

## GIS tinklo paslaugų integravimas

Viktoras PALIULIONIS (MII)

el. paštas: vikpal@ktl.mii.lt

**Rezumė.** Pasauliniame tinkle teikiamų GIS paslaugų skaičius ir įvairovė sparčiai auga. Šios paslaugos apima tiek žemėlapių bei geoerdvinių duomenų teikimo paslaugas, tiek šių duomenų apdorojimo paslaugas. Integruojant skirtingų teikėjų paslaugas galima kurti naujas sudėtingesnes tinklo paslaugas ir programas. Šiame straipsnyje apžvelgtos GIS tinklo paslaugos ir jų interfeisų tipai, išnagrinėti šių paslaugų integravimo būdai. Siekdami ištirti GIS tinklo paslaugų realizavimo ypatumus mes sukūrėme eksperimentinę sistemą, kurioje buvo integruotos viešų žemėlapių paslaugos bei mūsų sukurtos specializuotos GIS paslaugos. Straipsnyje aprašyti šios sistemos ypatumai ir jos architektūra.

*Raktiniai žodžiai:* geografinės informacijos sistemos, pasaulinio tinklo paslaugos, integravimas.

### Ivadas

Pastaraisiais metais pasauliniame tinkle teikiamų GIS (geografinės informacijos sistemų) paslaugų skaičius ir įvairovė sparčiai auga. GIS funkcijos, kurias ankščiau teikdavo tik monolitinės GIS, dabar tampa prieinamomis visiems pasaulinio tinklo vartotojams. Tai tiek žemėlapių bei geoerdvinių duomenų teikimo paslaugos, tiek šių duomenų apdorojimo paslaugos. Integruojant skirtingų teikėjų paslaugas galima kurti naujas sudėtingesnes tinklo paslaugas, o šiuolaikinių Web 2.0 technologijų panaudojimas leidžia kurti taip vadinamąsias *praturtintas interneto programas* [1], kurios savo našumu ir interaktyvumu mažai atsilieka nuo tradicinės GIS programinės įrangos, veikiančios lokaliuose kompiuteriuose.

Šiame straipsnyje apžvelgtos ir suklasifikuotos šiuo metu pasauliniame tinkle teikiamos GIS paslaugos, išnagrinėti šių paslaugų integravimo būdai ir aprašytas mūsų realizuotas sistemos prototipas.

### GIS tinklo paslaugų ypatumai

*Pasaulinio tinklo paslaugos* (angl. Web services) yra laisvai susieti programinės įrangos komponentai, kurie naudodami standartines interneto technologijas teikia interfeisą kitoms programoms. Kalbant apie paslaugų integravimą, svarbu aptarti šių paslaugų interfeisus. Šiuo metu vyrauja du tinklo paslaugų interfeiso tipai – SOAP ir REST. Pirmuoju atveju paslauga tiesiogiai „bendrauja“ su kitomis programomis pagal SOAP protokolą (angl. Simple Object Access Protocol) keisdamosi XML pranešimais [2]. Paslaugos teikiamas interfeisas ir prieiga aprašomi WSDL kalba (angl. Web Services Description Language). Paslaugoms rasti naudojami UDDI (angl. Universal Description, Discovery, and Integration) registrai, kuriuose registruojamos ir klasifikuojamos sukurtos paslaugos. Tokia informacija suteikia galimybę dinamiškai surasti ir iškviešti reikiamą servisą tiek sistemos kūrimo, tiek jos veikimo metu.

REST (angl. Representational State Transfer) [3] interfeisas pagrįstas vien tik HTTP protokolu, ir visos naudojamos funkcijos yra HTTP protokolo GET, POST, PUT ir DELETE komandos. Kiekviena tinklo paslauga – tai išteklius, identifikuojamas URL adresu. Paslauga gali gražinti HTML, XML, JSON formato dokumentus, PNG, JPEG ir kitų formatų paveikslėlius.

GIS tinklo paslaugos yra labai įvairios, tačiau jas galima suskirstyti į dvi grupes: *duomenų paslaugos*, kurios suteikia prieigą prie GIS duomenų bazių ir pateikia duomenis rastriniu arba vektoriniu formatu, ir *apdorojimo paslaugos*, naudojamos apdoroti arba transformuoti duomenis pagal vartotojo pateiktus parametrus.

Duomenų paslaugos yra labiausiai standartizuotos. Atvirųjų GIS standartus kurianti organizacija OGC (Open Geospatial Consortium) sukūrė keletą specifikacijų šio tipo paslaugoms. Pavyzdžiui, *geobjektų paslauga* (WFS – angl. Web Feature Service) leidžia klientui gauti ir keisti GIS duomenų bazėse saugomų geobjektų geometrinius ir atributinius duomenis, *žemėlapių paslauga* (WMS – angl. Web Map Service) yra skirta iš geografinių duomenų dinamiškai generuoti žemėlapius paveikslėlių (PNG, JPEG ir kt.) formatu. Vektorinės informacijos apsikeitimui OGC paslaugose naudojama GML kalba. Tačiau kituose taikymuose dėl savo sudėtingumo ji nėra labai paplitusi. Internetinėse programose plačiai naudojami formatai KML ir GeoRSS, kurie taip pat yra OGC standartai.

Geografinių duomenų apdorojimas gali būti tiek paprasta tam tikrus skaičiavimus atliekanti funkcija, tiek ilgai trunkantis duomenų apdorojimo procesas. Šios paslaugos dar tik pradedamos standartizuoti. OGC standartizavo šių paslaugų teikimo interfeisą. Pavyzdžiui, *geoerdvinių duomenų apdorojimo paslaugos* (WPS – angl. Web Processing Service) [4] standartas apibrėžia iškvietimo, metaduomenų aprašymo, įvesties ir išvesties pateikimo būdus.

Kadangi OGC GIS paslaugų specifikacijos pradėtos kurti anksčiau, negu atsirado SOAP protokolas, jos jam nepritaikytos. OGC paslaugos nuo pradžių projektuojamos kaip REST tipo paslaugos, kurios iškviečiamos naudojant HTTP GET užklausą. Kaip alternatyvą UDDI registrams, OGC pasiūlė katalogų paslaugos specifikaciją, skirtą skelbti aprašomąją informaciją (metaduomenis) apie geoduomenis ir paslaugas, o taip pat ieškoti tokios informacijos [5]. Katalogų paslaugas galima naudoti registruotų informacijos šaltinių automatinei paieškai bei susiejimui. OGC paslaugas siekiama suderinti su SOAP ir WSDL standartais.

### GIS tinklo paslaugų jungimo būdai

Vienas svarbiausių į paslaugas orientuotos architektūros privalumų yra galimybė apjungti jau sukurtas paslaugas, taip gaunant naujas sudėtingesnes paslaugas. Komponuojant OGC geobjektų duomenų teikimo (WFS), jų apdorojimo (WPS) ir rezultatų pateikimo žemėlapių pavidalu (WMS) paslaugas galima atlikti sudėtingas geografinių duomenų analizės užduotis arba aprašyti pasikartojančių darbų sekas.

Paslaugų kompozicijai aprašyti buvo sukurta XML grindžiama kalba BPEL (angl. Business Process Execution Language) [6]. Šia kalba aprašytą paslaugų kompoziciją realizuoja specialus programinės įrangos komponentas – BPEL mašina. Toks paslaugų apjungimo būdas vadinamas orkestravimu. Norint pasinaudoti šiuo metodu, tinklo

paslaugų interfeisas turi tenkinti SOAP ir WSDL standartus. Kadangi ne visos OGC paslaugos pritaikytos šiems standartams, pasinaudoti šiuo metodu ne visada galima.

Kitas paslaugų jungimo būdas – suprojektuoti naują WPS procesą taip, kad sudėtingai operacijai atlikti jis kvieštų kitas tinklo paslaugas. Tokiu būdu pats WPS procesas gali veikti kaip paslaugų iškvietimų koordinavimo mašina. Šiuo, kaip ir BPEL orkestravimo, atveju turime centralizuotą paslaugų jungimo būdą [7].

Trečias būdas – kaskadinis paslaugų jungimas [8]. Jame nėra koordinuojančio komponento, duomenimis keičiamasi tiesiogiai, kadangi paslaugos komunikuoja viena su kita. Šiuo būdu turime paslaugų grandinę, kai vienos paslaugos išvesties duomenys yra kitos paslaugos įvesties duomenys.

Kalbant apie paslaugų integravimą, verta paminėti *hibridines interneto programas* (angl. mashup) [9]. Jos apjungia kelių interneto šaltinių duomenis arba funkcionalumą. Pagrindinė hibridinės internetinės GIS savybė yra žemėlapių iš vieno šaltinio integravimas su duomenimis ar paslaugomis iš kito šaltinio. Pavyzdžiui, daug hibridinių internetinių GIS yra sukurti Google Maps pagrindu, pridėdant prie jų žemėlapių įvairią papildomą informaciją iš kito tinklalapio (orų prognozę, duomenis apie nekilnojamoji turtą ir pan.). Tokių programų architektūrą sudaro trys dalys: turinio teikėjai, svetainė, kurioje patalpinta hibridinė programa, ir klientai – interneto naršyklės. Tiek grafinis vartotojo interfeisas, tiek hibridinės programos logika realizuojami kliento programoje naršyklėje. Norint pateikti žemėlapyje informaciją iš kitų tinklalapių, ji turi būti susieta su geografinėmis padėtimis. Pavyzdžiui, dažnai atnaujinamai informacijai (naujienuoms, orų prognozėms ir pan.), kurią pastaruoju metu įprasta skelbti RSS formatu, galima naudoti šio formato išplėtimą – GeoRSS. GeoRSS formate numatytos žymės, aprašančios geografines koordinatas. Tai suteikia galimybę ieškoti informacijos pagal įvairius geografinius kriterijus ir surinktą informaciją pateikti žemėlapyje. Kai informacijos apie vietą nėra, galima pasinaudoti viešos geografinių duomenų bazės GeoNames<sup>1</sup> paslauga „rssToGeo“, kuri analizuoja tekstą, pateiktą RSS formatu, pagal rastą vietovės pavadinimą įterpia geografines koordinatas ir grąžina GeoRSS formato failą.

Su paslaugų integravimu susijęs ir išskirstytų žemėlapių integravimo klausimas. OGC WMS standarto žemėlapių paslaugų serveriai iš vektorinių sluoksnių dinamiškai sugeneruoja reikiamo rastrinio formato žemėlapi, nurodžius reikiamą koordinatėmis apibrėžtą stačiakampę teritoriją, žemėlapio projekciją, vaizdavimo stilius ir kitus parametrus. Tos pačios teritorijos vaizdus su peršviečiamu fonu galima perkloti ir gauti sudėtinį žemėlapi. Panašiai į vieną žemėlapi galima apjungti gretimų teritorijų žemėlapius, gautus iš skirtingų WMS serverių.

Kitas žemėlapių integravimo būdas – naudoti iš anksto skirtingais detalumo lygiais suformuotus žemėlapius, kurių kiekvienas dar papildomai suskaidomas į fiksuoto dydžio kvadratus (angl. tile). Kiekvienas kvadratas saugomas kaip atskiras PNG, JPEG arba kito grafinio formato paveikslėlis. Nors šis metodas nėra standartizuotas, tačiau pagrindiniai viešų žemėlapių teikėjai (Google Maps, Microsoft Windows Live, Yahoo Maps ir kt.) naudoja vienodą globalią žemėlapių suskaidymo schemą ir tą pačią

---

<sup>1</sup><http://www.geonames.org/>

Merkatoriaus projekciją. Pradiniame detalumo lygyje (lygis 0) pasaulio žemėlapi sudaro vienas kvadratas. Kitame detalumo lygyje (lygis 1) šis kvadratas suskaidomas į keturis kvadratus, kurie pavaizduojami dvigubai stambesniu masteliu, ir t.t. Visuose lygiuose visi kvadratai yra vienodo dydžio –  $256 \times 256$  taškų. Kiekvienas jų identifikuojamas trimis parametrais: *zoom* – mastelio lygis, *x* – stulpelio numeris, *y* – eilutės numeris. Šis būdas yra greitesnis už dinaminį žemėlapi formavimą, nors mažiau lankstus ir reikalaujantis didelių kompiuterinių išteklių iš anksto suformuoto žemėlapi saugojimui. Papildomas našumas pasiekiamas naudojant interneto naršyklės podėlį, kuriame saugomi ankstesnių užklausų rezultatai. Pagal aprašytą žemėlapių suskaidymo schemą galima sukurti savo žemėlapių fragmentų serverį, galima apjungti su savo žemėlapiais arba savo sukurtiems žemėlapiams naudoti Google Maps API.

Integruojant paslaugas iškyla suderinamumo problemos tiek ryšio protokolų, tiek sintaksės, tiek semantiniame lygmenyje [10]. Dalį problemų išsprendžia GIS paslaugų ir jų interfeisų standartizavimas. Semantinis suderinamumas svarbus automatinei GIS paslaugų paieškai ir integravimui. Vienas iš perspektyvių tokio automatizavimo būdų yra ontologijų panaudojimas [11].

### Išskirstytų GIS tinklo paslaugų integravimo pavyzdys

Siekdami iširti išskirstytų GIS tinklo paslaugų realizavimo ypatumus mes sukūrėme eksperimentinę sistemą, kurios architektūra pateikta 1 pav. Sistemoje buvo integruotos viešų žemėlapių paslaugos bei mūsų sukurtos specializuotos GIS paslaugos, realizuotos Akis-WS [12].

Specializuoti klientai, naudojantys šias paslaugas, gali būti kuriami tiek kaip lokaliai, tiek kaip internetinės programos. Pavyzdžiui, mūsų sukurtoje geoinformacinėje programoje AKIS<sup>2</sup> mes įvedėme naują sluoksnio tipą, pavadintą *mozaikiniu žemėlapiu*. Jis skirtas vaizduoti rastrinius žemėlapius, naudojančius suskaidymo į kvadratus sistemą, kuri gali būti dviejų tipų – globali skaidymo sistema, grindžiama Merkatoriaus projekcija, arba ArcGIS Server naudojama sistema. Mes viešuosius žemėlapius interpretuojame kaip tinklo paslaugas, kuriose kiekvienas žemėlapi fragmentas identifikuojamas URL adresu, kuriame užrašyta reikiama užklausa. Programoje AKIS įvedėme specialią kalbą užklausų šablonams formuoti. Užklausos šablonas nurodomas mozaikinio žemėlapi sluoksnio parametruose. Pavyzdžiui, „OpenStreetMap“ žemėlapis pasiekiamas naudojant tokį užklausos šabloną:

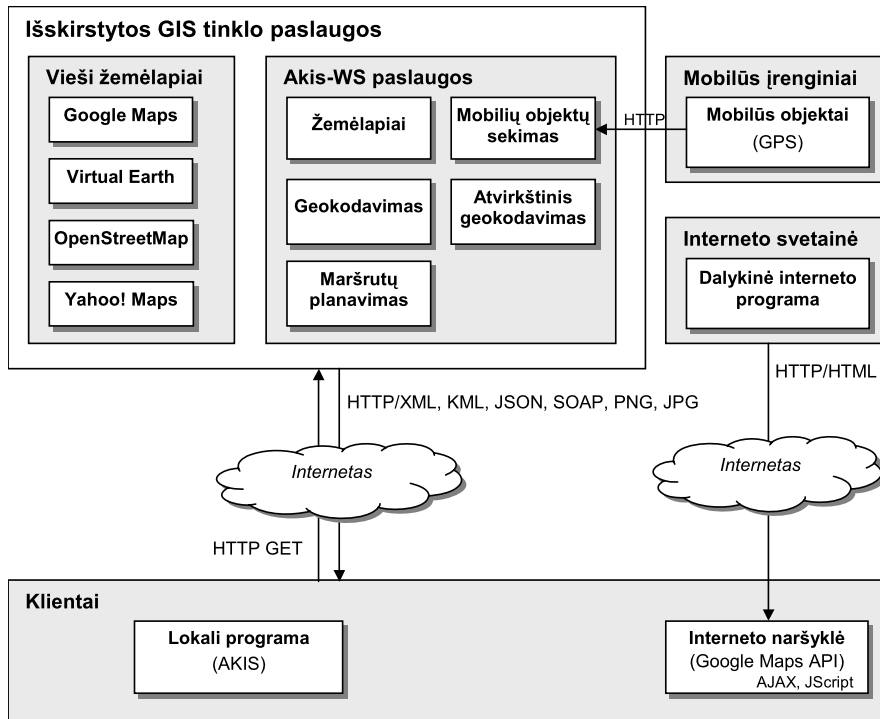
`http://tile.openstreetmap.org/[zoom]/[x]/[y].png,`

o Microsoft „Virtual Earth“ užklausa aprašoma tokiu šablonu:

`http://r[0..3].ortho.tiles.virtualearth.net/tiles/r[quadkey_0123].png?g=110.`

Vaizdavimo metu atsisiunčiami tik tie žemėlapi fragmentai, kurie reikalingi ekrane matomam žemėlapiui suformuoti. Kad nereikėtų pakartotinai siųsti anksčiau jau at-

<sup>2</sup><http://www.akis.mii.lt>



1 pav. Eksperimentinės sistemos architektūra.

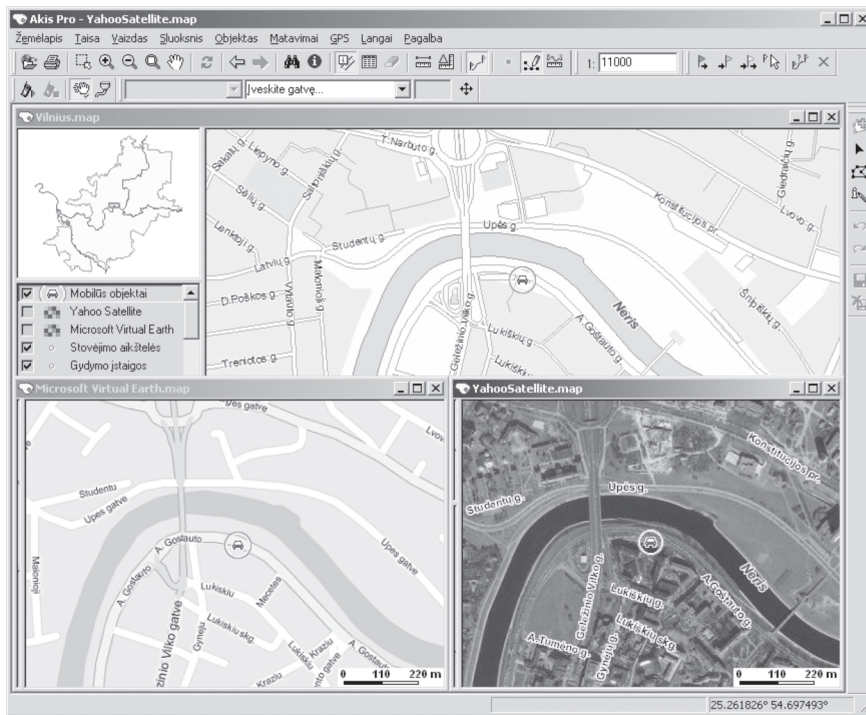
siustų žemėlapių fragmentų, jie įrašomi į podėlių, esančių diske. Prisipildžius podėliui programa pašalina dalį seniausiai naudotų failų.

Kadangi mozaikiniai žemėlapiai programoje yra atskiri sluoksniai, jie gali būti perklojami vienas kitu, virš jų galima pavaizduoti vektorinius sluoksnius, saugomus lokaliame kompiuteryje.

Programoje AKIS kiekvienas sluoksnis gali būti dinaminis, t.y., jis piešiamas virš kitų sluoksnių ir periodiškai atnaujinamas, neperpiešiant apatinių sluoksnių. Eksperimentinėje sistemoje buvo sukurtas dinaminis sluoksnis, kurio duomenų šaltinis susietas su tinklo mobilių objektų sekimo paslauga. Ši paslauga skirta gauti iš mobilių įrenginių ir saugoti duomenų bazėje informaciją apie objektų buvimo vietą. Programa AKIS periodiškai siunčia HTTP užklausą į Akis-WS serverį ir gautą informaciją apie paskutinę stebimų objektų padėtį atvaizduoja žemėlapyje.

2 pav. pateiktas programos AKIS ekrano vaizdą, kuriame viename lange matome vektorinį žemėlapi, saugomą lokaliame kompiuteryje, antrame lange matome „Virtual Earth“ žemėlapi, trečiame – palydovinę nuotrauką iš Yahoo, virš kurios pateiktas gatvių pavadinimų sluoksnis. Be to, visuose žemėlapiuose galime stebėti mobilių objektų judėjimą.

Be lokali programos, buvo sukurta eksperimentinė internetinė programa, naudojanti Google Maps programinį interfeisą JScript programavimo kalbai. Mes adap-



2 pav. Programos AKIS ekrano vaizdas.

tavome šį interfašą darbui su kitais žemėlapiais bei su Akis-WS tinklo paslaugomis. Interneto naršyklė naudoja savo disko podėlį atsiųstiems žemėlapių fragmentams saugoti, todėl žemėlapiai vaizduojami sparčiai. Užklausa mobilių objektų sekimo paslaugai gražina rezultatus KML formatu, kuris pavaizduojamas naudojant Google Maps API. Internetinė programa našumu ir interaktyvumu mažai atsilieka nuo lokaliios programos.

### Išvados

Straipsnyje išnagrinti viešai teikiamų GIS tinklo paslaugų ypatumai, jų interfašai (SOAP ir REST) ir šių paslaugų integravimo šiuolaikinėse interneto programose būdai. REST tipo paslaugos lengviau panaudojamos šiuolaikinėse hibridinėse interneto programose, įgalinant tokias programas kurti ir minimalius programavimo įgūdžius turinčius vartotojus. Kita vertus, ten kur reikalingi sudėtingesni sprendimai, tikslinga naudoti SOAP tipo paslaugas.

Kuriant naujas GIS tinklo paslaugas, tikslinga jas realizuoti naudojant tiek REST, tiek SOAP/WSDL interfašus. Mūsų eksperimentinėje sistemoje pakako REST interfašo, tačiau norint pasinaudoti paslaugų kompozicija (orkestravimu), dinamiu susiejimu su paslaugomis arba automatine jų paieška, interfašas turi tenkinti SOAP

ir WSDL standartus. Tai palengvintų šių paslaugų panaudojimą skirtingose dalykinėse programose.

Ateityje daugiau dėmesio reikia skirti GIS paslaugų automatinės paieškos ir integravimo problemoms spręsti. GIS paslaugų standartizavimas išsprendžia tik dalį problemų. Šiam tikslui galėtų būti panaudotos ontologijos ir dirbtinio intelekto metodai.

### Literatūra

1. J.C. Preciado, M. Linaje, F. Sanchez, S. Comai, Necessity of methodologies to model Rich Internet Applications, in: *Proceedings of the Seventh IEEE International Symposium on Web Site Evolution*, IEEE Computer Society (2005), pp. 7–13.
2. D. Box *et al.*, *Simple Object Access Protocol 1.1*. Technical report, W3C, (2000). Prieiga per internetą: <http://www.w3.org/TR/2000/NOTE-SOAP-20000508/> [žiūrėta 2008-09-02].
3. R.T. Fielding, *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures*, Dissertation, University of California, Irvine (2000). Prieiga per internetą: <http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm> [žiūrėta 2008-09-02].
4. P. Schut (Ed.), *OpenGIS®Web Processing Service 1.0*, OGC Document #05-007r7, May (2007).
5. D. Nebert, A. Whiteside (Eds.), *OpenGIS®Catalogue Service Implementation Specification 2.0*, OGC Document #04-021r2, May (2004).
6. T. Andrews *et al.*, *Business Process Execution Language for Web Services*. BEA Systems, International Business Machines Corporation, Microsoft Corporation, SAP AG, Siebel Systems (2002).
7. B. Stollberg, A. Zipf, OGC Web Processing Service Interface for Web Service Orchestration – Aggregating Geo-processing Services in a Bomb Threat Scenario, in: *Web and Wireless Geographical Information Systems, Proceedings of W2GIS 2007*, Cardiff, UK, *Lecture Notes in Computer Science*, **4857**, Springer-Verlag, 239–251 (2007).
8. N. Alameh, Chaining geographic information web services, *Internet Computing, IEEE*, **7**(5), 22–29 (2003).
9. D. Merrill, *Mashups: The new breed of web app*. DeveloperWorks, IBM (2006). Prieiga per internetą: <http://www.ibm.com/developerworks/xml/library/x-mashups.html> [žiūrėta 2008-09-02].
10. A. Sillitti, T. Vernazza, G. Succi, Service oriented programming and its application in GIS integration: a new paradigm of software reuse, in: *Proceedings of the 7th International Conference on Software Reuse*, Springer-Verlag, April (2002), pp. 269–280.
11. E. Klien, U. Einspanier, M. Lutz, and S. Hubner, An architecture for ontology-based discovery and retrieval of geographic information, in: *Proceedings of the 7th Conference on Geographic Information Science (AGILE)*, ACM (2004), pp. 179–188.
12. V. Paliulionis, Paslaugomis grindžiama geografinės informacijos sistemų architektūra, kn.: *Informacinės technologijos 2006: Konferencijos pranešimų medžiaga*, Technologija, Kaunas (2006), p. 602–606.

### SUMMARY

#### V. Paliulionis. Integration of GIS Web Services

The number of GIS web services has been essentially increasing in recent years. The services encompass geospatial data providing and processing. GIS web services enable application developers to integrate GIS functionality into their web applications without having to build the functionality or host the mapping data locally. The integration of services from different providers enables creating more sophisticated services and applications. This paper analyzes peculiarities of GIS web services, and discusses ways of their integrating. In order to investigate issues of implementing distributed GIS web services, a prototype of a system was designed and implemented. The system integrates public map services and our specialized GIS Akis-WS services. This paper describes specific features and architecture of this system.

**Keywords:** GIS, web services, integration.