

РАЗВОЈ ГЕОПОРТАЛА ЗА МОНИТОРИНГ КЛИЗИШТА

ДУБРАВКА СЛАДИЋ^{1*}, МИЛАН ВРТУНСКИ¹, ИВАН АЛАРГИЋ¹, АЛЕКСАНДРА РИСТИЋ¹,
ДУШАН ПЕТРОВАЧКИ¹

¹Универзитет у Новом Саду - Факултет техничких наука, Департман за рачунарство и аутоматику,
Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Србија

Сажетак: У раду је описана имплементација геопортала за мониторинг клизишта који обухвата два подсистема: систем за аквизицију, складиштење и дистрибуцију података о клизиштима и алармни систем у реалном времену. Систем за аквизицију, складиштење и дистрибуцију података о клизиштима обухвата растерске и векторске просторне податке о угроженим областима клизиштима, као и метаподатке. Алармни систем у реалном времену преко сензора за детекцију помераја врши стална мерења и сигнализира уколико дође до прекорачења референтних вредности. Систем је развијен у складу са стандардима из области ГИС-а: серијом ISO 19100 и стандардима OpenGIS конзорцијума и базиран је на сервисно оријентисаној архитектури и принципима Инфраструктуре просторних података¹.

Кључне речи: клизишта, геопортал, инфраструктура просторних података, OGC, сервиси, аквизиција података

Увод

Појам Инфраструктуре просторних података (ИПП) обухвата скуп технологија, полиса и институционалних споразума који обезбеђују лакши приступ геопросторним подацима (Nebert, D., 2004). ИПП се користи за претрагу и евалуацију геопросторних података, и друге примене у оквиру Владе, комерцијалног и непрофитног сектора, академских институција, итд. Геопортали су веб портали који обезбеђују приступ ИПП. Стекли су значајну популарност последњих година и њихов број све више расте.

Када се специфицира архитектура геоинформационог система потребно је разјаснити главни циљ који архитектура треба да постигне, а то је интероперабилност између различитих геоинформационих система. Појам интероперабилности подразумева способност геоинформационог система за размену геопросторних података и сервиса. За постизање интероперабилности, савремени геоинформациони системи су засновани на сервисно-оријентисаној архитектури и стандардима који обезбеђују интероперабилност. Таква архитектура геоинформационог система омогућава формирање инфраструктуре просторних података. ИПП обухвата геопросторне податке, метаподатке и сервисе који треба да се заснивају на стандардима серије ISO 19100 и OpenGIS конзорцијума.

* E-mail: dudab@uns.ac.rs

Рад представља резултате истраживања пројекта технолошког развоја TR37017 "Моделирање стања и структуре падинских процеса применом ГНСС и технологија скенрања ласером и георадаром", који финансира Министарство за науку и технолошки развој

Сервисно-оријентисана архитектура (COA) је дистрибуирана рачунарска архитектура слабо спрегнутих интеракција геосервиса у којима модел интеракције сервиса илуструје интеракцију између различитих агената за објављивање, проналажење, и позивање геосервиса, такозвани "објави-пронађи-повежи" модел (*publish-find-bind model*) (Erl, T., 2005). Овај модел укључује: публикавање описа геопросторних ресурса, тако да су доступни потенцијалним корисницима (*објави*), проналажење ресурса од интереса према неком скупу критеријума претраге (*пронађи*) и интеракцију са провајдером ресурса за приступ жељеном ресурсу (*повежи*). Сервисно оријентисана архитектура географских информационих система заснива се на сервисима за претрагу, приступ, визуелизацију и обраду геопросторних података који имплементирају спецификације OpenGIS конзорцијума и представљају градивне блокове за развој ИПП.

ИПП се састоји од геопросторних података, њихових метаподатка, сервиса и одговарајућих стандарда. Просторни подаци су у сржи ИПП док метаподаци обезбеђују описе о подацима и пружају информације за откривање, евалуацију, екстракцију и коришћење геопросторних података. Они су кључни ресурс за сервис каталога и претраге геопросторних ресурса. Претрага ресурса путем сервиса каталога је кључни елемент за развој било ког ИПП. Друге врсте сервиса омогућавају корисницима да приступе подацима које су пронашли преко сервиса за претрагу, и да обраде податке у складу са њиховим потребама. Дакле, са становишта корисника сервис прате процес који иде од проналажења, преко евалуације и приступа ка експлоатацији и коришћењу података. С обзиром на све већи број произвођача и корисника геопросторних података и сервиса, стандардизација је неопходна у овој области у циљу постизања интероперабилности различитих решења и омогућавања ефикасније размене ресурса. Без институционалних споразума, то не би било могуће, тако да је од суштинског значаја за учеснике у овом процесу да постигну консензус о структури и формату података и интерфејсима сервиса.

ИПП сервис се реализују коришћењем OGC спецификација интерфејса. Визуелизација података се постиже применом OGC *Web Map Service* (WMS) (de la Beaujardiere, J., 2006) спецификације, а приступ подацима се постиже применом *Web Feature Service* (WFS) (Vretanos, P., 2005) и *Web Coverage Service* (WCS) (Baumann, P., 2010) спецификације за преузимање векторских и растерских података респективно. Претрага геоподатака се имплементира употребом OGC *Catalogue Service Specification* (Nebert, D., et al., 2007). OGC *Sensor Observation Service* (SOS) (Na, A., et al., 2007) пружа приступ информацијама о мерењима, као и сензорима који врше мерења. Развој геопортала се базира на овим стандардима.

Када је у питању развој геопортала и ИИП значајно место заузима Инфраструктура просторних информација у европској заједници (*Infrastructure for Spatial Information in European Community – INSPIRE*) која се односи на полисе и активности које имају утицај на животну средину. INSPIRE дефинише 34 теме просторних података између којих су и теме „земљиште“ и „зоне ризика“. Ове две теме су од значаја за развој геопортала презентованог у овом раду.

INSPIRE дефинише земљиште као „површински слој Земљине коре, формиран од честица минерала, органских материја, воде, ваздуха и живих организама који представља интерфејс између земље, ваздуха и воде у ком се налази највећи део биосфере“. С обзиром да је његово формирање врло спор процес, земљиште се може сматрати необновљивим ресурсом. Земљиште је предмет низа деградационих процеса који укључују ерозију, смањење органске материје, локалну и дифузну контаминацију, набијање, смањење биодиверзитета, заслањивање, поплаве и клизишта.

Опасност се дефинише као потенцијално штетни физички догађај, појава или људска активност која може да изазове губитак живота или повреду, оштећење имовине, друштвене и економске поремећаје, или деградацију животне средине. Опасности могу да укључују латентне услове који могу да представљају будуће претње и могу да имају различито порекло: природно или изазвано људским процесом. Природне опасности се могу класификовати по пореклу на геолошке, хидрометеоролошке или биолошке. Опасни догађаји могу варирати у величини или интензитету, учесталости, трајању, обухваћеној површини, брзини ширења, просторној дисперзији и временском размаку. Геолошке опасности су природни феномени или процеси Земље који могу изазвати губитак живота или повреду, оштећења имовине, социјалне и економске прекиде или деградације животне средине. Геолошке опасности обухватају Земљине унутрашње процесе тектонског порекла, као што су земљотреси и вулканске активности, као и спољне процесе као што су клизишта, лавине итд.

Угрожена подручја се карактеришу према природним катастрофама које, због своје локације, озбиљности и учесталости, имају потенцијал да озбиљно утичу на друштво, на пример, поплаве, клизишта и слегања земљишта, лавине, шумски пожари, земљотреси, вулканске ерупције. Зоне природног ризика су зоне у којима се угрожена подручја укрштају са густо насељеним областима и / или областима од посебне еколошке / културне / економске вредности. Ризик према INSPIRE директиви је дефинисан као: „Ризик = опасности x вероватноћа његовог настанка x рањивости изложеног становништва, као и животне средине, културне и економске имовине у погођеној зони“. Знање о угроженим подручјима је важан фактор у идентификацији и подели зона ризика. Подаци и сервиси су потребни и за процену ризика у ванредним ситуацијама. Посебни сервиси упозорења могу бити релевантни.

У наредним одељцима ће бити израђена концептуална архитектура геопортала за мониторинг клизишта. Одељак 2 даје преглед постојећих решења у области. Трећи одељак даје кратак преглед технологија за прикупљање података на клизишту. Четврти одељак обухвата имплементацију система за аквизицију, складиштење и дистрибуцију података о клизиштима. Пети одељак обухвата имплементацију система који у реалном времену бележи мерења и опсервације преко сензора постављених на терену и алармира у случају потенцијалне опасности. На крају је дат закључак.

Преглед постојећих решења

Последњих година сведоци смо развоја све већег броја геопортала који су своју популарност стекли због промовисања идеје интероперабилности и дељења геопросторних ресурса. (Tait M.G., 2005) и (Maguire D.J. et al. 2005) образлажу историјат развоја геопортала, дају основну поделу геопортала и наводе примере геопортала. Примери геопортала су Европски геопортал под окриљем INSPIRE директиве (Bernard, L., et al., 2005), Геопортал Министарства заштите животне средине Републике Србије (Govedarica M., et al., 2011) и Геопортал Геосрбија. Примена OGC сервиса у савременим дистрибуираним ГИС системима (Bulatović V., et al., 2010) и каталога метаподатака (Govedarica M., et al., 2010) игра кључну улогу у развоју геопортала.

С друге стране темом клизишта и опасностима и ризицима од клизишта се баве (Glade, T. et al., 2005). (Oosterom P. et al., 2005) наглашавају важност геоинформација за управљање катастрофама. (Bröring A., et al., 2011) анализирају развој сензорског вебa нове генерације базираног на OGC стандардима који скривају хетерогеност сензора и њихових комуникационих протокола, а чија сврха је

надгледање животне средине. (Maucé P., et al., 2011) разматрају моделе везане за животну средину имплементиране употребом сервисно оријентисане архитектуре, укључујући модел клизишта, а (Granell, C., et al., 2010) разматрају сервисно оријентисане апликације за моделе животне средине.

Технологије аквизиције података о клизишту

У највећем броју случајева померај тј. промена позиције је величина чија се вредност мери на клизишту. Помераји се могу одредити индиректно, на пример анализом фотограметријског материјала (Baldi et al., 2008), применом радарске интерферометрије (Colesanti and Wasowski, 2006) или ласерским скенирањем (Ristic et al., 2012). У овом раду ће са аспекта аквизиције бити приказане теренске методе („in situ measurements“) које услед велике разноврсности доступних сензора омогућавају мерења у реалном времену као и широком опсегу тачности.

Геодетске методе праћења деформација се интензивно примењују и за праћење померања клизишта. Оне укључују коришћење тоталних станица којима се у одређеним временским интервалима мере позиције стратешки одабраних тачака на телу клизишта. Тачке су сигнализоване одоговарајућим призмама. Једна или више тоталних станица се поставља на претходно стабилсане тачке у близини клизишта тако да је могуће визирати све призме. За ову намену су се аутоматизоване тоталне станице са технологијом аутоматског препознавања призме (Automatic Target Recognition – ATR) показале ванредно корисним (Savvaïdis, 2003). Оне су опремљене електромоторима који омогућавају кретање око хоризонталне и вертикалне осе као и управљачким софтвером који омогућава аутономан рад инструмента. Потребно је дефинисати временски интервал између две серије опажања и потом мануелно извршити нулту серију мерења. При свакој следећој серији мерења тотална станица аутоматски визира призме и региструје опажане вредности.

Независно или у комбинацији са тоталним станицама могу се вршити и опажања глобалним навигационим сателитским системом (ГНСС) (Gili et al., 2000). У ту сврху се на самом клизишту и у непосредној близини постављају ГНСС пријемници високе тачности који обављају континуална опажања. Обрадом и анализом ГНСС мерења се могу добити подаци о кретању клизишта високог степена тачности (5-10mm). Пријемници се постављају на растојања и од по неколико километара без деградације тачности, тако да се избегну препреке које би ометале пријем сигнала, али се не морају међусобно догледати (Malet et al., 2002).

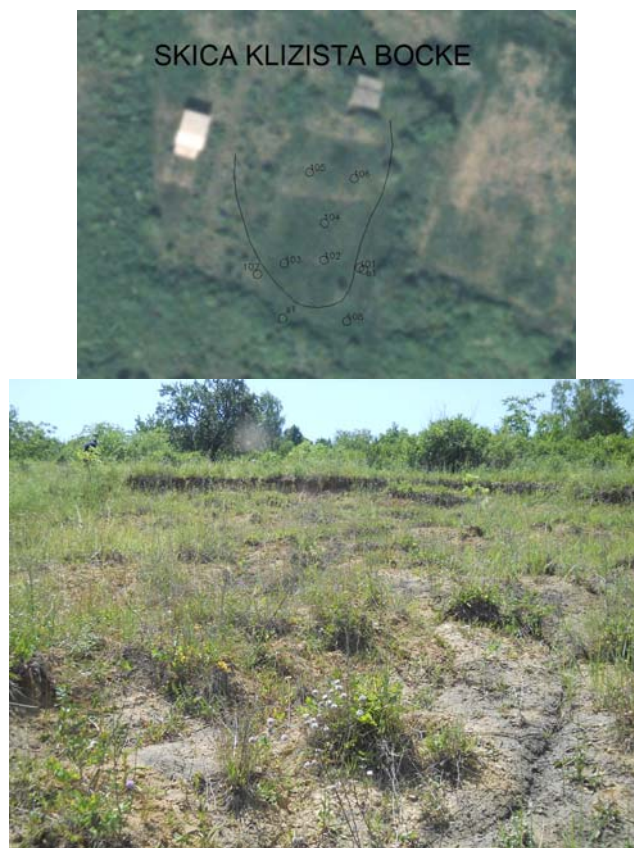
Такође, ГНСС мерења је могуће искористити за контролу података добијених из мерења тоталним станицама (за случај да је дошло до померања инструмента). Коришћење података са мреже перманентних станица у мерењу и обради повећава тачност података.

Поред података прикупљених геодетским методама и интрументацијом, за анализу кретања клизишта користе се и подаци добијени геотехничким методама, коришћењем различитих сензора (Barla et al., 2010). У том смислу на клизишта се постављају инклинометри, пиезометри, екстензометри и други сензори. Инклинометрима се мери одступање од вертикалне равни по једној или више оса, са врло високом тачношћу (реда 0,05mrad). Екстензометри служе за мерење аксијалног одступања референтних тачака дуж једне осе. Уобичајено су се користили механички екстензометри са металном жицом, али су се у новије време почели користити аутоматизовани екстензометри са оптичким влакнима који раде на електро-оптичком принципу (Savvaïdis, 2003). За мерење притиска унутар тла клизишта користе се

пиезометри. Уколико притисак порасте (нпр. услед обилних падавина) и достигне одређену вредност то је наговештај могућег померања тела клизишта.

Разноликост сензора и произвођача довела је до хетерогености у начинима повезивања сензора и преузимању података. Стога је OpenGIS Consortium (OGC) покренуо иницијативу Sensor Web Enablement (SWE) у оквиру које је дефинисано више спецификација које имају за циљ стандардизацију у оквиру сензорских мрежа (Bröring et al., 2011). У оквиру израде Геопортала један од циљева је и формирање сензорске мреже за мониторинг клизишта базиране на OGC спецификацијама из SWE иницијативе.

За потребе развоја геопортала спроведена је кампања пробних мерења. Као тест-локација одабрано је мало клизиште код викенд насеља Боцке, у близини Новог Сада (слика 1). Ова локација припада већој зони где постоји ризик од појаве клизишта. Извршено је пет серија мерења ГНСС пријемником Leica GS15 и аутоматизованом тоталном станицом Leica TCRP1201+. Резултати мерења су искоришћени за симулацију података који се добијају при реалном раду.



Слика 1. Тест-локација

Мерења су сачувана као временске серије снимљених позиција у стандардном OGC O&M формату (Сох, 2011) приказаном у листингу 1. Помераји се рачунају у клијентском софтверу на основу временских серија снимљених позиција.

```

<om:OM_Observation gml:id="l1">
<om:typexlink:href="http://www.opengis.net/def/observationType/OGC-
OM/2.0/OM_Measurement"/>
<om:phenomenonTime>
<gml:TimeInstant gml:id="otlt">
<gml:timePosition>2012-05-11T16:22:25.00</gml:timePosition>
</gml:TimeInstant>
</om:phenomenonTime>
<om:resultTimexlink:href="#otlt"/>
<om:procedure xlink:href="http://gitis3/register/process/gnss.xml"/>
<om:observedProperty xlink:href="urn:ogc:def:phenomenon:OGC:location"/>
<om:result xsi:type="gml:Point" uom="m">
<gml:Point gml:id="SamplingPoint">
<gml:pos srsName="urn:ogc:def:crs:EPSG:31277">
7407235.298 5008090.135 137.074
</gml:pos></gml:Point>
</om:result>
</om:OM_Observation>

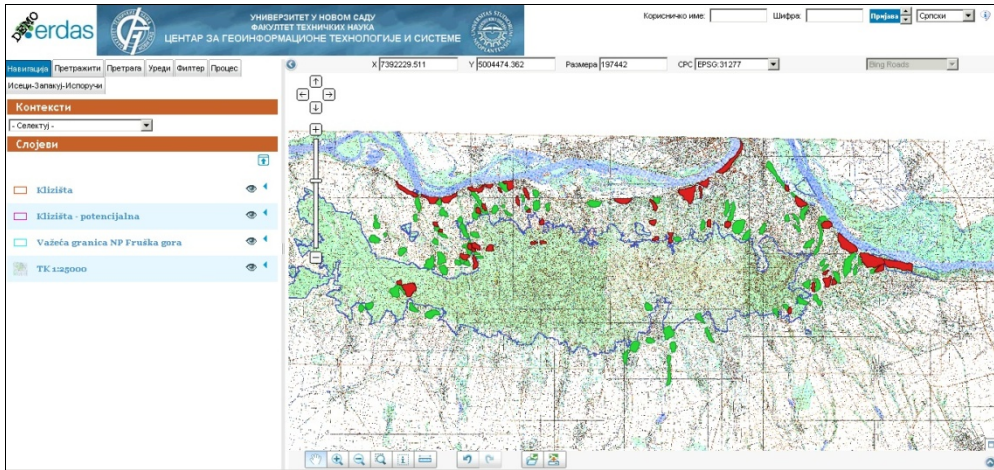
```

Листинг 1. Формат записа мерења локација ГНСС пријемником

Имплементација геопортала за мониторинг клизишта

Развој геопортала за мониторинг клизишта прати порцес од аквизиције података, преко развоја модела података и шеме базе података, спецификације и имплементације архитектуре и креирања каталога метаподатака. Аквизиција података укључује напредније технике као што су фотограмetriја и даљинска детекција, као и дигитализацију штампаних карата и прикупљање података на терену. Шема базе података се креира према INSPIRE директиви – спецификацији тема података у Прилогу III: земљиште и зоне ризика. Подаци се семештају у ову базу података.

Геопортал за праћење клизишта се састоји од каталога метаподатака и апликативног геопортала. Каталог метаподатака се користи за проналажење података, а апликативни геопортал се користи за визуелизацију, приступ и обраду геоподатака (нпр. трансформација координата). Обе апликације се реализују коришћењем ERDAS ArXo софтверског пакета и заснивају се на трослојној сервисно оријентисаној архитектури која се састоји од презентационог, апликативног слоја и слоја података. Презентациони слој је највиши ниво апликације који презентује информације корисницима. Он комуницира са другим слојевима, а резултат је приказан у претраживачу / клијенту. Различите клијентске апликације могу да користе исти апликативни, односно логички слој. Апликативни (логички) слој контролише укупну функционалност апликације путем извршавања пословне логике апликације. Коначно, слој података обухвата сервер базе података за складиштење и преузимање података. Овај слој чува и одржава податке независно од апликативног сервера или пословне логике. Чување података у посебном нивоу побољшава перформансе. Клијентска апликација је одговорна за тумачење захтева корисника и слање тих захтева ка серверу који треба да обради захтев и пошаље одговор назад клијенту. За приступ и претраживање података, серверска апликација се обраћа бази података. Комуникациони протоколи и интерфејси клијента и сервера су имплементирани у складу са OGC стандардима. Изглед геопортала је приказан на слици 2.



Слика 2. Изглед геопортала

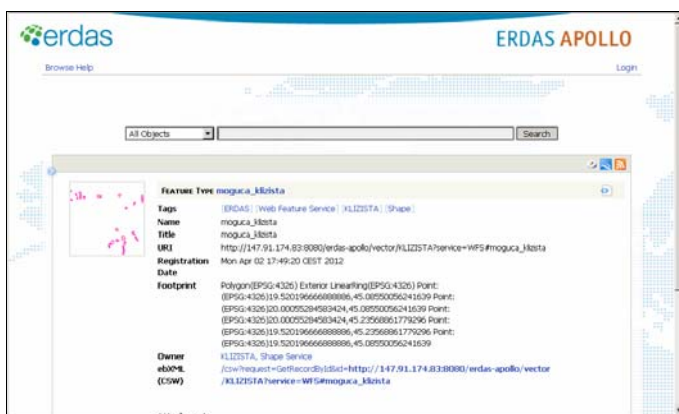
Аквизиција података укључује технике фотограметрије и даљинске детекције и дигитализацију папирних карата. Дигитализација папирних карата је коришћена за добијање дигиталног модела терена за Србију. Дигитални модел терена је дат у виду контурних линија и деигталног модела висина (ДЕМ). Изохипсе су произведене на основу дигитализације топографских карата размере 1:25000. На основу изохипси, креиран је ДЕМ са планиметријском резолуцијом од 25 метара и 10 метара вертикалном резолуцијом. ДЕМ веће тачности, планиметријске резолуције од 5 метара и 2 метра вертикалне резолуције, добијен је од стерео парова сниманих из авиона, за подручје Фрушке горе, употребом фотограметрије. Тематски слој "земљиште" садржи дигитализоване карте земљишта размере 1:50000 у векторском формату. Сваки дигитализовани полигон је повезан са одговарајућим атрибутима као што је тип земљишта. Даљинска детекција је коришћена за класификацију земљишног покривача и одређивања индекса вегетација, као и за детекцију промена из различитих периода.

На основу прикупљених података дефинисана је структура слојева података на геопорталу. Структура слојева података садржи велики број слојева подељених у тематске целине, укључујући: административне границе, типове и квалитет земљишта, фотогеологија и геоморфологија и геолошки хазарди, хидрографију, класификацију земљишног покривача, дигитални модел терена, растерске податке у виду авио и сателитских снимака и топографске карате размере 1:100000 за Србију. Неки од слојева података су приказани у табели 1.

Табела 1. Тематке целине и слојеви података

Општи слојеви	Административне границе, насеља
Земљишни покривач	Класификација земљишног покривача, индекс вегетације, детекција промена
Хидрографија	Реке, језера, извори, акумулације, подземне воде, сливови, подсливови...
Геологија	Фотогеологија, Геоморфологија, Геолошки хазарди, Техногена руптурни склоп
Земљиште	Типови земљишта, профили земљишта, физичко хемијска анализа седимената, ерозија земљишта...
Растерски подаци	Дигитални модел терена, сателитски снимци, ортофото планови, топографске карте...

Каталог метаподатака је посредник у комуникацији између сервиса и представља кључну компоненту у сервисно оријентисаној архитектури и ИИП за управљање дељеним ресурсима и омогућава проналажење ресурса у оквиру отвореног, дистрибуираног система. Каталог метаподатака је имплементиран употребом ERDAS Apollo CSW. Такође је дата подршка за INSPIRE профил. Детаљни описи метаподацима су дати за сваки слој односно тему података. Изглед каталога метаподатака је приказан на слици 3.



Слика 3. ERDAS Apollo каталог

Имплементација алармног система у реалном времену

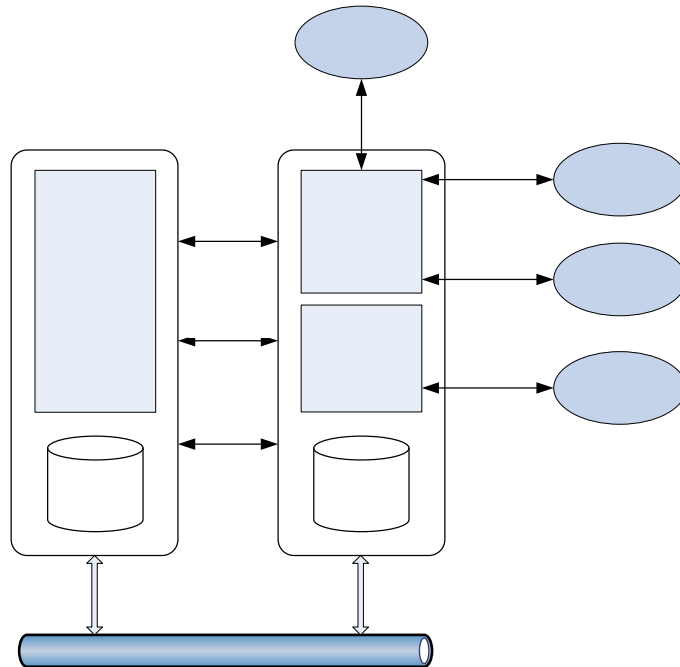
Концепт сензорског веба је врста мреже сензора која је посебно погодна за мониторинг животне средине и која у великој мери користи World Wide Web. OGC *Sensor Web Enablement* (SWE) оквир дефинише скуп интерфејса веб сервиса и комуникационих протокола који апстрахују хетерогеност сензорских мрежних комуникација. OGC SWE иницијатива има за циљ да стандардизује цео процес сензорског веба: опис сензора и постављање регистра сензора и мерења, проналажење и коришћење сензора, као и приступ подацима добијених помоћу сензора.

OGC SWE иницијатива дефинише неколико стандарда на којима се базира сензорски веб. *Sensor Observation Service* (SOS) омогућава приступ информацијама (SensorML) и измереним сензорским посматрањима (O&M). SensorML специфицира моделе и XML кодирање који обезбеђују оквир у коме могу бити дефинисане геометријске, динамичке и опсервационе карактеристике сензора и сензорских система. *Sensor Alert Service* (SAS) омогућава упозоравање у реалном времену. *Sensor Planning Service* (SPS) служи за планирање задатака сензора или сензорских система. *Web Notification Service* (WNS) подржава асинхрона обавештења о догађајима сензора (задачи, посматрање феномена).

Слика 4 приказује имплементирано решење у дистрибуираном окружењу. Оно омогућава корисницима да користе различите апликације, како комерцијалне тако и отвореног кода уколико имплементирају OGC спецификације и да се повежу на истом апликативном нивоу. Такве апликације се могу користити за приказ и визуелизацију података са сервиса, а такође може да омогуће ажурирање и претраживање података. Поред размене података на апликативном слоју, односно између различитих сервиса, могуће је размењивати податке користећи GML, SensorML или O&M, стандардне

формате за размену векторских података или података о запажањима и мерењима са сензора, на нивоу података, односно између различитих база података.

Основна предnost оваквог система је да корисници не морају да мењају своје навике у погледу софтверских алата које користе у свакодневном раду. Корисници користе различите GIS и CAD алате. Ови алати су у могућности да се повежу са сервером преко заједничких интерфејса и да преузму податаке за визуелизацију или ажурирање. На тај начин корисници могу да користе различите алате, без брига о дуготрајним конверзијама података.



Слика 4. Имплементирано решење у дистрибуираном окружењу

Закључак

Рад приказује развој Геопортала за мониторинг клизишта, који је у потпуности усклађена са OGC стандардима софтверских интерфејса и комуникационих протокола. Ово решење је практично у смислу повезивања и размене података између различитих ГИС система, и у потпуности је развијено у складу са принципима ИПП. Добит од имплементираног решења је оперативан систем који омогућава интеграцију података о зонама ризика од клизишта у националну ИПП Србије. Ово ће обезбедити једноставну дистрибуцију података која ће, у комбинацији са подацима из других области, омогућити потпунију просторну анализу и побољшање подршке одлучивању у вези питања безбедности. Осим тога, корисници не морају да мењају алате које су навикли да користе у свакодневном раду и да уче нове вештине, јер стандардизовани интерфејси омогућавају повезивање различитих алата без непотребних конверзија података.

Литература

- Baldi, P., Cenni, N., Fabris, M., Zanutta, A. (2008). Kinematics of a landslide derived from archival photogrammetry and GPS data, *Geomorphology*, 102, pp. 435-444.
- Barla, G., Antolini, F., Barla, M., Mensi, E., Piovano, G. (2010). Monitoring of the Beauregard landslide (Aosta Valley, Italy) using advanced and conventional techniques, *Engineering Geology*, 116, pp. 218-235.
- Baumann, P. (2010). *WCS 2.0 Interface Standard – Core, Version 2.0.0. OGC 09-110r3*. Open Geospatial Consortium, Inc.
- de la Beaujardiere, J. (2006). *OpenGIS Web Map Server Implementation Specification, Version 1.3.0, OGC 06-042*. Open Geospatial Consortium, Inc.
- Bernard, L., Kanellopoulos, I., Annoni, A., Smits, P. (2005). The European geoportal—one step towards the establishment of a European Spatial Data Infrastructure. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29, 15–31.
- Bröring, A., Echterhoff, J., Jirka, S., Simonis, I., Everding, T., Stasch, C., Liang, S., Lemmens, R. (2011). New Generation Sensor Web Enablement. *Sensors*, 11(3), 2652-2699.
- Bulatović, V., Ninkov, T., Sušić, Z. (2010). Open Geospatial Consortium Web Services in Complex Distribution Systems. *Geodetski list*, 1, 13–29.
- Colesanti, C., Wasowski, J. (2006). Investigating landslides with space-borne Synthetic Aperture Radar (SAR) interferometry, *Engineering Geology*, 88, pp. 173-199.
- Cox, S. (2011). *Observations and Measurements - XML Implementation, Version 2.0, OGC 10-025r1*. Open Geospatial Consortium, Inc.
- Erl, T. (2005). *Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design*. Prentice Hall, New Jersey, USA.
- Geoportal Geosrbija, <http://www.geosrbija.rs/>
- Gili, J., Corominas, J., Rius, J. (2000). Using Global Positioning System techniques in landslide monitoring, *Engineering Geology*, 55, pp. 167-192.
- Glade, T., Anderson, M., Crozier, M.J. (2005). *Landslide Hazard and Risk*. J. Wiley.
- Govedarica, M., Sladić, D., Petrovački, D., Ninkov, T., Ristić, A. (2010). Metadata Catalogues in Spatial Information Systems, *Geodetski list*, 64 (87) 4, 313-334.
- Govedarica, M., Petrovački, D., Sladić, D., Ristić, A., Jovanović, D., Pajić, V., Vrtunski, M., Ristić, A. (2011). Environmental Data In Serbian Spatial Data Infrastructure - Geoportal Of Ecology. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, (у штампи)
- Granell, C., Diaz, L., Gould, M. (2010). Service-oriented applications for environmental models: Reusable geospatial services. *Environmental Modelling & Software*, 25, 182–198.
- INSPIRE Drafting Team "Data Specifications" (2008). *Deliverable D2.3: Definition of Annex Themes and Scope*. Online:
http://inspire.jrc.ec.europa.eu/reports/ImplementingRules/DataSpecifications/D2.3_Definition_of_Annex_Themes_and_scope_v3.0.pdf, (02.02.2012).
- Maguire, D.J., Longley, P.A. (2005). The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29, 3–14.
- Malet, J. -P., Maquaire, O., Calais, E. (2002) The use of Global Positioning System techniques for the continuous monitoring of landslides: application to the Super-Sauze earthflow (Alpes-de-Haute-Provence, France), *Geomorphology*, 43, pp. 33-54.
- Maué, P., Stasch, C., Athanopoulos, G., Gerharz, L. (2011). Geospatial Standards for Web-enabled Environmental Models. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, Vol.6, 145-167.
- Na, A., Priest, M. (2007). *Sensor Observation Service, Version: 1.0, OGC 06-009r6*. Open Geospatial Consortium, Inc.
- Nebert, D. (2004). *Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook*. Online: <http://www.gsdi.org/docs2004/Cookbook/cookbookV2.0.pdf>, (02.02.2012).
- Nebert, D., Whiteside, A., Vretanos, P., (2007). *Catalogue Services Specification, Version 2.0.2, Corrigendum 2 Release, OGC 07-006r*. Open Geospatial Consortium, Inc.
- Oosterom, P., Zlatanova, S., Fendel, E.M. (2005). *Geo-information for Disaster Management*. Springer.
- Ristic, A., Abolmasov, B., Govedarica, M., Petrovacki, D., Ristic, A. (2012). Shallow-Landslide Spatial Structure Interpretation Using A Multi-Geophysical Approach. *Acta Geotechnica Slovenica* (у штампи)
- Savvaidis, P., D., (2003). Existing Landslide Monitoring Systems and Techniques, *From Stars to Earth and Culture*, pp. 242-258.
- Tait, M.G. (2005). Implementing geoportals: applications of distributed GIS. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29, 33–47.
- Vretanos, P. (2005). *Web feature service (WFS) implementation specification, Version 1.1.0. OGC 04-094*. Open Geospatial Consortium, Inc.

DEVELOPMENT OF GEOPORTAL FOR LANDSLIDE MONITORING

DUBRAVKA SLADIĆ¹, MILAN VRTUNSKI¹, IVAN ALARGIĆ¹, ALEKSANDRA RISTIĆ¹, DUŠAN PETROVAČKI¹

¹*University of Novi Sad- Faculty of Technical Sciences, Computing and Control Department,
Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Serbia*

Abstract: The paper presents the implementation of geoportal for landslide monitoring which includes two subsystems: a system for acquisition, storage and distribution of data on landslides and real time alert system. System for acquisition, storage and distribution of data on landslides include raster and vector spatial data on landslides affected areas, as well as metadata. Alert system in real time is associated with a sensor for detecting displacement, which performs constant measurements and signals in case of exceeding the reference value. The system was developed in accordance with the standards in the field of GIS: ISO 19100 series of standards and OpenGIS Consortium and is based on service-oriented architecture and principles of spatial data infrastructures.

Keywords: landslides, geoportal, spatial data infrastructure, OGC, services, data acquisition

Introduction

The notion of Spatial Data Infrastructure (SDI) comprises a collection of technologies, policies and institutional agreements that provide an easier access to geospatial data (Nebert, D., 2004). The SDI is suitable for usage in geospatial data discovery, evaluation, and also various applications within government, commercial and non-profit sectors, academic institutions, etc.

When specifying the architecture of a geographic information (GI) system it is necessary to make clear the main objective such architecture should provide, and that is interoperability among different GI systems. The notion of interoperability implies the ability of GI systems to share geospatial data and services. To achieve interoperability, modern GI systems are based on service-oriented architecture and standards that provide interoperability. Such architecture of GI systems enables forming of the Spatial Data Infrastructure. SDI comprises geospatial data, its metadata and services which should be based on standards from ISO 19100 series and OpenGIS Consortium.

A service-oriented architecture (SOA) is the distributed computing architecture based on loosely coupled interactions of geo-services in which the service interaction model illustrates the interaction between different agents for publishing, discovering, and invoking geo-services, so called “publish-find-bind” model (Erl, T., 2005). This model involves: publishing resource descriptions so that they are accessible to prospective users (*publish*), discovering resources of interest according to some set of search criteria (*find*) and interacting with the resource provider to access the desired resources (*bind*). Service oriented architecture of geographic information systems is based on services for geospatial data discovery, access, visualization and processing that implement the OpenGIS Consortium specifications and are the building blocks for the development of the SDI.

SDI comprises geospatial data, their metadata, services and appropriate standards. Geospatial data are at the core of SDI whereas metadata provide descriptions about data and provide information for discovery, evaluation, extraction and use of geospatial data. They are the key resource for catalogue and discovery services. Resource discovery through catalogue services is the key element for the development of any SDI. Other types of services enable users to access data they discovered via discovery services, and to process data according to their needs. Therefore, from the user's point of view services follow the process that goes from discovery, through evaluation and access to exploitation and use of data. Considering a growing number of producers and users of geospatial data and services, standardization is needed in this area in order to achieve interoperability of different

solutions and thus enable the effective sharing of resources. Without institutional arrangements and agreements, this would not be possible, so it is essential for the participants in this process to reach consensus on the structure and data formats, and service interfaces.

SDI services are implemented using OGC implementation specifications of interfaces. Data visualization is achieved by implementing OGC Web Map Service (WMS) specification (de la Beaujardiere, J., 2006), whereas data access is achieved by implementing Web Feature Service (WFS) (Vretanos, P., 2005) and Web Coverage Service (WCS) (Baumann, P., 2010) specifications for retrieval of vector and raster data respectively. Data discovery is implemented using OGC Catalogue Service specification (Nebert, D., et al., 2007). OGC *Sensor Observation Service* (SOS) (Na, A., et al., 2007) provides information about observation and measurement as well as sensors that measure them. Development of geoportal is based on these standards.

Considering the development of geoportal and SDI, it is important to mention Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE), which refers to the policies and activities that have an impact on the environment. INSPIRE defines 34 spatial data themes among which are "soil" and "risk zones". These two data themes are of importance for the development of geoportal presented in this paper.

INSPIRE directive defines soil as following. "Soil is generally defined as the top layer of the earth's crust, formed by mineral particles, organic matter, water, air and living organisms. It is the interface between earth, air and water and hosts most of the biosphere". As soil formation is an extremely slow process, soil can be considered essentially as a non-renewable resource. Soil is subject to a series of degradation processes or threats which include erosion, local and diffuse contamination, decline in biodiversity, salinisation, floods and landslides.

Hazards is defined as a potentially damaging physical event, phenomenon or human activity that may cause the loss of life or injury, property damage, social and economic disruption or environmental degradation. Hazards can include latent conditions that may represent future threats and can have different origins: natural (geological, hydrometeorological and biological) or induced by human processes (environmental degradation and technological hazards). Each hazard is characterised by its location, intensity, frequency and probability. Geological hazards are natural earth processes or phenomena that may cause the loss of life or injury, property damage, social and economic disruption or environmental degradation. Geological hazard includes internal earth processes or tectonic origin, such as earthquakes, tsunamis, volcanic activity and emissions as well as external processes such as mass movements: landslides, rockslides, rock falls or avalanches etc.

Vulnerable areas characterised according to natural hazards that, because of their location, severity, and frequency, have the potential to seriously affect society, e.g. floods, landslides and subsidence, avalanches, forest fires, earthquakes, volcanic eruptions. "Natural risk zones" are zones where natural hazards areas intersect with highly populated areas and/or areas of particular environmental/ cultural/ economic value. Risk according to INSPIRE directive is defined as: „risk = hazard x probability of its occurrence x vulnerability of the exposed populations and of the environmental, cultural and economic assets in the zone considered". Knowledge about the affected areas is an important factor in the identification and allocation of risk zone. Data and services are needed for risk assessment in emergency situations. Special alert services may be relevant.

"Natural risk zones" are zones where natural hazards areas intersect with highly populated areas and/or areas of particular environmental/ cultural/ economic value. Risk in this context is defined as: risk = hazard x probability of its occurrence x vulnerability of the

exposed populations and of the environmental, cultural and economic assets in the zone considered.

The paper is structured as follows: Section 2 provides related work. The third Section provides a brief overview of technologies for collecting data on the landslide. The fourth Section presents the implementation of a system for acquisition, storage and distribution of data on landslides. The fifth Section presents the implementation of the real-time alert system based on observations and measurements which are recorded by sensors placed in the field and alerts in case of potential danger. Finally, a conclusion is given.

Related work

There is a growing number of geoportals in recent years. Geoportals have gained their popularity because of the idea of interoperability and sharing of geospatial resources. (MG Tait, 2005) and (Maguire DJ et al. 2005) explain the history of the development of geo-portal, provide the basic division of geoportals and provide examples of geoportals. Relevant examples of geoportals are the European geo-portal under the INSPIRE directive (Bernard, L., Et al., 2005) Geoportal of the Ministry of Environmental Protection of Serbia (Govedarica M., Et al., 2011) and Geoportal GeoSrbija. Application of OGC services in modern distributed GIS systems (V Bulatovic., Et al., 2010) and metadata catalogues (M Govedarica., Et al., 2010) play a key role in the development of geo-portal.

On the other hand, (Glade, T. et al., 2005) consider the subject of landslide hazards and risks. (P. Oosterom et al., 2005) emphasize the importance of geoinformation for disaster management. (A Bröring., Et al., 2011) analyzes the development of a new generation of sensor web based on OGC standards that conceal heterogeneous sensors and their communication protocols, whose purpose is environmental monitoring. (Maué P., et al., 2011) discusses environmental models implemented using a service-oriented architecture, including a model of landslides, and (Granell, C., et al., 2010) consider service-oriented applications for environmental models.

Data Acquisition Techniques On Landslides

The displacement, that is the change of position, is a value being measured on a landslide. It can be determined indirectly, by analyzing photogrammetric data (Baldi et al., 2008), using radar interferometry (Colesanti and Wasowski, 2006), laser scanning (Ristic et al., 2012), or some other method. In this paper, special attention is on field techniques ('in situ measurements') which, due to large variety of available sensors enable real-time measurements and wide accuracy range.

Geodetic methods for deformation monitoring have extensive application in landslide monitoring as well. They involve the use of total stations which, in predefined time period, measure the positions of strategically chosen target points on the landslide body. The points are marked with prisms. One or more total stations are placed on points, previously stabilized with monuments in the vicinity of the landslide so that all target points can be observed. Automated total stations, with built-in technology for automatic target recognition (ATR) proved to be rather useful for this purpose (Savvaiddis, 2003). Built-in electro motors which are used for rotation around horizontal and vertical axes, together with software enable autonomous operation. It is only necessary to define time interval between two observation sessions and manually execute first session ('session zero'). In following sessions the total station surveys prisms automatically and registers observed values.

Independently or combined with total stations global navigation satellite systems (GNSS) can be used (Gili et al., 2000). For that purpose, on landslide body and in its

vicinity, high-accuracy GNSS receivers are mounted, conducting continuous observations. Processing and analysis of GNSS measurements can produce high accuracy data (5-10mm). The distance between receivers can be several kilometers, without degrading accuracy. Location of the receiver needs to have no obstruction to sky view, but intervisibility between location is not necessary (Malet et al., 2002). GNSS measurements can be used to control the data from total stations (in case the movement of total station occurred). Using data from the network of permanent GNSS stations can lead to more accurate data.

Besides data from geodetic survey, for landslide movement analysis are often used data collected by geotechnical methods using various sensors, such as inclinometers, piezometers, extensometers etc. (Barla et al., 2010) Inclinometers are used to measure displacement from the vertical plane with respect to one or more axes, with high accuracy (~ 0.05 mrad). Extensometers are used for measurements of axial displacement of reference points along one axis. Mechanical sensors with wire were usually used, but automated extensometers with fiber optics working on electro-optical principle recently became widely used (Savvaïdis, 2003). To measure the pressure in the landslide body piezometers are used. If pressure raises (for instance, due to heavy rainfall) and reaches some threshold it is a warning signal that the landslide movement may occur.

Vast variety of sensors and manufacturers resulted in differences in connection protocols and data exchange. Therefore Open Geospatial Consortium (OGC) started the initiative Sensor Web Enablement (SWE). It includes a number of specifications for standardizing the networks of sensors (Bröring et al., 2011). One of the goals in building the geoportal is to implement a SWE-based sensor web for landslide monitoring.

One step in the development of geoportal was the campaign of test measurements. Small landslide near location Bocke, in the vicinity of Novi Sad, was chosen to be the test site (Figure 1). This site is situated in a larger landslide-hazardous area. Five series of measurements were done using GNSS receiver Leica GS15 and automated total station Leica TCRP1201+. Results were used to simulate the data which could occur in real work.

Figure 1. Test-site

Listing 1. Format for measured positions by GNSS receiver

The implementation of geo-portal for landslides monitoring

Development of Geoportal for landslide monitoring followed the process from data acquisition, development of data model and database schema, specification and implementation of its architecture and cataloging. Data acquisition involved photogrammetric and remote sensing techniques, digitalization of paper maps and field data collection. Database schema is created according to the INSPIRE directive Annex III data theme specifications: soil and risk zones. Data are stored in this database.

Geoportal for landslide monitoring consists of metadata catalogue and application geoportal. Metadata catalogue is used for discovery of data whereas application geoportal is used for data visualization, access and geo-processing (such as coordinate transformations). Both applications are implemented using ERDAS Apollo and are based on three-tier service oriented architecture consisting of the presentation, application and data tier. Presentation tier is the highest level of the application that presents information to users. It communicates with other tiers and the result is shown in the browser / client tier. A variety of client applications can use the same application, i.e. logic tier. Application (logic) tier controls the overall functionality of applications through the execution of the business logic of the application. Finally, the data tier comprises database server for data storage and retrieval. This tier keeps and maintains information independently from application server or business

logic. Storing data in a separate tier improves performance. The client application is responsible for interpreting user requests and sending those requests to the server which needs to process the request and send back a response to the client. For access and retrieval of data, the server application addresses the database. Communication protocol and interfaces of the client and server are implemented in accordance with OGC standards.

Figure 2 illustrates client application of the geoportal.

Figure 2. ERDAS Apollo Client Application

Data acquisitions includes photogrammetric and remote sensing techniques and digitalization of paper maps. Digitalization of paper maps is used to obtain digital terrain model for Serbia. It is given in the form of contour lines and digital elevation model (DEM). Contour lines were produced by digitizing topographic maps scale 1:25000. Based on the contour lines, DEM was created with planimetric resolution of 25 meter and 10 meter vertical resolution. DEM of greater accuracy, planimetric resolution of 5 meter and 2 meter vertical resolution, was obtained from aerial stereo-pairs, for the area of mountain Fruška Gora, using photogrammetry. Thematic layer "Soil" contains digitalized soil maps scale 1:50000 in vector format. Each digitized polygon is associated with the appropriate attributes such as type of soil. Remote sensing was used for classifying land cover and for detecting changes from different periods.

Based on acquired data, data layer structure has been defined. Data layer structure contains large number of layers divided into thematic units including: administrative boundaries, soil types and quality, photogeology, geomorphology, geological hazards, hydrography, classification of land cover, digital terrain model, raster images including aerial and satellite images and topographic maps scale 1:100000 for Serbia. Some of the layers are shown in Table 1.

Table 1. Thematic units and layers

General layers	Administrative boundaries, settlements...
Land cover	Classification of land cover, vegetation index, land cover change detection...
Hydrography	Springs, rivers, lakes, reservoirs, underground waters, river basins and sub-basins...
Geology	Photogeology, geomorphology, geological hazards, technogenic rupture
Soil	Soil types, soil condition, physico-chemical analysis of sediments, soil profiles, soil erosion...
Raster data	Satellite images, topographic maps, digital elevation model, orthophoto plans...

Metadata catalogue as service brokers that represent a key component in a service-oriented architecture and SDI for managing shared resources and facilitating the discovery of resources within an open, distributed system is also deployed using ERDAS Apollo CSW. Support for INSPIRE profile is given. Detailed metadata descriptions were given for each layer. Figure 3 illustrates ERDAS Apollo metadata catalogue.

Figure 3. ERDAS Apollo metadata catalogue

Implementation of the real time alert system

The concept of the "sensor web" is a type of sensor network that is especially well suited for environmental monitoring and is also associated with a sensing system which significantly utilizes the World Wide Web. OGC Sensor Web Enablement (SWE) framework defines a suite of web service interfaces and communication protocols abstracting from the heterogeneity of sensor (network) communication. OGC's Sensor Web

Enablement (SWE) initiative aims at standardizing the entire sensor web process: description of sensors and the setup of sensor and measurement registries, discovery and sensor tasking mechanisms, and access of data observed by sensors.

OGC SWE initiative defines several standards on which sensor web is based. *Sensor Observation Service* (SOS) provides access to sensor information (SensorML) and measured sensor observations (O&M). SensorML specifies models and XML encoding that provide a framework within which the geometric, dynamic, and observational characteristics of sensors and sensor systems can be defined. Sensor Alert Service (SAS) enables real-time alerting. *Sensor Planning Service* (SPS) tasks sensors or sensor systems. Web Notification Service (WNS) supports asynchronous notification of sensor events (tasks, observation of phenomena).

Figure 4 illustrates the implemented solution in the distributed environment. It enables users to use various applications, both open-source and proprietary if they implement OGC specifications and to connect to the same application tier. Such applications can be used to display and visualize data from the map service, and may also allow editing and searching for data. In addition to the data exchange at the application tier, i.e. between different services, it is possible to exchange data using GML, SensorML or O&M, standard formats for the exchange of vector data or measured and observed data from sensors, at the data level, i.e. between different databases.

The main advantage of such system is that users do not have to change their habits in terms of software tools they use in their everyday work. Users use different GIS and CAD tools in their everyday work with spatial data. These tools are able to connect to server via common interfaces and to retrieve data for visualization or editing. In that way users may use a combination of tools without worrying about tedious data conversions.

Figure 4. Implemented solution in distributed environment

Conclusion

The paper presents the development of geoportal for the landslide monitoring, which is fully compliant with OGC standards of software interfaces and communication protocols. This solution is practical in terms of connectivity and the data exchange between different GIS systems, and is fully developed according to the SDI principles. It also shows how large amount of legacy data can be imported into the system by applying automatic conversion rules. The benefit of the implemented solution is the fully operational system that enables integration of data about landslide risk zones into national SDI of Serbia. This will provide seamless distribution of data which will, in combination with data from other domains, enable more thorough spatial analyses and improve decision support concerning safety issues. Furthermore, users do not have to change tools they are accustomed to use in their everyday work and to learn new skills, since common interfaces allow binding of various tools without unnecessary conversions of data.

References

See References on page 72