectate prin intermediul sateliților artificiali sau prin măsurătorile manuale, efectuate la nivelul suprafeței terestre. Ca urmare, în cadrul experimentelor care urmează a fi descrise, vor fi utilizate doar aceste tipuri de date spațiale.

3.3 Servicii geospațiale OGC

Open Geospatial Consortium (OGC) reprezintă o organizație internațională

non-profit, care oferă practici pentru dezvoltarea serviciilor de prelucrare și vizualizare a datelor spațiale. Cele mai cunoscute produse sunt: Web Map Service (WMS), Web Coverage Service (WCS), Web Feature Service (WFS) și Web Processing Service (WPS). Toate acestea pot fi accesate sub formă de adrese Web, folosind protocolul HTTP (OGC, 2007).

Datorită faptului că WFS face referire la tipuri de date care nu sunt acceptate momentan în cadrul platformei GreenLand, descrierea acestui produs nu este detaliată în cadrul secțiunilor următoare. Serviciile WPS sunt folosite pentru prelucrarea standardizată a diferiților algoritmi geospațiali. Ca urmare a faptului că lucrarea de față nu acoperă partea de procesare a datelor, serviciile WMS și WCS sunt singurele produse care urmează a fi descrise în contextul vizualizării datelor spațiale.

Serviciul WMS

Serviciul WMS (Web Map Service) reprezintă o modalitate de accesare și vizualizare a datelor spațiale, indiferent de locația depozitului folosit pentru stocarea lor. Acest produs nu oferă acces la informațiile originale, ci are rolul de a genera automat reprezentări grafice (ex.: imagini JPEG, TIF, PNG) ale acestora. O astfel de reprezentare poartă denumirea de bandă (layer) și poate fi identificată ca și un nivel de frecvență din cadrul imaginilor satelitare.

Odată cu impunerea unor cerințe calitative din ce în ce mai complexe, pentru aplicațiile din domeniul Știința Pământului, au fost dezvoltate tehnici de interacțiune tot mai avansate. Folosirea acestora era posibilă doar de către specialiștii în domeniu, chiar și pentru aceștia fiind necesară implementarea unor cursuri de instruire.

Serviciile WMS au rolul de a reduce diversitatea și complexitatea tehnicilor de interacțiune corespunzătoare vizualizării datelor spațiale. Se realizează astfel o creștere a gradului de satisfacție a utilizatorilor și o reducere în ceea ce privește timpul necesar pentru efectuarea sarcinilor de lucru. În funcție de cerințele utilizatorilor, serviciul WMS poate fi particularizat prin intermediul parametrilor săi. Se poate specifica astfel regiunea geografică de interes, tipul proiecției, formatul rezultatului care urmează a fi generat etc. Toate aceste operații se desfășoară pe parcursul a două faze: *GetCapabilities* și *GetMap*. De cele mai multe ori identificarea datelor de intrare pentru un algoritm geospațial, presupune în prealabil o căutare a informațiilor relevante. Datorită numărului mare de depozite de

date, această operație este costisitoare în cazul utilizării manuale. Facilitățile oferite de serviciile WMS reprezintă o posibilă soluție la această problemă, permițând automatizarea căutării în cadrul metadatelor asociate.

Căutarea automată, pe bază de cuvinte cheie, s-a dovedit a fi eficientă pentru prelucrarea multiplă a acelorași algoritmi, instanțiați cu date de intrare diferite. Folosirea acestei metode reduce semnificativ, de la ordinul orelor la câteva minute, timpul necesar utilizatorilor pentru realizarea sarcinilor de lucru corespunzătoare (Bektaş et al., 2012).

Identificarea informațiilor existente în depozitele de date reprezintă prima fază a procesului WMS, fiind realizată prin intermediul operației *GetCapabilities*. În forma cea mai simplă, un exemplu de utilizare a serviciului WMS conține ca parametru doar versiunea acestui standard:

<http://adresaServer/service=WMS&request=GetCapabilities&version=1.1.1>.

Rezultatul obținut de utilizatori, descrie în formatul XML metadatele asociate informațiilor spațiale. O versiune simplificată a acestora, ca urmare a folosirii exemplului anterior, este redată în Figura 1.

Fiecare bandă (layer) este reprezentată prin metadatele descrise în Figura 1. Se poate observa existența unui nume, a proiecției folosite (atributul *SRS*), a regiunii geografice reprezentate de această bandă (atributul *LatLonBoundingBox*) și a formatelor disponibile (în cazul acestui exemplu se poate folosi doar formatul JPEG). Căutarea automată este posibilă datorită cuvintelor cheie, existente în cadrul etichetei *KeywordList*.

După analiza acestui document de metadate, utilizatorul are posibilitatea de a obține efectiv datele de interes. Aceasta reprezintă a doua fază a procesului WMS, fiind realizată prin intermediul operației *GetMap*. Cei mai importanți parametri oferă utilizatorului posibilitatea de a specifica regiunea de interes prin coordonate geografice (*bbox*), setul de benzi pe care dorește să le vizualizeze (*layers*), proiecția (*SRS*), formatul imaginii rezultat (*format*) etc. Un posibil exemplu de utilizare este http://adresa_server/service=WMS&request=GetMap&version=1.1.1&bbox=20,48,29,43&layers=preview:snow_classification&SRS=EPSG:4326&format=image/jpeg.

Rezultatul obținut este o imagine în formatul JPEG. Soluția propusă în cadrul acestei lucrări pune accent pe îmbunătățirea calității procesului de vizualizare a informațiilor generate de serviciul WMS. Astfel, s-a ajuns la concluzia implementării unei funcționalități care să permită suprapunerea directă a rezultatului *GetMap* peste diferite tipuri de hărți interactive.

```

<Capability>
  <Layer queryable="1">
    <Name>preview:snow_classification</Name>
    <Title>Snow classification</Title>
    <SRS>EPSG:4326</SRS>
    <KeywordList>
      <Keyword>snow</Keyword>
      <Keyword>classification</Keyword>
    </KeywordList>
    <LatLonBoundingBox minx="-180.0" miny="-56.0" maxx="179.989"
      maxy="84.011"/>
    <Style>
      <Name>snow_classification_style</Name>
      <Title>Raster</Title>
      <Format>image/jpg</Format>
    </Style>
  </Layer>
</Capability>

```

Figura 1. Rezultatul operației GetCapabilities

În urma acestei abordări s-a constatat o creștere a utilizabilității platformei GreenLand și a gradului de satisfacere a utilizatorilor acestui sistem. Procesul de vizualizare este astfel mult îmbunătățit, în comparație cu abordarea tradițională, oferind posibilitatea de identificare directă a corespondenței rezultatului cu regiunea geografică de interes. De asemenea, utilizatorul are posibilitatea de a realiza și o analiză detaliată a rezultatelor, prin aplicarea operațiilor de redimensionare și repoziționare interactivă a imaginii finale.

Serviciul WCS

La o primă vedere serviciul WCS (Web Coverage Service) este identic cu cel prezentat anterior (WMS), întrucât ambele sunt folosite pentru căutarea datelor spațiale, analiza setului de metadate, obținerea unor rezultate și vizualizarea acestora în diferite moduri. Există totuși și diferențe între cele două produse.

Prima deosebire constă în faptul că întregul proces de comunicare utilizator- WCS se desfășoară în trei faze (WMS necesită numai două etape): *GetCapabilities*, *DescribeCoverage* și *GetCoverage*. Prima și ultima

sunt similare cu operațiile *GetCapabilities* și *GetMap* descrise anterior. În schimb, cea de-a doua operație (*GetCoverage*) identifică banda de interes specificată de utilizator și oferă detalii suplimentare despre aceasta, incluzând: algoritmi de interpolare ce pot fi folosiți pentru prelucrări ulterioare, o listă de etichete obținute în urma unor clasificări a regiunilor geografice etc.

Pentru fiecare dintre aceste operații, există o listă de parametri care se recomandă a fi folosiți, dintre care se pot enumera: versiunea serviciului, coordonatele regiunii geografice, tipul proiecției, formatul rezultatului etc.

O a doua diferență dintre cele două produse, constă în faptul că primul serviciu poate fi folosit numai pentru vizualizarea datelor, întrucât rezultatele generate nu sunt georeferențiate, ci sunt imagini în formatul JPEG, TIF sau PNG.

Există însă situații în care aceste date trebuie analizate din diferite puncte de vedere: clasificarea regiunilor de vegetație, generearea hărților tematice, identificarea zonelor de interes, extragerea informațiilor relevante etc. În astfel de cazuri se folosesc rezultatele generate de serviciile WCS, întrucât acestea conțin date georeferențiate care pot fi prelucrate în vederea obținerii efectelor dorite.

4. Implementare și experimente

Soluțiile implementate în cadrul platformei GreenLand vizează un grup larg de utilizatori, din diferite domenii de activitate. Cele mai importante categorii includ specialiștii în domeniul calculatoarelor și a Științei Pământului (cu rolul de a modela și simula fenomenele naturale), persoane cu funcții administrative (dețin puterea de elaborare de decizii, reguli și politici, în funcție de rezultatele obținute de către specialiști), utilizatorii neinițiați care folosesc serviciile GreenLand în scop educativ sau informațional.

Este important de menționat faptul că prin tehnicile de interacțiune oferite de această platformă s-a acoperit marea majoritate a necesităților acestor grupuri de utilizatori. Cu alte cuvinte, același tip de interacțiune poate fi folosit pentru deservirea operațiilor uzuale, dar în același timp facilitează și acțiunile-utilizator complexe. Drept dovadă stau cele trei studii de caz (Bektaş et al., 2012) la dezvoltarea cărora au participat activ persoane care fac parte din categoriile menționate anterior.

Complexitatea și diversitatea imaginilor satelitare reprezintă o problemă importantă în vederea colectării unui volum mare de date. Achiziționarea manuală este fezabilă doar în cazul scenariilor de utilizare care necesită un număr redus de date de intrare, în restul situațiilor fiind nevoie de automatizarea acestui proces. În acest sens standardul OGC propune o metodă comună de organizare a datelor, indiferent de tipul acestora și de locația fizică a lor.

Platforma GreenLand oferă interoperabilitate la nivel de informații cu diferite sisteme externe, prin implementarea serviciilor WMS și WCS de căutare, vizualizare și analiză a datelor spațiale. Complexitatea schimbului de date, este mascată prin intermediul tehnicilor de interacțiune, care au scopul de a simplifica acțiunile utilizator efectuate la nivelul interfeței grafice. Printre aceste tehnici se pot enumera:

- inter-conectarea serviciilor WMS și WCS cu hărți interactive, fiind posibilă afișarea și analiza dinamică a informațiilor;
- căutarea automată a informațiilor pe baza criteriilor specificate de utilizatori. Are loc astfel automatizarea procesului de descoperire a datelor spațiale;
- extragerea informațiilor relevante folosind metode interactive de specificare a regiunii de interes. Sistemul folosește serviciile WCS pentru a realiza cererea descrisă de utilizatori la nivelul interfeței grafice;
- reutilizarea datelor, întrucât din aceeași imagine satelitară pot fi extrase diferite informații.

4.1 Arhitectura de vizualizare și colectare a datelor spațiale

Integrarea serviciilor OGC în cadrul platformei GreenLand, presupune existența unei arhitecturi de comunicare, bazată pe protocolul cerere-răspuns. Figura 2 prezintă o astfel de comunicare realizată între sistemul GreenLand și diferite depozite de date spațiale, a căror informații sunt expuse conform standardelor OGC. Din arhitectura propusă în Figura 2, se pot distinge patru faze ale acestui proces: stabilirea unui canal de comunicare între cele două entități, căutarea și vizualizarea informațiilor de interes și posibilitatea de colectare a datelor relevante.

4.2 Accesul la date

Platforma GreenLand oferă utilizatorilor un număr mare de algoritmi folosiți în scopul prelucrării datelor spațiale. Există implicit o bază de date comună, de unde se pot specifica intrări pentru diferite instanțe ale algoritmilor. Accesul la aceste informații se realizează prin autentificarea utilizatorilor la nivel de aplicație.

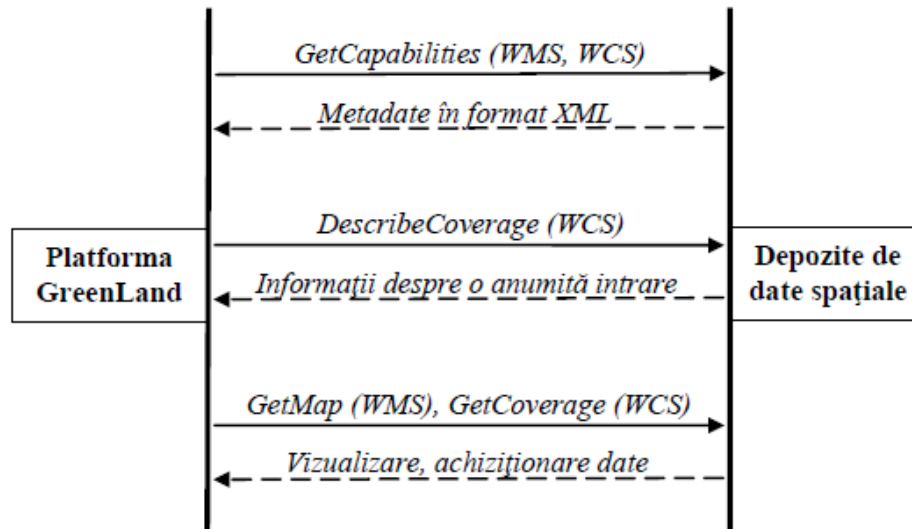


Figura 2. Arhitectura de vizualizare și achiziționare a datelor spațiale, folosind serviciile WMS și WCS

Există situații în care execuția unui astfel de algoritm presupune folosirea altor tipuri de date, care fac parte din depozite localizate în afara sistemului, a căror conținut este expus prin intermediul metadatelor. Întreținerea și actualizarea periodică a acestor depozite nu intră în atribuțiile utilizatorilor platformei GreenLand. Acesta este un prim avantaj al folosirii unor astfel de date, în raport cu utilizarea resurselor de pe calculatorul propriu.

Simplificarea acțiunilor-utilizator de la nivelul interfeței grafice, prin mascarea complexității conexiunilor cu depozitele de date, reprezintă un al doilea avantaj al folosirii serviciilor OGC.

În acest sens, adresa Web a depozitului și folosirea mecanismului WMS de conectare oferit de platforma GreenLand sunt suficiente pentru a stabili un canal de comunicare între aceste două entități.

Deși în cadrul experimentelor au fost verificate conexiunile cu mai multe depozite de date, pentru lucrarea de față a fost ales depozitul URM (Bektaş et al., 2012). Scopul acestui experiment este de a valida implementarea serviciilor OGC, folosind tehnici de interacțiune utilizator specifice pentru vizualizarea dinamică a datelor spațiale și colectarea interactivă a informațiilor de interes pentru utilizatori.

4.3 Căutarea datelor de interes

Să presupunem că un utilizator al platformei GreenLand dorește să execute un algoritm de clasificare a zonelor de vegetație, apă și locații urbane din cadrul regiunii Istanbul. Etapa de specificare a datelor de intrare constă în căutarea imaginilor satelitare care corespund cerințelor non-funcționale, urmând apoi o analiză amănunțită a acestora.

După stabilirea conexiunii GreenLand-URM, utilizatorul are posibilitatea de a interoga conținutul acestui depozit de date, în vederea descoperirii informațiilor de interes pentru realizarea experimentului. În acest scop se folosește operația *GetCapabilities* (Figura 2), existentă în cadrul serviciului WMS. Ca și răspuns, serverul URM transmite un fișier XML, care descrie în termeni generali informațiile pe care le conține.

Fiecare intrare indexată, din depozitul de date, este descrisă ca în Figura 1. Analiza manuală a unui document XML este un proces relativ simplu, atâta timp cât și informațiile prezentate au o structură mai puțin complexă. Însă în majoritatea cazurilor, volumul și structura datelor spațiale contribuie la generarea unui document XML de dimensiuni mari, greu de analizat de către utilizatori.

Astfel, este necesară optimizarea procesului de afișare a informațiilor, folosind o metodă similară cu cea propusă de Grigoriu și Buraga (2011). Soluția abordată reduce numărul de acțiuni-utilizator necesare pentru realizarea operației de căutare, simplificând în același timp și procedura de identificare a datelor de interes.

Drept urmare, în cadrul platformei GreenLand a fost implementat un mecanism de interpretare automată a acestor metadata. Rezultatul produs constă în afișarea sub formă de listă interactivă, la nivelul interfeței grafice a aplicației, a denumirii intrărilor descrise în fișierul XML. Prin selectarea unei astfel de intrări, sistemul oferă detalii suplimentare despre: locația geografică (exprimată prin coordonate latitudinale și longitudinale), tipul

proiecției folosite, dimensiunea în pixeli a întregii suprafețe reprezentate de aceea intrare etc.

Data management window

Uri for the OGC service

Service version: Layers:

Image width: Image height: Image projection:

Coordinates points of the selected area (lat., lon.)

| | | |
|----|---|---|
| A: | <input type="text" value="27.606619544584333"/> | <input type="text" value="42.779242295899714"/> |
| B: | <input type="text" value="27.606619544584333"/> | <input type="text" value="40.779730577149714"/> |
| C: | <input type="text" value="30.550955482084333"/> | <input type="text" value="40.779730577149714"/> |
| D: | <input type="text" value="30.550955482084333"/> | <input type="text" value="42.779242295899714"/> |

The geographical selection will ALWAYS have a rectangular shape based on the min. and max. latitude and longitude values of these points!

Figura 3. Interfața grafică pentru afișarea metadatelor obținute în urma invocării operației GetCapabilities

Figura 3 prezintă modul de afișare a caracteristicilor unei imagini satelitare din regiunea Istanbul. S-a avut în vedere creșterea gradului de utilizabilitate a sistemului, prin organizarea pe categorii a componentelor grafice și reducerea afișării informațiilor irelevante. Din această manieră de reprezentare a informațiilor, utilizatorul are posibilitatea de selectare a datelor de interes.

În cazul experimentelor (algoritmilor) care necesită un volum mare de date de intrare, această metodă de căutare este ineficientă, datorită faptului că necesită ca utilizatorul să parcurgă manual fiecare intrare. Soluția propusă, în cadrul platformei GreenLand, constă în implementarea unui mecanism de automatizare a procesului de căutare, pe baza listei de cuvinte cheie, a descrierii și a coordonatelor geografice atașate fiecărei intrări.

Au fost efectuate în acest sens o serie de experimente, în care utilizatorul specifică informații referitoare la regiunea geografică de interes, cuvinte conținute în câmpurile de denumire sau descriere etc. Acestea sunt apoi

interpretate de către sistem și aplicate ca și criteriile de căutare asupra metadatelor XML generate în urma invocării operației *GetCapabilities*.

Rezultatul obținut este prezentat utilizatorilor într-o manieră similară cu cea din Figura 3. Diferența constă în faptul că lista *Layers* va conține în primul caz toate intrările din fișierul de metadata XML, în timp ce în cazul căutării automate, lista va fi populată doar cu rezultatele care corespund criteriilor specificate de utilizatori.

Informațiile prezentate în Figura 3 sunt obținute prin interpretarea rezultatului generat de operația *GetCapabilities*, existentă în cadrul serviciului WMS. Pentru majoritatea utilizatorilor platformei GreenLand, aceste informații sunt suficiente pentru identificarea datelor de interes.

Există situații în care utilizatori specialiști în domeniul Știința Pământului, au nevoie de detalii suplimentare despre o anumită intrare. Pentru aceste cazuri se poate folosi serviciul WCS, împreună cu operația *DescribeCoverage* (Figura 2), care pe baza identificatorului de nume, oferă informații precum: algoritmi de interpolare ce pot fi folosiți pentru o analiză mai detaliată a intrării, o listă de etichete obținute în urma unor clasificări a regiunilor geografice etc.

Atât WMS cât și WCS pot fi folosite pentru căutarea datelor de interes. Odată identificate, acestea pot fi vizualizate prin utilizarea primului serviciu, sau pot fi supuse unor prelucrări suplimentare prin folosirea serviciilor WCS, eventual în combinație cu WMS.

4.4 Vizualizarea datelor

Se realizează prin intermediul operației *GetMap* (Figura 2), existentă în cadrul serviciilor WMS. Deși rezultatul generat este disponibil în mai multe formate (ex.: JPEG, TIF sau PNG), soluția adoptată în cadrul platformei GreenLand face referire doar la formatul JPEG, datorită faptului că raportul calitate/rată de transfer este superior în cazul imaginilor de asemenea dimensiuni.

Algoritmii din domeniul Știința Pământului, existenți în cadrul sistemului, necesită date de intrare referențiate geografic. Trebuie remarcat faptul că în urma utilizării operației *GetMap*, utilizatorul nu are acces la datele spațiale reale, întrucât rezultatul generat nu conține informații georeferențiate. Acesta este principalul motiv pentru care serviciile WMS

sunt folosite numai pentru vizualizarea datelor, nu și pentru utilizarea lor în prelucrări ulterioare.

Există două modalități de vizualizare a datelor WMS: afișarea directă a rezultatului JPEG prin intermediul editoarelor de imagini externe sau folosirea hărților interactive peste care se suprapune rezultatul obținut anterior. Soluția implementată în cadrul platformei, folosește a doua metodă, simplificând astfel întregul proces de vizualizare, deoarece utilizatorul nu mai este nevoit să descarce imaginea pe calculatorul personal și să o vizualizeze prin intermediul unui editor de imagini extern platformei GreenLand.

Vizualizarea imaginilor satelitare este strâns legată de regiunea geografică reprezentată prin aceste date. Drept urmare, tehnica de interacțiune bazată pe folosirea hărților interactive, constituie un punct esențial în ceea ce privește creșterea utilizabilității platformei GreenLand și a gradului de satisfacere a utilizatorilor acestui sistem.

Procesul de vizualizare este astfel mult îmbunătățit, în comparație cu abordarea tradițională, facilitând identificarea directă a corespondenței rezultatului cu regiunea geografică de interes.

Utilizatorii au posibilitatea de a realiza și o analiză detaliată a rezultatelor, prin aplicarea operațiilor de redimensionare și re poziționare interactivă a imaginii finale. Redimensionarea câmpului de vizualizare depinde în mare măsură de disponibilitatea datelor, la nivel de hartă interactivă, pentru zona geografică reprezentată de imaginea satelitară.

A fost folosită harta interactivă pusă la dispoziție de Esri (Esri Maps, 2012), care oferă diferite facilități pentru afișarea imaginilor obținute în urma prelucrării datelor spațiale. Folosirea indicelui de vegetație Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) pentru clasificarea regiunilor terestre din jurul orașului Istanbul, reprezintă un exemplu concludent în ceea ce privește vizualizarea interactivă a datelor spațiale (Figura 4).

Semnificația culorilor folosite este următoarea: verde (pentru zonele de vegetație), albastru (reprezintă suprafețele de apă) și roșu (identifică zonele urbane, ocupate de clădiri). Conturul negru care apare în jurul imaginii rezultat, reprezintă regiunile care nu au putut fi clasificate, datorită faptului că setul original de date nu conține valori valide pentru acestea.

Se poate observa că metoda de vizualizare este strâns legată de lista de intrări (layere) generate în urma folosirii operației *GetCapabilities*. Pentru

afișarea informațiilor pe harta interactivă, este nevoie de un număr redus de acțiuni-utilizator. În primul pas se realizează conexiunea cu depozitul de date (URM în cazul de față) prin specificarea adresei Web, urmând ca apoi sistemul să invoce operațiile OGC corespunzătoare, să interpreteze fișierul de metadata XML și să îl afișeze sub formă de listă (Figura 4).

A doua acțiune-utilizator necesită selectarea unei intrări din lista *Layers*, în urma căreia platforma GreenLand suprapune imaginea (obținută prin operația *GetMap*) peste harta interactivă. Manipularea prin folosirea dispozitivului mouse, redimensionarea și deplasarea imaginii sunt operații posibile în acest context.

Un studiu de caz interesant îl constituie folosirea realității îmbogățite pentru afișarea și vizualizarea acestor informații. Se pot folosi, ca punct de referință, soluțiile descrise de Dârdală et al. (2011).

4.5 Colectarea datelor

O altă funcționalitate, dezvoltată în urma integrării serviciilor OGC în cadrul platformei GreenLand, este reprezentată de posibilitatea de extragere (colectare) a datelor spațiale. În acest sens se folosește operația *GetCoverage* (Figura 4), existentă ca metodă WCS, care generează ca și rezultat o imagine georeferențiată, asupra căreia pot fi aplicați diferiți algoritmi de clasificare a vegetației dintr-o anumită regiune geografică, de generare a hărților tematice, de modelare hidrologică etc.

Extragerea unui subset din datele originale, poate fi descris ca un proces interactiv, din punct de vedere al acțiunilor-utilizator. La fel ca și în cazul manipulării rezultatelor WMS, imaginea georeferențiată poate fi vizualizată dinamic, prin suprapunerea acesteia peste harta interactivă.

Specificarea regiunii de interes are tot timpul o formă dreptunghiulară (ABCD) și se realizează prin acționarea dispozitivului mouse, în acest fel:

- se face clic pe hartă pentru stabilirea coordonatelor geografice ale punctului A;
- ținând apăsat butonul stânga al dispozitivului mouse, poziția punctului D urmează traiectoria descrisă prin mișcarea dispozitivului. La fiecare pas sistemul determină și afișează automat și valorile punctelor B și C (Figura 4);
- eliberarea butonului mouse coincide cu specificarea regiunii din imagine pentru care utilizatorul dorește extragerea de informații;

- după parcurgerea acestor trei pași, zona de interes este marcată de un dreptunghi de culoare verde (Figura 4), care poate fi re poziționat sau redimensionat.

Extragerea datelor relevante presupune selecția unei regiuni interne imaginii afișate. În cazul în care anumite părți din selecția dreptunghiulară specificată de utilizator sunt în afara imaginii georeferențiate, sistemul face ajustările corespunzătoare, astfel încât selecția rezultată să fie validă.

Abordarea anterioară este utilă în special în situațiile în care nu se dorește marcarea precisă a regiunii geografice de interes. Pentru utilizatorii specialiști, care efectuează studii cu grad înalt de acuratețe, platforma GreenLand oferă alternativa introducerii manuale a acestor informații (Figura 4) prin intermediul căsuțelor text. Acestea suportă valori reale, care corespund celor patru puncte ale suprafeței marcate pe hartă.

Uri for the OGC service

Service version: Layers:

Image width: Image height: Image projection:

Coordinates points of the selected area (lat., lon.)

| | | |
|-----------|---|--|
| A: | <input type="text" value="28.496873484543855"/> | <input type="text" value="41.05585849891485"/> |
| B: | <input type="text" value="28.496873484543855"/> | <input type="text" value="40.68232334266485"/> |
| C: | <input type="text" value="28.936326609543855"/> | <input type="text" value="40.68232334266485"/> |
| D: | <input type="text" value="28.936326609543855"/> | <input type="text" value="41.05585849891485"/> |

The geographical selection will ALWAYS have a rectangular shape based on the min. and max. latitude and longitude values of these points!

Figura 4. Vizualizarea interactivă a indicelui de vegetație NDVI

Trebuie remarcat faptul că există o corespondență între cele două metode. Astfel, la acțiunea de selectare a regiunii folosind dispozitivul maus, sistemul reproduce valorile, indicate de utilizator, în căsuțele text corespunzătoare. Mecanismul invers este de asemenea valabil, în final suprafața marcată de utilizator având forma dreptunghiulară.

Odată ce acțiunea de selecție a regiunii geografice a fost finalizată de către utilizator, sistemul preia automat informațiile introduse, realizând achiziția datelor de interes. Pe lângă transferul propriu-zis al datelor, are loc

și reproiecția imaginii originale, conform specificațiilor din interfața grafică. Existența aceluiași rezultat în diferite proiecții, facilitează studiul aceluiași fenomen, aplicat în regiuni geografice diferite. Acesta este motivul principal pentru care platforma GreenLand pune la dispoziție opțiunea de reproiecție, având în vedere faptul că sistemul se adresează mai multor categorii de utilizatori.

Coordonatele geografice specificate anterior sunt transmise ca și parametrii operației *GetCoverage*, care are ca efect extragerea informațiilor de interes din setul original de date. Odată ce rezultatul este disponibil în cadrul platformei GreenLand, poate fi folosit ca intrare pentru algoritmi de prelucrare a datelor spațiale.

5. Mulțumiri

Această lucrare a beneficiat de suport financiar prin proiectul ”Creșterea calității studiilor doctorale în științe inginerești pentru sprijinirea dezvoltării societății bazate pe cunoaștere”, contract: POSDRU/107/1.5/S/78534, proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, precum și prin proiectul FP7 enviroGRIDS, cofinanțat de Comisia Europeană, prin contractul 226740.

6. Concluzii

Accesul, prelucrarea și vizualizarea datelor spațiale masive necesită gestionarea unor resurse și infrastructuri complexe. De asemenea, coordonarea prelucrarilor paralele și distribuite sau vizualizarea stării proceselor și a rezultatelor sunt sarcini greu abordabile majorității utilizatorilor.

Lucrarea evidențiază experimentele bazate pe servicii OGC, prin care se dezvoltă și evaluează în interfața utilizator grafică a aplicației GreenLand, tehnici de interacțiune utilizator cu o înaltă utilizabilitate. Aceste experimente au dus la implementarea unor tehnici de interacțiune care au ca principal obiectiv simplificarea acțiunilor-utilizator și reducerea timpului necesar pentru efectuarea sarcinilor de lucru.

În lucrare se prezintă conceptele teoretice și practice care au stat la baza implementării standardelor OGC, sub formă de operații disponibile la

nivelul interfeței grafice a platformei GreenLand. Folosirea acestor servicii poate fi motivată prin oferirea unor metode comune de acces, căutare, vizualizare și extragere a imaginilor satelitare existente în depozite de date localizate la distanță.

Cele mai importante soluții și metode descrise pe parcursul acestei lucrări, fac referire la avantajele obținute, din punctul de vedere al utilizatorilor, în raport cu abordările tradiționale. Printre acestea se pot menționa: căutarea automată a datelor spațiale înmagazinate în diferite depozite de date, vizualizarea dinamică a imaginilor satelitare prin suprapunerea peste hărți interactive, optimizarea operației de extragere a datelor relevante prin specificarea interactivă a regiunii geografice de interes și a parametrilor corespunzători procesului.

Referințe

- Aloisio, G., Cafaro, M. (2003) A Dynamic Earth Observation System. *Parallel Computing*, 29, 1357-1362.
- Athan, T., Dassau, O., Ghisla, A. (2013) Quantum GIS 1.8.0 Geographic Information System User Guide. Open Source Geospatial Foundation, <http://docs.qgis.org/pdf/QGIS-1.8-UserGuide-en.pdf>
- Bektaş, B.F., Goksel, C., Sozen, S., Allenbach, K., Gvilava, M., Rahman, K., Gorgan, D., Mihon, D. (2012) Remote Sensing Services – ESIP Platform and Hot Spot Inventory Case Studies. *enviroGRIDS Deliverable D2.11*, http://envirogrids.net/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=13&view=finish&cid=139&catid=11
- Chen, Z., Chen, N., Yang, C., Di, L. (2012) Cloud Computing Enabled Web Processing Service for Earth Observation Data Processing. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 5, 1637-1649.
- Dârdală, M., Reveiu, A., Felix, F.T. (2011) Model de realitate virtuală integrat în sisteme informatice geografice. *Revista Română de Interacțiune Om-Calculator*, 4(număr special), 115-118.
- Descrierea produselor ASTER (2013), <http://www.satimagingcorp.com/satellitesensors/aster.html>
- Descrierea produselor Landsat (2013), <http://landsat.gsfc.nasa.gov/>
- Descrierea produselor SPOT (2013), <http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/SPOT-5 Resolution Spectral Modes.pdf>
- Esri Maps (2012) An Esri White Paper, <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/esri-maps-for-ibm-cognos.pdf>
- Giuliani, G., Nativi, S., Lehmann, A., Ray, N. (2011) WPS Mediation: an Approach to Process Geospatial Data on Different Computing Backends. *Computers and*

- Geosciences, 47, 20-33.
- Gorgan, D., Bacu, V., Stefanut, T., Rodila, D., Mihon, D. (2012) Earth Observation Application Development based on the Grid Oriented ESIP Satellite Image Processing Platform. *Journal of Computer Standards and Interfaces*, 34(6), 541-548.
- Gorgan, D., Bacu, V., Stefanut, T., Rodila, D., Mihon, D. (2009) Grid Based Satellite Image Processing Platform for Earth Observation Application Development. *Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications*, 247-252.
- Grigoriu, A., Buraga, S. C. (2011) Studii asupra vizualizării datelor și infograficelor. *Revista Română de Interacțiune Om-Calculator*, 4(număr special), 25-28.
- Mihon, D., Colceriu, V., Minculescu, A., Bacu, V., Gorgan, D. (2012) Descrierea diagramatică a prelucrării imaginilor satelitare în aplicația GreenLand. *Revista Română de Interacțiune Om-Calculator*, 5(2), 129-134.
- Ramsey, P. (2004) User Friendly Desktop Internet GIS (uDIG) for OpenGIS Spatial Data Infrastructures. Refrations Research Inc.
- Reeves, M., Zhao, M., Running, S. (2006) Applying Improved Estimates of MODIS Productivity of Characterize Grassland Vegetation Dynamics. *Rangeland Ecology and Management*, 59, 1-10.
- Sextante (2011) A Versatile Open-Source Library for Spatial Data Analysis, http://gvsigce.sourceforge.net/sextante_web/pdf/SextantePaper.pdf
- Standardul OGC (2004) Integrating Geospatial Standards and Standards Strategies into Business Process. OGC White Paper, http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=5098&version=2&format=pdf
- Standardul OGC (2007) OpenGIS Web Service Common Implementation Specification, <http://www.opengeospatial.org/standards/common>
- Wang, L., Sousa, W. P., Gong, P., Biging, G. S. (2004) Comparison of IKONOS and QuickBird Images for Mapping Mangrove Species on the Caribbean Coast of Panama. *Remote Sensing of Environment*, 432-440.
- Wang, Y., Wang, S., Zhou, D. (2009) Retrieving and Indexing Spatial Data in the Cloud Computing Environment. *1st International Conference on Cloud Computing*, 322-331