

Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte
Informācijas tehnoloģiju fakultāte
Datoru sistēmu katedra

*Latvia University of Life Sciences and Technologies
Faculty of Information Technologies
Department of Computer Systems*



Latvijas
Biozinātņu un
tehnoloģiju
universitāte



Latvijas
Lauksaimniecības
universitāte

Mg.sc.ing. Jurijs Holms

ĢEOTELPISKĀS INFORMĀCIJAS INFRASTRUKTŪRAS ĪSTENOŠANA

***IMPLEMENTATION OF GEOSPATIAL INFORMATION
INFRASTRUCTURE***

Promocijas darba KOPSAVILKUMS
zinātnes doktora (Ph. D.) zinātiskā grāda iegūšanai
elektrotehnikas, elektronikas, informācijas
un komunikāciju tehnoloģiju nozarē

*SUMMARY
of the Doctoral thesis for the scientific degree Doctor of Science (Ph.D.)*

Jelgava
2022

VISPĀRĪGĀ INFORMĀCIJA

Promocijas darba izpildes vieta:

Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Informācijas tehnoloģiju fakultāte,
Datoru sistēmu katedra, Lielā iela 2, Jelgava, Latvija.

Eksperimentālā darba izpildes vieta:

Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Informācijas tehnoloģiju fakultāte,
Datoru sistēmu katedra, Lielā iela 2, Jelgava, Latvija.

Promocijas darba izstrādāšanas un aprobēšanas laika periods:

no 01.09.2015. – līdz 30.04.2022.

Promocijas darba zinātniskais vadītājs:

profesors Dr.sc.ing. Gatis Vītols.

Promocijas darba zinātniskais konsultants:

profesore Dr.sc.ing. Irina Arhipova.

Darbs akceptēts LLU Informācijas tehnoloģiju fakultātes Datoru sistēmu
katedras paplašinātā akadēmiskā sēdē 2022. gada 11.martā ar atklāto balsojumu.
Protokols Nr.4.

Oficiālie recenzenti:

- 1) Profesors, Dr.habil.sc.comp. Juris Borzovs;
- 2) Asoc. profesors, Dr.sc.ing. Jānis Kaminskis;
- 3) Asoc. profesors, PhD.Eng. Mircea Ristieui.

Promocijas darba aizstāvēšana notiks LLU Elektrotehnikas, elektronikas,
informācijas un komunikāciju tehnoloģiju nozares promocijas padomes atklātā
sēdē 2022. gada **26. septembrī, Jelgavā**, Lielā ielā 2, Informācijas Tehnoloģiju
fakultātes **37. auditorijā**, plkst. **10:00**.

Ar promocijas darbu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā, Lielā
ielā 2, Jelgavā un tiešsaistē <https://llufb.llu.lv/>.

Atsauksmes sūtīt Promocijas padomes sekretārei – Lielā ielā 2, Jelgava, LV-
3001; e-pasts tatjana.tabunova@llu.lv. Atsauksmes vēlams sūtīt skenētā veidā ar
parakstu.

Padomes sekretāre galvenā speciāliste sadarbībā ar lēmējinstitūcijām
Mg. paed. Tatjana Tabunova.

GENERAL INFORMATION

Research was executed at:

Latvia University of Life Sciences and Technologies, Faculty of Information Technologies, Department of Computer Systems, Liela street 2, Jelgava, Latvia.

Experiments were executed at:

Latvia University of Life Sciences and Technologies, Faculty of Information Technologies, Department of Computer Systems, Liela street 2, Jelgava, Latvia.

Scientific supervisor of the Doctoral Thesis:

Professor Dr.sc.ing. Gatis Vītols.

Scientific advisor of the Doctoral Thesis:

Professor Dr.sc.ing. Irina Arhipova.

The thesis was approved at the extended academic session of the Department of Computer Systems, Faculty of Information Technologies of the Latvia University of Life Sciences and Technologies on 11 March 2022. Minutes No. 4.

Official Reviewers:

- 1) Professor, Dr.habil.sc.comp. Juris Borzovs;
- 2) Associate professor, Dr.sc.ing. Jānis Kaminskis;
- 3) Associate professor, PhD.Eng. Mircea Risteiu.

The defense of the doctoral thesis will take place at the open session of the Promotion Council of LLU at 10:00 on 26th September 2022, Latvia University of Life Sciences and Technologies, Liela street 2, Jelgava, Latvia.

The thesis can be accessed at the LLU Fundamental Library, Liela street 2, Jelgava, and online at <https://llufb.llu.lv/>.

You are welcome to send your comments, signed and scanned to secretary of Promotion Council – e-mail: tatjana.tabunova@llu.lv.

Council secretary:

chief specialist in cooperation with decision-making institutions
Mg. paed. Tatjana Tabunova.

SATURS

Zinātniskā darba aprobācija.....	6
Ievads	7
Tēmas aktualitāte	7
Promocijas darba mērķis	11
Promocijas darba uzdevumi	12
Pētījumu metodes	12
Aizstāvēšanai izvirzāmās tēzes	12
Promocijas darbā jaunradītās vērtības.....	13
Promocijas darba struktūra un apjoms	14
1. Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūra.....	14
1.1. Jēdziena definīcija	14
1.2. Pasaules pieredze GII īstenošanā	16
1.3. Sadarbība	17
1.4. Datu apmaiņas tiesiskā sadarbība Latvijā	18
1.5. Datu apmaiņas organizatoriskā sadarbība Latvijā.....	20
1.6. Datu apmaiņas semantiskā sadarbība Latvijā	23
1.7. Tehniskā sadarbība	24
1.8. Nodaļas kopsavilkums	25
2. GII Realizācija un pielietošanas risinājumi	26
2.1. Īstenošanas novērtēšana	26
2.2. Telpisko lejupielādes servisu filtrēšanas tehnikas pielietošana	27
2.3. IS arhitektūra teritorijas attīstības plānošanai.....	29
2.4. Nodaļas kopsavilkums	32
3. Piedāvātā informācijas ieguves un izplatīšanas risinājuma aprobācija.....	34
3.1. Nodaļas kopsavilkums	36
Secinājumi.....	37
Rekomendācijas un galvenās jaunradītās vērtības.....	39
Informācijas avotu saraksts	76

TABLE OF CONTENTS

Approbation of PhD Thesis	41
Introduction	42
Relevance of the topic	42
The aim of the PhD thesis	46
The tasks of the PhD thesis	47
Research methods	47
Theses	47
Scientific novelty and practical value	48
PhD thesis structure and volume	49
1. Geospatial information infrastructure	49
1.1. Concept definition	49
1.2. World experience in GII implementation	51
1.3. Interoperability	52
1.4. Legal interoperability of data exchange in Latvia	53
1.5. Organizational interoperability of data exchange in Latvia	55
1.6. Semantic interoperability of data exchange in Latvia	58
1.7. Technical interoperability	60
1.8. Chapter summary	60
2. GII Realization and application solutions	62
2.1. The assessment of implementation	62
2.2. Application of filtering techniques in web feature services	63
2.3. IS architecture for territory development planning	64
2.4. Chapter summary	68
3. Approbation of the proposed solution	69
3.1. Chapter summary	72
Conclusions	72
Recommendations and key new values	75
Bibliography	76

ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

Pētījuma rezultāti apkopoti un publicēti 7 recenzējamos zinātniskajos izdevumos. Visi raksti ir indeksēti starptautiski citējamās datubāzēs Scopus, Web of Science vai SciTePress.

- 1) Kalinka M, Geipele S, Pudzis E, Lazdins A, Krutova U, **Holms J.** (2020). Indicators for the Smart Development of Villages and Neighbourhoods in Baltic Sea Coastal Areas. *Sustainability* (Vol. 12(13)). Indeksēts Scopus un Web of Science datu bāzēs.
- 2) **Holms, J.**, Arhipova, I., & Vitols, G. (2019). Relationship Between Spatial Datasets and Assessments of Mapped Ecosystem Services Indicators. *Baltic J. Modern Computing* (Vol. 7, pp. 1-18). Indeksēts Scopus un Web of Science datu bāzēs.
- 3) **Holms, J.**, Arhipova, I., & Vitols, G. (2018). Linking Environmental Data Models to Ecosystem Services' Indicators for Strategic Decision Making. In *Proceedings of the 20th International Conference on Enterprise Information Systems* (pp. 170–174). Indeksēts Scopus un SciTePress datu bāzēs.
- 4) **Holms, J.**, & Vitols, G. (2017). An overview of data from datasets registered in Latvian spatial metadata catalogue. In *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM* (Vol. 17). Indeksēts Scopus datu bāzē.
- 5) **Holms, J.**, & Vitols, G. (2017). Latvian spatial metadata catalogue' content and summary for referenced spatial data sets and services. In *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM* (Vol. 17). Indeksēts Scopus datu bāzē.
- 6) **Holms, J.**, Arhipova, I., Tulbure, I., & Vitols, G. (2017). Ecosystem Provisioning Services Automated Valuation Process Model for Sustainable Land Management. *Procedia Computer Science* (Vol. 104, pp. 65–72). Indeksēts Scopus, Web of Science un SciTePress datu bāzēs.
- 7) **Holms, J.**, & Vitols, G. (2016). Comparison of attributive and spatial filtering approaches to retrieve massive datasets through Web Feature Services, avoiding limitation on feature count per request. *Proceedings of the 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016, Book2* (Vol. 1, pp. 609–616). Indeksēts Web of Science datu bāzē.

Promocijas darba rezultāti tika referēti šādās starptautiskajās zinātniskajās konferencēs.

- 1) Starptautiskā zinātniskā konference “20th International Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS 2018”, Funšala, Portugāle. 21.03.-24.03.2018. Stenda referāts: “Linking environmental data models to ecosystem services’ indicators for strategic decision making”.
- 2) Starptautiskā zinātniskā konference “17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2017”, sekcija “Informatics / Geoinformatics and Photogrammetry and remote sensing / Cartography and GIS”, Albena, Bulgārija. 27.06.-06.07.2017. Mutiska prezentācija: “Latvian spatial metadata catalogue’ content and summary for referenced spatial data sets and services”.
- 3) Starptautiskā zinātniskā konference “17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2017”, sekcija “Informatics / Geoinformatics and Photogrammetry and remote sensing / Cartography and GIS”, Albena, Bulgārija. 27.06.-06.07.2017. Mutiska prezentācija: “An overview of data from datasets registered in Latvian spatial metadata catalogue”.
- 4) Starptautiskā zinātniskā konference “The International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2016”, sekcija “Informatics, Geoinformatics and Remote sensing”, Albena, Bulgārija. 30.06.-04.07.2016. Mutiska prezentācija: “Comparison of attributive and spatial filtering approaches to retrieve massive datasets through Web Feature services, avoiding limitation on feature count per request”.

IEVADS

Ievadā aprakstīta tēmas aktualitāte, definēts promocijas darba mērķis un uzdevumi, uzskaitītas pielietotās pētījuma metodes, kā arī tiek sniegtā informācija par zinātniskā darba aprobāciju.

Tēmas aktualitāte

Vēsturiski cilvēcei ir bijis svarīgi noteikt atrašanās vietu attiecībā pret debespusēm jeb orientēšanās apkārtējā pasaules telpā. Debespuses pazīšana saistījās ar dažādiem cilvēka rīcības un darbības veidiem – gan ar pārvietošanās virziena un dzīvesvietas izvēli, gan ar mājokļa izvietošanu, laika un vēja virziena noteikšanu, un tml. [1].

Pēdējos divos gadsimtos zinātnē notikušas zīmīgas pārmaiņas, kas veicinājušas dabas un dabā notiekošo parādību izzināšanu no lietu kārtības mikro pasaule līdz Visuma uzbūves un izcelšanās noslēpumiem. Šīs pasaules telpas centrā atrodas cilvēks ar apkārtējās dabas apkārtni ap sevi, kurā viņš rod aizvien jaunus iespaidus, paplašina redzesloku un nostiprina izzinātos priekšstatus [2].

21. gadsimtā cilvēce ir iesolojusi informācijas laikmetā. Lai būtu iespējams piekļūt gandrīz jebkāda veida datiem, sazināties ar cilvēkiem visdažādākajās vietās un apmainīties ar jebkāda veida informāciju, ir vajadzīgs tikai dators un interneta pieslēgums. Informācijas laikmeta vēsmas arvien vairāk ir jūtamas arī valsts un pašvaldību darbības attīstībā – vairs nav nepieciešamības pēc pastāvīgas papīra dokumentu kopēšanas un izziņu drukāšanas, lai iestādes savā starpā varētu apmainīties ar datiem. Pateicoties mūsdienu tehnoloģijām, visu ir iespējams paveikt elektroniski [3].

Datu un ģeotelpisko datu apmaiņas procesi pastāvīgi attīstās. Vēsturiski galvenais datu apmaiņu veids starp institūcijām ir bijis pasts, vēlāk sāka izmantot telegrāfu, faksu, datoru un globālo tīmekli. Parādījās arī iespēja kopēt informāciju datņu veidā, izmantojot datu nesējus un caur interneta tīklu (piemēram, FTP, e-pasti), kā arī aktīvi sāka attīstīties datu bāzu replicēšanas iespējas, izmantojot intranetu un internetu. 20. gadsimta beigās strauji sāka attīstīties tehnoloģijas informācijas apmaiņai caur datorīklu, izmantojot tīmekļa servisus. Sākumā tīmekļa servisi veidojās un attīstījās, lai apmainītos ar teksta veida informāciju un pēc tam arī ar ģeotelpisko informāciju. Tehnoloģiski vairs nav nepieciešams kopēt visu informācijas komplektu, tipiski datu bāzi no vienas iestādes vai institūcijas uz otru. Institūcijas var sniegt publiskus pakalpojumus tiešsaistes režīmā, vaicājot informāciju par konkrētiem informācijas objektiem no citu institūciju datu bāzēm, izmantojot tīmekļa servisus, t.sk., telpiskās, nekopējot datus. Tāpat sāka attīstīties arī mākoņtehnoloģijas, kuras ļauj vairākām iestādēm veidot risinājumus, izmantojot standartētu un centralizētu infrastruktūru – tā saucamo Infrastruktūru kā pakalpojumu, kas ļautu samazināt izmaksas infrastruktūras konsolidētai uzturēšanai.

Pirms Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūras izbūves uzsākšanas, 2006. gadā, lai izveidotu homogēnu infrastruktūru, t.sk. tehnoloģisku bāzi Latvijas E-Pakalpojumu šabloneida izstrādei un izmitināšanai, tika uzsākti darbi pie Latvijas E-Pakalpojumu dzinēja VISS (bijušais IVIS) izstrādes un jau 2007. gadā VISS infrastruktūra testa režīmā sāka būt pieejama E-Pakalpojumu arhitektiem un izstrādātājiem. VISS arhitektūra ir balstīta uz SOA principiem, savukārt E-Pakalpojumi izmanto, t.sk., servisus kā ķiegelišus, kurus pēc vienotiem VISS un SOA principiem izstrādāja dažādi neatkarīgie izstrādātāji un no kuriem tika veidoti jau sarežģītāki produkti – E-Pakalpojumi. E-Pakalpojumi var izmantot servisus, ievērojot SOA trīsstūra principus, visi servisi tiek reģistrēti specifiskā registrā – servisu katalogā [4].

VISS infrastruktūra pastāvīgi attīstās, 2020. gadā parādījās iespēja gan datu apmaiņā, gan E-Pakalpojumos izmantot arī REST servisus. Tas panākts ar VISS infrastruktūrai pielāgotu WSO2 API Pārvaldnika [5] risinājuma ieviešanu, kas paplašināja VISS funkcionalitāti ar spēju centralizēti pārvaldīt ne tikai SOAP, bet arī REST servisus, nodrošinot šo servisu uzskaiti, drošību, versionēšanu, izsaukumu maršrutēšanu un auditāciju.

Primārās VISS infrastruktūras priekšrocības ir iestāžu lēmumi un dažreiz no NA izrietošie pienākumi pieturēties SOA principiem, centralizētie servisu katalogi [6], [7], savs objektu (servisu, E-Pakalpojumu, XML shēmu un struktūru hierarhiju, un tml.) identifikāciju standartizēts piegājiens [4], [8], [9], [10], kā arī centralizēts XSD katalogs [11] SOAP servisiem. XSD kataloga XML shēmu hierarhisks piegājiens ļauj atkārtoti izmantot jau aprakstītās datu struktūras. Ar VISS un saistošo risinājumu ieviešanu tika nodrošināta infrastruktūra turpmākai E-pakalpojumu izveidei [12] un attīstībai, kā arī A2A, A2B un A2C informācijas apritei, t.sk., iestādes var reglamentēt autokomunikāciju starp to informācijas sistēmām un centralizēti organizēt arī liela apjoma (>4MB) [13] vispārīgu datu replikāciju.

Velkot paralēles ar INSPIRE direktīvu un Geotelpiskās informācijas infrastruktūru, VISS infrastruktūra kļuva par pamata infrastruktūru Latvijas ne ģeotelpiskiem – “teksta” servisiem un E-pakalpojumiem, savukārt VISS infrastruktūrā izmitinātais Geotelpisko datu savietotājs (turpmāk tekstā GDS) [14] var tikt uztverts par Latvijas Geotelpiskās informācijas infrastruktūras pamatiem. GDS sastāv no Metadatu kataloga [15], [16] – vienotas vietnes ģeotelpisko datu kopu un servisu metadatu uzkrāšanai un izplatīšanai Latvijā un Eiropā (t.sk., INSPIRE kontekstā), Datu un servisu pārvaldības komponentes – infrastruktūras, kas nodrošina ģeotelpisko datu kopu apstrādi, attēlošanu, ģeotelpisko servisu darbināšanu un Dalītas pieklubes pārvaldības sistēmas, kura nodrošina pieklubes pārvaldību pie dažādu datu turētāju ģeotelpiskiem servisiem, t.sk., kalpo par vārteju.

Pirms INSPIRE direktīvas īstenošanas uzsākšanas ar līdzīgām tiesiskām un organizatoriskām problēmām sadarbīspējā saskaries Latvijas nacionālā atlanta idejas izlolotājs Jānis Strauhmanis [17] un viens no pirmajiem Latvijas nacionālā atlanta idejas izvirzītajiem LU profesors, ģeogrāfs un kartogrāfs Reinholds Putniņš (1881 – 1934), kurš atlanta jautājumu sāka risināt jau 1926. gadā. Pirmās republikas laikā uz aicinājumu izveidot nacionālo atlantu atsaucība netika gūta, jo valsts līmenī finansējums bija tikai topogrāfiskajām kartēm un pirmie Latvijas atlanti bija domāti tikai ģeogrāfijas apguvei skolā. Arī komersantiem neizdevās sastādīt un publicēt nacionālo atlantu. Rezultātā laikā starp abiem pasaules kariem šo ideju īstenot neizdevās, bet padomju cenzūras apstākļos nacionāla atlanta ideju pat pieminēt nebija vēlams. Pēc valstiskās neatkarības atjaunošanas un tikai 2007. gadā, pateicoties firmas “*Jāņa sēta*” speciālistiem pasauli

ieraudzījis Latvijas ģeogrāfijas atlanta 1. izdevums. Turpat rakstā “*Latvijas nacionālais atlants: ideja un realitāte*” izskanēja ideja, ka šāda fundamentāla darba veidošanu var veikt ne tikai papīrā formā, bet arī elektroniskā, papildus norādot, ka piemēram Šveices nacionālo atlantu veido elektroniski jau kopš 1995. gada. Atsevišķi minēts, ka Nīderlandes nacionālā atlanta sagatavošanai tikai veidota atsevišķa organizācija, kas pēc atlanta izdošanas papīra versijā izstrādāja Nacionālā atlanta informatīvo sistēmu. Jānis Strauhmanis aprakstījis [18] arī Latvijas nacionālā atlanta sagatavošanas secību.

Līdz ar tehnoloģiju attīstību ievērojami palielinājās tikai elektroniskā veidā uzkrājams informāciju apjoms, šī tendence prasīja jaunu risinājumu informācijas reprezentācijai, t.sk., operaīvai lēmumu pieņemšanai un ilgtermiņa plānošanai. Mūsdienās ir nepieciešams orientēties uz to, ka atlantu Satura avoti var būt tikai elektroniski. Arī INSPIRE kontekstā atlantu sagatavošanas secību ir vērts mēģināt salīdzināt ar INSPIRE īstenošanas procesu, savukārt Strauhmaņa atlanta struktūrai vilkt paralēles ar INSPIRE datu tēmām.

Primārās informācijas reprezentāciju tehnikas ir ģeogrāfiskas un tematiskas kartes, tabulas un diagrammas. Velkot paralēles ar INSPIRE tēmu klasifikāciju, Nacionālā atlanta struktūras ideju [18], US NSDI tēmām un Tematisko karšu klasifikāciju, pamanāms akcents uz potenciālo karšu objektu grupēšanu pēc līdzīgiem kritērijiem. ES telpā ar INSPIRE direktīvas ieviešanu tika/tiek mēģināts ieviest vienotu tēmu un telpisko objektu slāņu klasifikāciju, nodrošinot vienotu Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūras standartizētu telpu visas ES valstīs.

Tiklīdz informācija kļuva pieejama elektroniski, ievērojami pieauga arī elektronisko karšu apjoms, kas ir pieejams caur nacionālajiem ģeoportāliem un nacionālo Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūru. Šī pieejamība ļāva jebkuram ieinteresētajam, pielietojot GIS tehnikas paņēmienus, veidot kartes un analizēt informāciju, parādījās iespēja efektīvi kombinēt informāciju no vairākiem datu avotiem. Tāpat izkristalizējas problēma ar informācijas pieejamību gala lietotājiem, jo ne visa, t.sk., par valsts naudu savāktā informācija ir pieejama sabiedrībai bez ierobežojumiem.

Pakāpeniski Eiropas kopienā izkristalizējās idejas par “*Atlanta idejas*” ieintegrešanu nacionālajā ģeodatu infrastruktūrā un par centralizēto metadatu kataloga izveidi ar iespēju hierarhiski rasmot informāciju no pakārtotiem Ģeometadatu katalogiem.

2007. gadā Eiropas komisija pieņēma INSPIRE direktīvu, lai attīstītu ģeotelpiskās informācijas infrastruktūru katrā ES valstī un ES kopumā. Direktīva paredz vispārīgus noteikumus, lai izveidotu telpiskās informācijas infrastruktūru Eiropā ar mērķi atbalstīt vides politiku, kā arī politiku un darbības, kurus var ieteikmēt vidi. Tāpat direktīva nosaka prasības ģeotelpiskās informācijas

pieejamībai un sadarbspējai un prasa nodrošināt ģeotelpisko datu kopu un servisu sadarbspēju.

2009. gadā rakstā “*INSPIRE, GMES and GEOSS Activities, Methods and Tools towards a Single Information Space in Europe for the Environment*” tika izteiktas idejas kā var mēģināt integrēt INSPIRE, GMES/GEOSS SEIS vai SISE pasākumos [19]. Kā arī Eiropā tika izveidoti Sadarbspējas ieteikumi un Eiropas sadarbspējas ietvara (EIF) ieviešanas stratēģija [20], kur tika ņemta vērā, t.sk., INSPIRE direktīva un jaunās iniciatīvas – tādas kā Eiropas mākoņdatošanas iniciatīva [21], ES e-pārvaldes rīcības plāns [22] un Vienotā digitālā vārteja [23]. Vajadzība pārskatīt Eiropas sadarbspējas ietvaru tika apstiprināta apspriešanās laikā ar visām ieinteresētajām personām (iestādēm un tml.), proti, dalībvalstu publiskās pārvaldes iestādēm, iedzīvotajiem, uzņēmumiem un citām ieinteresētajām pusēm, piemēram, ES iestādēm un struktūrām [20].

Viena no problēmām, kas ietekmēs tematiskās kartogrāfijas attīstību nākotnē ir tā, ka, objektīvi paplašinoties specializētajām ģeotelpisko datu bāzēm, mazināsies kartogrāfa loma un pieaugs datorspeciālistu ieguldījums. Jo augstāka būs atsevišķu nozaru pārstāvju kvalifikācija datorzinībās, jo labākas tematiskās kartes tiks veidotas [18].

Promocijas darba tēma ir aktuāla, ņemot vērā ES pieņemto INSPIRE direktīvu, akcentējot ģeotelpiskās datu infrastruktūras izmantošanu, kā arī kopējo interesi pasaulei un ir saistīta ar ilgtspējīgu risinājumu izstrādi Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūras īstenošanas vadībai valsts līmenī.

Promocijas darbā ir arī apkopota informācija par Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūru (turpmāk tekstā GII) īstenošanu Latvijā – par tiesiskiem, organizatoriskiem, semantiskiem un tehniskiem aspektiem un pierādīts, ka izmantojot jau izstrādātu un publiski pieejamu pasaules GII Latvijas segmentu, ir iespējams nodrošināt meklēšanu pēc Latvijas Ģeotelpisko datu savietotāja Metadatu katalogā reģistrēto lejupielādes servisu Telpisko iezīmju parametriem vai ģeometrijas (var atrast konkrētu objektu telpiski vai pēc tā parametriem/atribūtiem), kā arī piekļūt informācijai, kas būs par pamatu operatīvai lēmumu pieņemšanai un ilgtermiņa teritorijas attīstības plānošanai.

Promocijas darba mērķis

Promocijas darba mērķis ir izstrādāt rekomendācijas Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūras īstenošanas un valsts pārvaldes procesu vadības uzlabošanai Latvijas kontekstā.

Promocijas darba uzdevumi

- 1) Apkopot un analizēt informāciju par jēdzienu – ģeotelpiskās informācijas infrastruktūra jeb GII (1. nodaļa);
- 2) analizēt Ģeotelpisko datu kopu transformācijas metodes (1. nodaļa);
- 3) analizēt Ģeotelpisko datu kopu savietojamības/harmonizācijas aspektus (1. nodaļa);
- 4) analizēt Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūras metožu pielietošanas veikspēju (2. nodaļa);
- 5) piedāvāt uz GII balstītu konceptuālu arhitektūru Informācijas sistēmai par teritorijas attīstības plānošanu (2. nodaļa);
- 6) izstrādāt algoritmu Ģeotelpisko datu kopu lejupielādei no ģeotelpiskos datu lejupielādes servisiem (2. nodaļa);
- 7) izstrādāt prototipu informācijas ievākšanai no pasaules GII Latvijas segmenta decentralizētiem datu avotiem potenciālai centralizētai apstrādei datu bāzes līmenī un rezultātu izplatīšanai (3. nodaļa).

Pētījumu metodes

Promocijas darbā lietotas mūsdienīgas analīzes un datu apstrādes metodes – literatūras apskats, klasifikācija, sistēmu analīze, datu apstrāde, programmēšana, modelēšana un prototipēšana.

Aizstāvēšanai izvirzāmās tēzes

- 1) Jau pašlaik ir iespējams organizēt uz datiem balstītu tiešsaistes lēmumu pieņemšanu, piemēram, operatīvo lēmumu pieņemšanu krīzes gadījumos un ilgtermiņa teritorijas attīstības plānošanas procesu tikai Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūras līmenī, pilnībā aizstājot iepriekš lietotos rīkus tādus – kā papīra kartes vai atlantus.
- 2) Uz servisiem orientētas arhitektūras piegājiens pielietošana ģeotelpiskās informācijas risinājumos ļauj apstrādāt informāciju gan telpisko iezīmju (objektu) un to atribūtu līmenī, gan masveidā – iteratīvi norasmojot (*no angļu valodas – harvest*) informāciju no metadatu katalogiem (servisu reģistriem) un lejupielādējot datu kopas rekursīvi dalot resursus porcijās.

Promocijas darbā jaunradītās vērtības

- 1) Verificēts, ka Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūras īstenošanas process – tas ir infrastruktūras izbūves un attīstības ilgtermiņa (bezgalīgs) ciklisks process.
- 2) Verificēts, ka Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūras īstenošanas procesu nav iespējams realizēt tikai tehniskajā plaknē, īstenošanas procesam papildus ir organizatoriskā, tiesiskā un datu semantikas dimensijas.
- 3) Tika aprobēti un raksturoti risinājumu koncepti, lai nodrošinātu 1) uz datiem balstītu operatīvu (piemēram, krīzes gadījumos) lēmumu pieņemšanu tiešsaistes režīmā un 2) ilgtermiņa teritorijas attīstības plānošanu. Verificēts, ka jau pašlaik ir iespējams organizēt uz datiem balstītu tiešsaistes lēmumu pieņemšanu.
- 4) Tika izstrādātas rekomendācijas Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūras īstenošanas un valsts pārvaldes procesu vadības uzlabošanai Latvijas kontekstā.
- 5) Izstrādāts rekursīvs algoritms Ģeotelpisko datu kopu lejupielādei no ģeotelpisko datu lejupielādes servisiem.
- 6) Tika izstrādāts, aprobēts un aprakstīts prototips informācijas ievākšanai no pasaules Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūras Latvijas segmenta decentralizētiem datu avotiem potenciālai centralizētai apstrādei (piemēram, teritorijas attīstības plānošanas gadījumos) datu bāzes līmenī un rezultātu izplatīšanai.
- 7) Papildus tika izstrādāti un raksturoti šādi procesi:
 - 7.1) pielāgošanās Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūras koncepcijai;
 - 7.2) vienkāršots, uz INSPIRE procesiem balstīts, datu nodošanas scenārijs;
 - 7.3) rasiošanas kēdes piemērs;
 - 7.4) informācijas iegūšana porcijās;
 - 7.5) procesa modelis ilgtspējīgai teritorijas attīstības plānošanai un operatīvai lēmumu pieņemšanai;
 - 7.6) datu vākšanas, apstrādes un izplatīšanas risinājuma prototipa datu plūsmas process.
- 8) Lai padarītu pieejamāku GII ideju, izstrādātie būtiskākie pirmkodu apgabali tika publicēti GitHub pirmkodu krātuvē zem atvērtas CC0 1.0 licences.
- 9) Uz promocijas darba bāzes tika izstrādāta jauna studiju kursa programma magistrantiem “*Informācijas tehnoloģijas ģeoinformātikā*” Latvijas Lauksaimniecības universitātē, kā arī ir plānots, ka atsevišķas promocijas

darba praktiskās realizācijas tiks izmantotas laboratorijas darbu izstrādē jaunajā studiju kursā.

Promocijas darba struktūra un apjoms

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, satur anotāciju, ievadu, 3 nodaļas, secinājumus, rekomendācijas, literatūras sarakstu, 6 pielikumus, tajā skaitā 13 tabulas, 32 attēlus, kopā 121 lappusi. Darbā lietoti 134 literatūras avoti.

1. GEOTELPISKĀS INFORMĀCIJAS INFRASTRUKTŪRA

Nodaļā tiek apskatīta ĢII jēdziena juridiskā definīcija un Valsts valodas centra termina SDI skaidrojumi. Definēts ĢII termina tvērums, nemot vērā arī pasaules pieredzi, kā arī uzskaitīti ĢII attīstības atskaites punkti pasaulei un atsevišķi Latvijā. Īpaša uzmanība pievērsta Tiesiskai, Organizatoriskai, Semantiskai un Tehniskajai sadarbspējai.

1.1. Jēdziena definīcija

Jēdziena juridiskā definīcija ir: *Geotelpiskās informācijas infrastruktūra – normatīvajos aktos noteiktas ģeotelpisko datu kopas, to metadati, ģeotelpiskās informācijas kopīgas izmantošanas un atkalizmantošanas nosacījumi, ģeotelpiskās informācijas pakalpojumi, informācijas un telekomunikācijas tehnoloģijas, ar kurām nodrošina ģeotelpiskās informācijas apriti un ģeotelpiskās informācijas pakalpojumu sniegšanu, un kārtība, kādā tiek koordinēta un uzraudzīta iesaistīto institūciju darbība [24].*

Valsts valodas centrā [25] termins SDI reģistrēts Kolekcijā “*Valsts valodas centra izstrādātie informācijas un komunikācijas tehnoloģiju termini*” pie Nozares “*Informācijas un komunikāciju tehnoloģijas*” un tulkojams sekojoši “*Telpisko datu infrastruktūra*”. Abreviatūras ĢII tulkojums dažādās valodās ir pieejams *Tabula 1.1. Abreviatūras ĢII tulkojumi*.

ĢII ir, t.sk., Geotelpiskās informācijas infrastruktūras īstenošanas – izbūves un attīstības ilgtermiņa process bez *a priori* zināmiem rezultātiem [26]. Dažādas valstis ir centušās izveidot NSDI, bet nevienam nav izdevies to paveikt pirmajā piegājiens, jo infrastruktūras veidošanas process ir ciklisks, līdzīgi kā paredz *Agile* metodoloģija ar savam sprintu spirālēm.

Tabula 1.1. Abreviatūras GII tulkojumi

Valoda	Tulkojums
EN	Spatial data infrastructure (SDI)
LV	Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūra (GII)
DE	Geodateninfrastruktur (GDI)
ES	Infraestructura de Datos Espaciales (IDE)
FR	Infrastructure de Données Spatiales (IDS)
IT	Infrastruttura di Dati Territoriali (IDT)
PL	Infrastruktura informacji przestrzennej (IIP)
CA	Canadian Geospatial Data Infrastructure (CGDI)

GII kā jebkurai IS ir jābūt arī orientētai uz gala lietotāju, jo tās galvenais mērķis ir atbalstīt lēmumu pieņemšanu daudziem dažādiem mērķiem. GII ietver ne tikai tehniskus jautājumus, piemēram, datus, tehnoloģijas, standartus un piegādes mehānismus, bet arī institucionālus jautājumus, kas saistīti ar organizatorisko atbildību, vispārējo valsts informācijas politiku, kā arī [27] finanšu un cilvēkresursu pieejamību.

Pat, ja ieinteresētajām pusēm ir “vislabākie” datu apmaiņas līgumi, liela darbinieku mainība var apdraudēt datu apmaiņu. Tehniskie šķēršļi, piemēram, kopīgas definīcijas, modeļi un formāti, ir mazāk nozīmīgi, un tos var pārvarēt, ieviešot atbilstošus standartus. Dažu valsts pieredze liecina, ka datu kopīgas izmantošanas iniciatīvas publiskajā un privātajā sektorā nedod sagaidāmo efektu [28].

No konteksta un juridiskās definīcijas izriet, ka GII sastāv no:

- 1) ģeotelpiskās informācijas infrastruktūras īstenošanas – izbūves un attīstības ilgtermiņa procesa;
- 2) NA noteiktām datu kopām;
- 3) metadatiem;
- 4) ģeotelpiskās informācijas kopīgas izmantošanas un atkalizmantošanas nosacījumiem jeb licencēšanas noteikumiem;
- 5) tīmekļa servisiem;
- 6) informācijas un telekomunikācijas tehnoloģijām, ar kurām nodrošina ģeotelpiskās informācijas apriti un ģeotelpiskās informācijas pakalpojumu sniegšanu;
- 7) kārtības, kādā tiek koordinēta un uzraudzīta iesaistīto institūciju darbība – NA bāze;
- 8) finanšu pieejamības;

- 9) cilvēkresursu pieejamības;
- 10) darba grupas (ām);
- 11) pieredzes apmaiņu platformas (ām) (t.sk., akadēmiskā izglītība);
- 12) un klientiem – gala lietotājiem, kā arī biznesa risinājumiem.

Telpiskā skaitļošana ir ideja un tehnoloģiju kopums, kas pārveidos sabiedrības dzīvi, izprotot fizisko pasauli un savstarpējās attiecības un vietu tajā [29]. Izmantojot datu modeļus un matemātisko aparātu, tiks sniegta iespēja plānot attīstību un reaģēt (pieņemt lēmumus) uz notikumiem lokālā un pasaules mērogos.

1.2. Pasaules pieredze GII īstenošanā

Pasaules pieredze GII īstenošanas procesā iekļaujama plašākā Digitālās Zemes redzējuma kontekstā, un GII var pozicionēt kā galveno veicinošo elementu Digitālās Zemes ieviešanai. Īpašu lomu GII attīstībā ieņem semantiskie jautājumi un tieši semantikas standartizēšanas jeb harmonizēšanas un stiprināšanas loma GII izstrādē un ieviešanā var nodrošināt, ka informāciju varēs pienācīgi izmantot un atkārtoti izmantot jeb “*atkalizmantot*” arī pasaules mērogā [30]. GII attīstību ietekmē arī pasaules daļu GII konceptu difuzija, līdztekus pieaug ar GII saistīto literatūru un pētījumu apjoms [31].

Papildus nepieciešams pieminēt Amerikas OMB 16. apkārtrakstu un tā revīziju [32] un Amerikas ieguldījumu GII attīstībā kopumā. Amerikas Pārvaldības un budžeta birojs savā apkārtrakstā A-16 “*Geotelpiskās informācijas un ar to saistīto ģeotelpisko datu kopu aktivitāšu koordinācija*” [33] paredz uzlabot ģeotelpisko datu kopu izmantošanu un koordināciju starp iesaistītām/ieinteresētajām pusēm, kā arī apraksta efektīvu un ekonomiski pamatotu digitālās telpiskās informācijas izmantošanu un pārvaldību ar mērķi Amerikas federālās valdības un kopumā tautas labklājības celšanai. Tāpat tika standartizētas arī datu tēmas, bet pēc FGDC iniciatīvas un, saskaņojot rīcību ar OMB, tēmas un/vai atbildīgās iestādes var tikt mainītas. Šāds piegājiens ir elastīgāks nekā ES INSPIRE piegājiens, kur tēmas tika standartizētas.

Centralizēta Datu kopu / tēmu NGDA Portfēla ideja ir līdzīga Eiropas INSPIRE idejai ar 34 datu tēmām, bet papildus paredz arī ģeotelpisko datu kopu ražotāja ieinteresētību (investīcijas/subsīdijas) ievērot vadlīniju prasības datu ražošanas procesā (t.sk. sadarbspējas nodrošināšanas procesos).

Būtiska atšķirība no Eiropas un Latvijas GII piegājiem ir tā, ka Amerika mēģina izveidot sadarbspējas uzlabošanas procesu, kurā reizi gadā salīdzinošā pārskatīšanā un konsultācijās tiek pārskatītas datu kopas un to atbilstība Portfēla prasībām un konkrētām tēmām. Uz šo pārskatīšanu balstās rekomendācijas par

starpaģentūru/iestāžu prioritātēm, kas ietekmē arī budžeta veidošanas procesu. Datu kopu portfelis tiek veidots elastīgi, regulāri konsultējoties ar visām iesaistītājām pusēm un veicot korekcijas gan datu tēmu katalogā, gan subsidējamā finansējuma apjomā. Tā ir viena no galvenajām atšķirībām Eiropā realizējamai INSPIRE direktīvai, kur datu tēmas, datu apmaiņu veidi un datu struktūras ir strikti iestrādāti likumdošanas līmenī. NGDA savukārt cenšas nodrošināt starpnozaru koordināciju datu kopu salāgošanai, lai pašas datu kopas efektīvi atbalstītu uz tām balstītos biznesa procesus un, lai datu kopas tiek ražotas visrentablākajā veidā, tai skaitā, ietekmējot valsts budžeta veidošanas procesu [33].

1.3. Sadarbspēja

Attīstot datu apmaiņu mehānismus starp publiskās pārvaldes iestāžu un ES pamata reģistriem, ir jāsaglabā vai jāpilnveido to sadarbspēja, t.sk., semantiskā un tehniskā.

Ideālā gadījumā GII nodrošina piekluvi datiem sadarbspējīgā jeb harmonizētā veidā, t.i., bez īpašas un specifiskas cilvēku vai mašīnu mijiedarbības. Savietojamības mērķi tiek formalizēti savietojamības (datu) specifikācijās, kas atbilst datu produkta specifikāciju struktūrai, kas noteikta EN ISO 19131:2008 standartā [34].

Nemot vērā, ka ir apzināts, izstrādāts un pieejams GII ieviešanas NA regulējums un ir pieejamas detalizētas vienādotas Datu Kopu un Apmaiņu specifikācijas, INSPIRE direktīva un GII īstenošanas aspekti harmoniski iekļaujas EIF konceptuālajā modelī.

Topošais Eiropas sadarbspējas ietvars [20] prezentē Sadarbspējas pārvaldības principus, definējot, ka Integrēto publisko pakalpojumu pārvaldība balstās uz četriem sadarbspējas principiem: Tiesiskā sadarbspēja, Organizatoriskā sadarbspēja, Semantiskā sadarbspēja un Tehniskā sadarbspēja. Semantiskajā sadarbspējā īpašs akcents pievērts saistīto datu tehnoloģijām, kas var palīdzēt atkārtoti izmantot jau uzkrātu informāciju, no viena resursa ierakstiem veidojot saites pie jau eksistējošā resursa konkrētiem ierakstiem, tādiem kā klasifikatoriem – kontrolētām vārdnīcām, kodu sarakstiem un atkārtoti izmantojamiem datu modeļiem. Tehniskā sadarbspēja attiecīnāma gan uz lietojumprogrammu, gan tehnisko resursu sadarbspēju un ietver datu kopu tehniskās specifikācijas, tīmekļa servisu un datu apmaiņu kanālu specifikācijas, bet būtisks šķērslis Tehniskajai sadarbspējai ir mantotās sistēmas. Ieteikts, veidojot Eiropas publiskos pakalpojumus, pēc iespējas vairāk lietot atklātās specifikācijas un standartus, lai nodrošinātu sadarbspēju, t.sk. tehnisko un semantisko sadarbspēju [35].

1.4. Datu apmaiņas tiesiskā sadarbspēja Latvijā

Latvijā divdesmitā gadsimta nogalē starp iestāžu datu apmaiņā paralēli datņu apmaiņai sāka iesaknēties uz tīmekļa servisiem orientēta arhitektūra. Attiecīgi arī Latvijā pakāpeniski tika izstrādāta un ieviesta normatīvo aktu bāze par drošu informācijas apriti internetā. Par pamatu tika paņemts Informācijas atklātības likums [36]; un par fizisko personu datu apstrādi [37], [38], autortiesību [39] un valsts pārvaldes iekārtu [40] likumu komplekts. Atsevišķi tika atrunāta *Kārtība, kādā tiek nodrošināta informācijas un komunikācijas tehnoloģiju sistēmu atbilstība minimālajām drošības prasībām* [41]. Gandrīz uzreiz pēc Latvijas iestāšanās Eiropas Savienībā kā dalībvalstij, Eiropā tika pieņemta un 2007. gadā stājās spēkā INSPIRE direktīva [42], pēc kuras sekoja vairāki Eiropas līmeņa normatīvi [43], t.sk., regulas [44], īstenošanas noteikumi, vadlīnijas un regulējumi Uzraudzības un ziņošanas, Metadatu, Datu specifikāciju, Tīmekļa servisu un Datu un servisu koplietošanas kontekstos. Tāpat kā pārējās Eiropas dalībvalstis Latvija transponēja INSPIRE direktīvu valsts tiesību aktos [45]. Operātīvi tika pieņemti Ministru kabineta rīkojumi par Latvijas ģeotelpiskās informācijas attīstības [46], [47], [48], [49] un vienota ģeotelpiskās informācijas portāla izstrādes [50] koncepcijām ar mērķi noteikt institucionālo sistēmu ģeotelpiskās informācijas jomā, ietverot ģeotelpiskās informācijas (tai skaitā ģeodēzisko un kartogrāfisko pamatdatu) sagatavošanas, izmantošanas, apmaiņas un uzturēšanas nosacījumus. Lai izveidotu ģeotelpiskās informācijas infrastruktūru Latvijas Republikā [24] tika pieņemts un 2009. gadā izsludināts Ģeotelpiskās informācijas likums. Likumā iekļautas tiesību normas, kas izriet no Eiropas Parlamenta un padomes INSPIRE [42], valsts sektora informācijas atkalizmantošanas [51] un vides informācijas pieejamības sabiedrībai [52] direktīvām. Jau saskaņā ar Ģeotelpiskās informācijas likumu 2011. gadā tika pieņemti Ministru kabineta noteikumi par ģeotelpisko datu kopu metadatu obligāto saturu [53], Ģeotelpisko datu kopas izmantošanas noteikumu obligātais saturs un izmantošanas atļaujas saņemšanas kārtība [54]. Valsts vienotā ģeotelpiskās informācijas portāla noteikumi [55] un 2014. gadā Ģeotelpisko pamatdatu informācijas sistēmas noteikumi [56]. Tajā pašā gadā, lai nodrošinātu starpinstitūciju sadarbību ģeotelpiskās informācijas jomas plānošanā un politikas īstenošanā, saskaņā ar Ģeotelpiskās informācijas likumu tika apstiprināta Ģeotelpiskās informācijas koordinācijas padome [57]. Lai mazinātu spekulācijas “*Atvērto datu*” virzienā, INSPIRE direktīvā atsevišķi norādīts, ka dalībvalstis var atļaut publiskām iestādēm, kuras izplata ģeotelpiskās datu kopas, t.sk., kā servisus, licencēt tos un/vai pieprasīt maksu no publiskajām iestādēm vai Eiropas Savienības iestādēm un struktūrām, kuras šos ģeotelpisko datu kopas un pakalpojumus izmanto.

Tabula 1.2. GII īstenošanas atskaites punkti Latvijā

Gads	Atskaites punkts	Virzītājs
1998.	Informācijas atklātības likums	–
2000.	Fizisko personu datu aizsardzības likums (<i>zaudējis spēku</i>)	–
2000.	Autortiesību likums	–
2002.	Valsts pārvaldes iekārtas likums	–
2003.	Direktīva Par valsts sektora informācijas atkalizmantošanu (<i>zaudējis spēku</i>)	–
2003.	Direktīva Par vides informācijas pieejamību sabiedrībai un par Padomes Direktīvas 90/313/EEK atcelšanu	–
2007.	INSPIRE direktīva	–
2007.	MK rīkojums Par Latvijas ģeotelpiskās informācijas attīstības koncepciju (<i>zaudējis spēku</i>)	AM
2007.	MK rīkojums Par koncepciju " <i>Par vienota ģeotelpiskās informācijas portāla izstrādi</i> "	ĪUMEPL
2009.	Ģeotelpiskās informācijas likums	–
2011.	Noteikumi par ģeotelpisko datu kopu metadatu obligāto saturu	AM
2011.	Ģeotelpisko datu kopas izmantošanas noteikumu obligātais saturs un izmantošanas atļaujas saņemšanas kārtība	AM
2011.	Valsts vienotā ģeotelpiskās informācijas portāla noteikumi	VARAM
2013.	MK rīkojums Par Latvijas ģeotelpiskās informācijas attīstības koncepciju	AM
2014.	Ģeotelpisko pamatdatu informācijas sistēmas noteikumi	AM
2014.	MK rīkojums Par Ģeotelpiskās informācijas koordinācijas padomi	AM
2015.	Valsts zemes dienesta maksas pakalpojumu cenrādis un samaksas kārtība	TM
2013.-2018.	Grozījumi MK 2013. gada 28. decembra rīkojumā Nr.686 " <i>Par Latvijas ģeotelpiskās informācijas attīstības koncepciju</i> "	–
2018.	Grozījums Ministru kabineta 2013. gada 28. decembra rīkojumā Nr. 686 " <i>Par Latvijas ģeotelpiskās informācijas attīstības koncepciju</i> "	AM
2018.	Fizisko personu datu apstrādes likums	–
2019.	Direktīva Par atvērtajiem datiem un publiskā sektora informācijas atkalizmantošanu	–
2020.	Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūras maksas pakalpojumu cenrādis un tā piemērošanas kārtība	AM
2021.	Par Digitālās transformācijas pamatnostādnēm 2021.-2027. gadam	VARAM
2021.	Likums " <i>Par valsts budžetu 2022. gadam</i> " (piešķirts finansējums VZD datu publicēšanai atvērto datu veidā)	–

Jebkurām šāda veida maksām vai licencēm jābūt saskaņā ar vispārējo mērķi atvieglot ģeotelpisko datu kopu un pakalpojumu kopīgu izmantošanu starp publiskajām iestādēm. Ja tiek prasīta maksa, to saglabā minimālā līmenī, kas vajadzīgs, lai nodrošinātu ģeotelpisko datu kopu un pakalpojumu kvalitāti un sniegšanu kopā ar pamatotu ienākumu no ieguldījumiem, kur vien piemērojams, ņemot vērā publisko iestāžu, kuras izplata ģeotelpiskās datu kopas, pašfinansēšanas prasības [42]. Līdz ar ko INSPIRE nevar aizliegt ģeotelpisko datu kopu izplatīšanu par samaksu, par ko arī liecina Ministru kabineta noteikumi par Valsts zemes dienesta maksas pakalpojumu cenrādi un samaksas kārtību [58] un Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūras maksas pakalpojumu cenrādis un tā piemērošanas kārtība [59]. Savukārt, 2021. gadā Saeima ir pieņēmusi un prezidents izsludinājis likumu “*Par valsts budžetu 2022. gadam*” [60], kur jau ir paredzēts finansējums VZD uzturamo reģistru (Kadastra, Adrešu), Augstas detalizācijas topogrāfiskās informācijas centrālās datu bāzes un Apgrūtināto teritoriju informācijas sistēmas datu publicēšanai atvērto datu veidā. Kopš 2018. gada janvāra, INSPIRE direktīvas ieviešanas koordinēšanas stafete tika deleģēta Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrijai no Aizsardzības ministrijas [49]. 2021. gada Ministru kabineta līmenī tika atbalstīts vidēja termiņa politikas plānošanas dokuments “*Digitālās transformācijas pamatnostādnes 2021.-2027. gadam*”[61], kur viens no attīstības jomas “*Digitālās prasmes un izglītība*” rīcības virzieniem ir “*Geotelpiskās, vides pārvaldības un attīstības plānošanas digitālā transformācija*”.

Ar tiesisko regulējumu saistītiem Geotelpiskas informācijas infrastruktūras izveides un ieviešanas atskaites punktiem Latvijā var iepazīties *Tabulā 1.2. GII īstenošanas atskaites punkti Latvijā*.

1.5. Datu apmaiņas organizatoriskā sadarbspēja Latvijā

Valsts informācijas resursu, sistēmu un sadarbspējas uzskaitei Latvijā ir izveidota Valsts informācijas resursu, sistēmu un sadarbspējas informācijas sistēma VIRSIS. Savukārt Ģeotelpisko resursu datu kopu un servisu uzskaitei paredzēts Latvijas Ģeotelpisko datu savietotāja Metadatu katalogs.

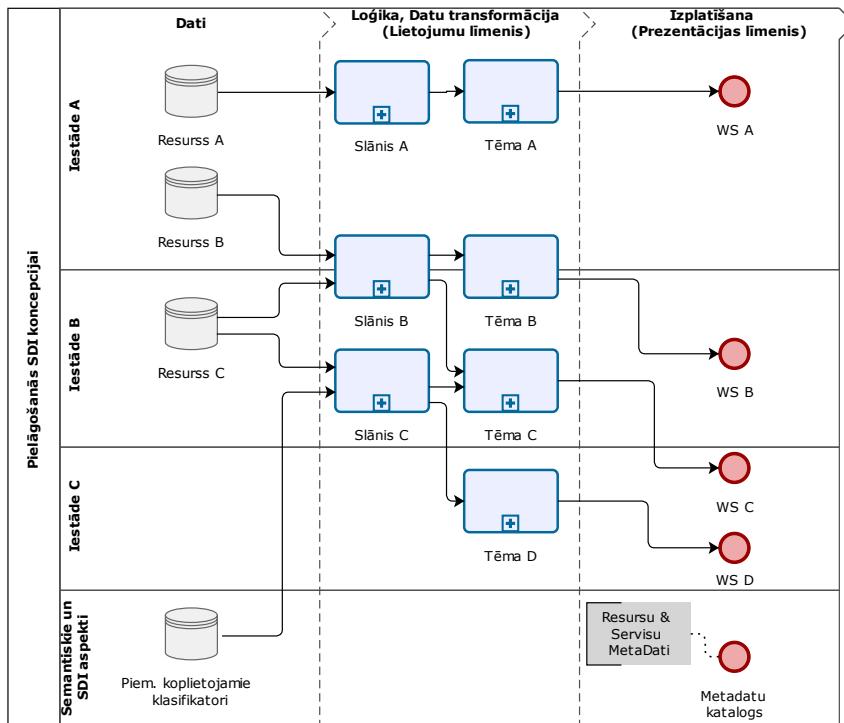
GII koncepcijas pielāgošanās process (skatīt 1.1. att. *Pielāgošanās Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūras koncepcijai*) pakļaujas klasiskai trīs līmeņu lietojumprogrammu arhitektūrai, kur viens no līmeņiem ir:

- 1) *datu līmenis*, kur tiek glabāti ar lietojumprogrammu saistītie avoti dati.
Parasti, lai nenoslogotu datu bāzes, kuras darbojas produkcijas režimā, veido produkcijas datu bāžu klonus, izdalot datus atsevišķā Izplatīšanas vide;
- 2) *datu apstrāde, t.sk., transformācijas* notiek *Lietojumprogrammu līmenī*;

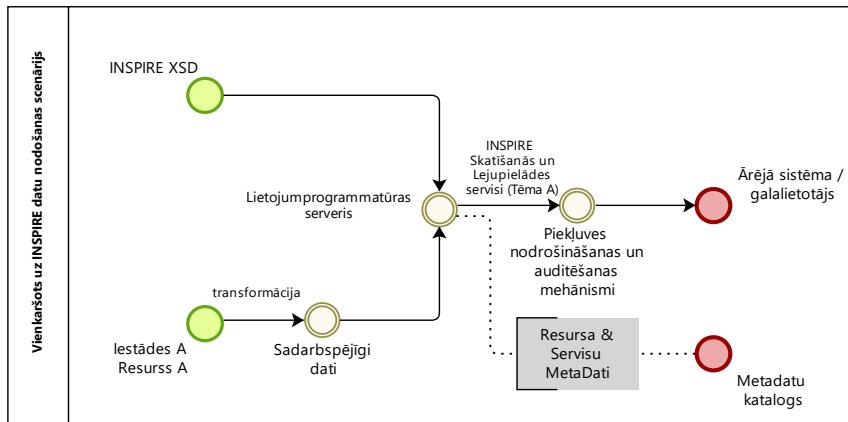
- 3) un *Prezentācijas līmenī* informācijai var piekļūt, izmantojot lietotāja interfeisu vai API līmenī – izgūstot informāciju no tīmekļa servisiem.

GDS Metadatu katalogs šajā gadījumā pilda klasiska SOA trīsstūra funkciju, kur Pakalpojumu sniedzējam serviss ir jāreģistrē Servisu reģistrā (metadatu katalogā), savukārt Lietotājam ir jābūt iespējai atrast informāciju (*INSPIRE kontekstā – meklēšanas servisi*) par šo servisu centralizētajā Servisu reģistrā jeb metadatu katalogā un izmantot/izsaukt šo servisu no Pakalpojuma sniedzēja infrastruktūras, nepieciešamības gadījumā vienojoties par piekļuvēs rekvizītiem un izmantošanas nosacījumiem. Piemēram, Amerikā arī ir savs metadatu katalogs, kas saucas *National Spatial Data Clearinghouse* un tas nodrošina lietotājiem piekļuvi ne tikai metadatiem, bet arī telpiskajiem datiem [62]. Saskaņā ar OMB A-16 apkārtrakstu [32], visiem ASV federālo aģentūru savāktajiem telpiskajiem datiem, vēlams, jābūt pieejamiem caur federālo *Clearinghouse*.

Izskaņāsim trivālo variantu, kad datu devējs atbild gan par Resursu, gan par Tēmu, gan par izplatīšanas servisu izveidi. Lai vienkāršotu piemēru, tiek



1.1. att. Pielāgošanās Geotelpiskās informācijas infrastruktūras koncepcijai



1.2. att. Vienkāršots, uz INSPIRE procesiem balstīts, datu nodošanas scenārijs

pieņemts, ka hipotētiski tiks apskafīta INSPIRE Tēma – Administratīvās vienības (4.tēma [47]). Attēlā ar nosaukumu “1.1. att. Pielāgošanās Geotelpiskās informācijas infrastruktūras koncepcijai” būs scenārijs “A”. Iestāde A > Resurss A > Slānis A > Tēma A > un Tīmekļa serviss A. Vienkāršots uz INSPIRE datu nodošanas scenārijs aprakstīts 1.2. att. *Vienkāršots, uz INSPIRE procesiem balstīts, datu nodošanas scenārijs*. Iestāde no savas izplatīšanas vides sagatavo datu komplektu nodošanai uz INSPIRE, bet datu pirmssapstrāde un sagatavošana jeb transformācija notiek atbilstoši nodaļā *Transformēšanas pakalpojumi* aprakstītajam. Rezultātā tiek iegūti sadarbspējīgi jeb ar INSPIRE semantiku harmonizēti dati, kurus ir iespējams pieslēgt kādam standarta lietojumprogrammatūras serverim kā datu avotu, piemēram, *degree*, *GeoServer*, *ArcGIS server*, un *tml*. Standarta lietojumprogrammatūras serveris nolasīs formāli korektu un atbilstoši norādītajai INSPIRE Tēmai datu struktūru no INSPIRE XML Shēmu (XSD) [63] krātuves un serializēs sadarbspējīgus datus atbilstoši shēmai. Rezultātā tiks iegūti vismaz divi, atbilstoši norādītajai INSPIRE Tēmai, servisi, piemēram, Tēmas A INSPIRE Lejupielādes serviss un Tēmas A INSPIRE Skatīšanās serviss. INSPIRE Skatīšanās servisu attēlojums parasti tiek konfigurēts manuāli lietojumprogrammatūras servera līmenī vai izmantojot OGC standarta SLD tehniku, savukārt Resursa un Servisu metadati manuāli tiek reģistrēti ĶDS Metadatu katalogā. Vai pastāv iespēja saintegrēt rasiošanas procesus rasiošanas kēdē (skatīt 1.3. att. *Rasiošanas kēdes piemērs*) un iedarbināt metadatu rasiošanu uz ĶDS Metadatu katalogu no kāda lokāla metadatu kataloga. Piemēram, iespējot metadatu rasiošanu uz ĶDS Metadatu kataloga no Centrālās statistikas pārvaldes ģeotelpisko metadatu kataloga (<https://inspire.stat.gov.lv/pycsw/>).

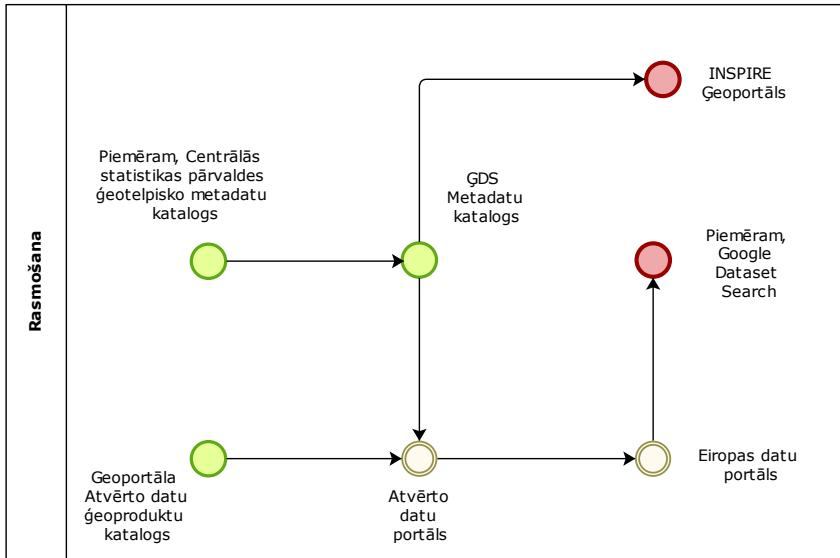
1.6. Datu apmaiņas semantiskā sadarbspēja Latvijā

Semantiskā sadarbspēja tiek panākta ar standartizētu Vārdnīcu, Kodu sarakstu, Glosāriju un Identifikatoru izmantošanu, ko nodrošina apakšnodaļā “1.4.” uzskaitītie mehānismi.

Papildus šo sadarbspēju var nodrošināt arī tādas tendences kā informācijas atkalizmantošana (t.sk., *Rasmošana*), saistītie dati un atvērtie dati.

Eiropā un pasaulei aktīvi tiek diskutēts un attīstāms datu pieejamības jautājums. Informācijas atvēršana var interesēt, piemēram, žurnālistus un pētniekus, rezultātā sabiedrībā var iegūt caurskatāmāku un uz faktiem ar zināmu izceļsmi balstītu informāciju. Kā arī, pateicoties sabiedrības reakcijai, piemēram, uz datu kvalitāti vai saturu, atvērto datu kopu kopējā kvalitāte var uzlaboties. Atvērto datu plaša pieejamība var veicināt arī uzņēmējus jaunu produktu jeb pakalpojumu izveidē, kā arī iestādēm būs iespēja nodrošināt efektīvāku uz faktiem orientētu lēmumu pieņemšanu, t.sk. teritorijas plānošanā un resursu pārvaldībā.

Iepriekš minētajā uzskaitījumā ir skaidri redzama paralēle ar INSPIRE resursiem, kur formāts ir mašīnlasāms un atvērts, objektiem un atribūtiem tiek piešķirti unikālie identifikatori un objekti/atribūti ir saistīti ar objektiem/atribūtiem no citām INSPIRE tēmām un vārdnīcām. Vienīgi INSPIRE



1.3. att. Rasmošanas kēdes piemērs

neparedz, ka pašiem datiem obligāti ir jābūt ar vienu no “*Atvērtajām*” licencēm. Latvijas gadījumā Atvērto datu portālā 2022. gada sākumā ir pieejamas tikai divas licences (*CC0 1.0 un CC-BY-4.0 (VZD gadījums)*) [64], populārākā licence ir “*CC0 1.0 Universāls*” [65]. Savukārt Eiropas Atvērto datu portālā tika pielietotas virkne ar “*Atvērto datu*” licencēm [66], kur dažas neparedz komerciālo izmantošanu, bet oprojām uzskaitāmas par “*Atvērto datu*” licencēm.

Latvijā, atbilstoši kārtībai, kādā iestādes ievieto informāciju internetā [67], iestādes tās rīcībā esošos atvērtos datus mašīnlasāmā formā kopā ar metadatiem vai tikai datu kopas metadatus publicē Latvijas Atvērto datu portālā (<https://data.gov.lv>), savukārt atvērtos ģeotelpiskos datus publicē valsts vienotajā Ģeotelpiskās informācijas portālā (<https://geolatvija.lv>).

Pēc analogijas ar tīmekļa vietņu satura automatizētu vākšanu [68], INSPIRE Geoportāls [69] un Oficiālais Eiropas datu portāls [70] veic Latvijas GDS Metadatu kataloga [15], [16], Geoportāla Atvērto datu ģeoproduktu [71] un Atvērto datu portāla datu kopu un resursu metadatu [72] rasiošanu. Servisu reģistri rasio informāciju no citiem Servisu reģistriem, veidojot rasiošanas kēdes (skatīt 1.3. att. *Rasiošanas kēdes piemērs*). Savukārt INSPIRE Geoportāls un Eiropas datu portāls var tikt izmantoti kā centralizētie informācijas iegūšanas punkti ārējiem risinājumiem. Piemēram, *Google* risinājums *Dataset Search* [73] izmanto Eiropas datu portālu kā datu avotu, līdz ar ko risinājumam ir pieejami arī Latvijas Atvērto datu portāla kataloga ieraksti.

1.7. Tehniskā sadarbspēja

Tehniskā sadarbspēja tiek panākta ar standartizētu uz OGC bāzes veidojamu 1) Skatīšanās (WMS), 2) Lejupielādes (piemēram, WFS) un 3) Meklēšanas (CSW/*Discovery*) servisu komplektu, Latvijas un Eiropas gadījumā papildinātu ar specifiskām prasībām.

Lai nodrošinātu tehnisku savietojamību jeb sadarbspēju, plānojot jaunas informācijas sistēmas un informācijas uzkrāšanas mehānismus, pieturas pie nozarē definētiem standartiem un vadlīnijām vai/un tiesiskajam regulējumam, piemēram, Ministru kabineta noteikumiem. Gadījumos, kad būvējot jaunu informācijas sistēmu, nav plānots pārbūvēt informācijas uzkrāšanas mehānismu, bet izplatīšanas nolūkiem esošais formāts neder, būvē jaunu datu izplatīšanas krātuvi, kurai būs jāatbilst topošās sistēmas semantiskām un veikspēju prasībām. Lai nodrošinātu saikni starp datu uzkrāšanas un datu izplatīšanas procesiem, būvē specifiskas datu transformācijas kēdes, kuras ļauj gan pārstrukturēt informāciju, gan nomainīt datu koplietošanas veidu jeb formātu. Viens no klasiskiem piemēriem ir CSV datnes ar koordinātēm gan formāta, gan struktūras transformācija un saglabāšana datu bāzes tabulā ar punktveida ģeometrijas

objektiem. Kā labu sadarbspējas piemēru Tehniskai un Tiesiskai sadarbspējai var minēt Ministru kabineta noteikumus par Apgrūtināto teritoriju informācijas sistēmas izveidi un uzturēšanu un apgrūtināto teritoriju un nekustamā īpašuma objekta apgrūtinājumu klasifikatoru [74], kas satur kvalitatīvi sagatavotos tehniskos pielikumus. Piemēram, Apgrūtināto teritoriju informācijas sistēmas objektu klasifikators satur objektu identifikatorus/kodus, nosaukumus un elementu (promocijas darbā “*elementu*” vietā pielietots termins Telpiskās iezīmes tips) tipu (punkts, līnija vai daudzstūris).

Savukārt datu un struktūras pārveidošana, saglabājot galvenos datu aspektus un pielāgojot datu modeli, satura elementus, aprakstošos elementus, koordinātu sistēmu un datu tipus, saucas par datu transformāciju. Veikt datu transformāciju var vairākos līmenos: datu bāzes līmenī, skriptu līmenī un pielietojot specifisku programmatūru. Lai nodrošinātu optimālāku veikspēju, pielieto transformācijas datu bāzes līmenī. Mērenu veikspēju un elastīgumu var panākt ar transformācijām skriptu līmenī. Savukārt, lai nodrošinātu maksimālo elastīgumu 1) datu, 2) struktūru un 3) formāta transformēšanai, bieži vien, pielieto specifisku maksas ETL programmatūru.

1.8. Nodaļas kopsavilkums

Nodaļā tiek iepazīstināts ar GII termina tvērumu. Apkopota un analizēta informācija par termina izcelsmi, nemot vērā arī pasaules pieredzi. Konstatēts, ka GII sekmīga realizācija ir atkarīga ne tikai no tehniskiem aspektiem, bet ietekmēta arī no datu savietojamības/harmonizācijas jeb sadarbspējas aspektiem – tādiem kā Tehniskā, Tiesiskā, Organizatoriskā un Semantiskā sadarbspēja. Secināts, ka GII ietver, t.sk., pieredzes apmaiņas platformas, kur atsevišķa loma paredzēta arī akadēmiskajai izglītībai.

GII kontekstā tika analizēti un apkopoti Latvijas normatīvie akti, sastādīta pārskattabula (*Tabula 1.2.*) ar īstenošanas atskaites punktiem Latvijā. Tika uzprojektēti universālie procesi: GII koncepcijas pielāgošanās process (*1.1. att.*) un Vienkāršots, uz INSPIRE procesiem balstīts, datu nodošanas scenārijs (*1.2. att.*). Tāpat tika analizēti semantiskie aspekti un GII Latvijas segmenta uzbūve, raksturots rasmošanas process (*1.3. att.*), kā arī analizētas ģeotelpisko datu kopu transformācijas metodes.

Pieskaroties Izplūdušo logiku tēmai, akcentēts, ka uz zināšanām balstīta pieja nozīmē metodisku mēģinājumu aizvietot trūkstošās algoritmiskās procedūras, izmantojot cilvēku zināšanu izmantošanu. Tādējādi pat daļēji izpildītie nosacījumi izraisa daļēji izpildītus secinājumus. Tāpēc tiek dota iespēja apsvērt nenoteiktas informācijas un starpnozaru zināšanas sistēmu modelēšanā.

Salīdzinot lielākos spēlētājus GII īstenošanā, konstatēts, ka būtiskākā atšķirība starp Eiropas un Amerikas piegājiņiem ir tā, ka Amerikas piegājiens paredz arī ģeotelpisko datu kopu ražotāja ieinteresētību (investīcijas/subsīdijas). Pretstatā Eiropas piegājiņam, kur iekļaujamo datu kopu tvērums ir noteikts (34 tēmas), piedefinēts un neparedz centralizēto finansējumu no budžetiem (iespējams tikai finansējums projektu līmenī), Amerikas datu kopu portfelja centralizēta pārvaldība ir aktīvs izsekošanas, uzturēšanas, paplašināšanas un harmonizēšanas process ar globālu mērķi/misiju atpazīst un risināt problēmas, pozitīvi ietekmējot arī uzņēmumu biznesa vajadzības.

Būtiska atšķirība no Eiropas un Latvijas GII piegājiņiem ir tā, ka Amerika mēģina izveidot sadarbspējas uzlabošanas procesu, kurā reizi gadā salīdzinošā pārskatīšanā un konsultācijās tiek pārskatītas datu kopas un to atbilstība Portfelja prasībām un konkrētām tēmām. Uz šo pārskatīšanu balstās rekomendācijas par starpaģentūru/iestāžu prioritātēm, kas ietekmē arī budžeta veidošanas procesu. Datu kopu portfelis tiek veidots elastīgi, regulāri konsultējoties ar visām iesaistītājām pusēm un veicot korekcijas gan datu tēmu katalogā, gan subsidējamā finansējuma apjomā. Attīstot Latvijas Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūru, t.sk., attīstības stratēģijas izstrādes posmos, nepieciešams paredzēt, ka GII attīstības stratēģija (MK rīkojuma Nr.490 no 2021. gada "Par Digitālās transformācijas pamatnostādnēm 2021.-2027. gadam" [61] kontekstā), rīcības virzieni un informācijas uzturēšanas un izplatīšanas principi drīkst būt elastīgi un regulāri pārskatāmi (līdzīgi kā Agile), nevis monumentāli iestrādāti normatīvajos aktos, kur pārskatīšanas periods jeb iterācijas garums nav garāks par vienu gadu jeb korelē ar valsts budžeta ciklu.

2. GII REALIZĀCIJA UN PIELIETOŠANAS RISINĀJUMI

Nodaļā tiek apskatīts Latvijas GDS metadatu kataloga saturs un sagatavots pārskats par iekļautajām datu kopām, servisiem un datiem. Tāpat tiek uzskaitīti GII īstenošanas novērtēšanas mehānismi un raksturota Telpisko lejupielādes servisu informācijas iegūšanas tehnika un algoritms apjomīgai informācijas iegūšanai porcijsās, kā arī piedāvāta konceptuāla arhitektūra Informācijas sistēmai par teritorijas attīstības plānošanu.

2.1. Īstenošanas novērtēšana

Prasības pēc GII īstenošanas novērtēšanas gadu gaitā ir mainījušās. GII izstrādes sākumposmā novērtēšanas prasības nebija skaidri formulētas un vērtēšanas aktivitātes šajā periodā sākās, galvenokārt, kā akadēmisks uzdevums,

un tās vadīja zinātkāre. Vēlāk, pieaugot valdības amatpersonu un politikas veidotāju uzmanībai GII, mainījās arī prasības īstenošanas novērtējumam un tika definēts, ka ir nepieciešami oficiāli progresu ziņojumi par ieviešanu un izmantošanu. Citiem vārdiem sakot, var novērot pāreju no intuitīvāka uz racionālāku GII novērtējumu. Akadēmiskajām aprindām ir izaicinājums sekot mainīgajām vērtēšanas prasībām, izstrādājot zinātniski pamatotas un ar politiku saistītas novērtēšanas pieejas [75].

Kā GII īstenošanas novērtēšanas rādītājus var izmantot:

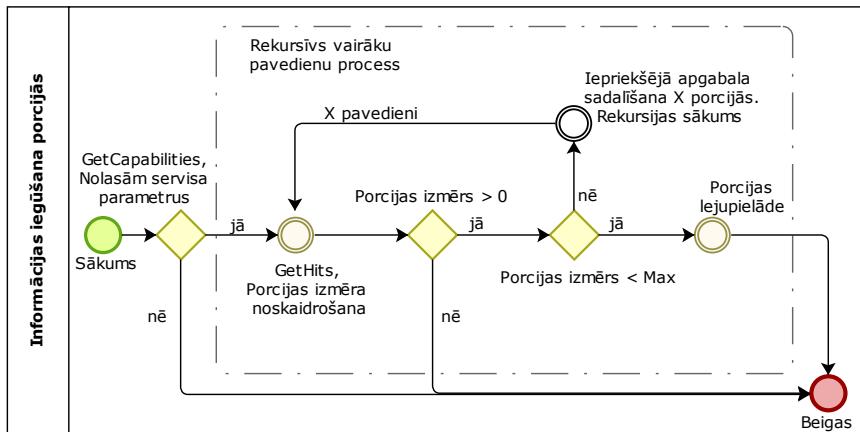
- 1) reizi gadā iesniedzamus ieviešanas indikatorus [75];
- 2) reizi trīs gados iesniedzamas atskaites [75];
- 3) pārskatus [76].

Nepieciešams saprast, ka INSPIRE ieviešana ir laiktilpīgs un resursus patēriņošs process, kas jāveic sistemātiski, pastāvīgi un cikliski. Tā kā jebkurš programmatūras atjauninājums vai datu specifikācijas izmaiņas var ietekmēt visus GII komponentus, nepieciešams ķemt vērā, ka, jo vairāk elementu ir GII, jo stingrāk ir jaievēro standarti un īstenošanas noteikumi.

2.2. Telpisko lejupielādes servisu filtrēšanas tehnikas pielietošana

No laikiem, kad INSPIRE direktīva tika publicēta, telpiskos tīmekļa servisus (t.sk., WFS un WMS) iesaka izmantot arī datu apmaiņai starp informāciju sistēmām un klientservera risinājumos. Lai nodrošinātu, ka Eiropas dalībvalstu Geotelpiskās informācijas infrastruktūra ir savietojama un izmantojama Eiropas kopienā, t.sk., pārrobežu kontekstā, INSPIRE direktīvas īstenošanai ir nepieciešams, lai katru no dalībvalsts adoptētu INSPIRE Kopīgos īstenošanas noteikumus vairākās jomās – tādās kā Metadati, Datu specifikācijas, Tīmekļa servisi, Datu un pakalpojumu koplietošanas, uzraudzība un ziņošana. OGC Īstenošanas Specifikācija paredz telpiskas informācijas transportēšanu, izmantojot XML kodēta OGC GML veidā. WFS nodrošina iespēju saņemt informāciju par ģeotelpiskiem objektiem arī GML – mašīnasāma veidā. Lai apietu tehniskos ierobežojumus masīvo datu kopu lejupielādes procesā, ir iespējams dalīt lielas datu kopas porcijās, katrai vaicājumu pēc datiem sūtot tikai pēc porcijas, nevis pēc visas datu kopas. Šo dalīšanu porcijās ir iespējams organizēt, izmantojot telpisko vai parametrisko filtrēšanas piegājienu.

Galvenā priekšrocība starp WFS un pārējiem standartizētiem datu apmaiņu risinājumiem tādiem kā datu apmaiņa, izmantojot Datņu transportēšanas protokolu (FTP) vai datu kopēšanu, izmantojot fiziskās datu kopēšanas ierīces, piemēram, optiski diski vai USB ir spēja, izmantojot WFS protokolu pieklūt pie



2.1. att. **Informācijas iegūšana porcijās**

katra telpiskā objekta atsevišķi – 1) gan nolasīt informāciju, 2) gan atrast objektu, 3) gan modifīcēt un tas viss ir iespējams – tiesīsaistes režīmā. Vēl viena priekšrocība ir tā, ka ir iespējams ieintegrēt tīmekļa servisus biznesa procesos, ko īsteno kā posmu lielos procesos vai soli GIS lietojumprogrammās. Kā norāda Bejars R. un citi – profesionālie lietotāji var gūt lielāku ieguvumu no tīmekļa servisiem, kas nodrošina piekļuvi pie lielām datu kopām, jo īpaši, ja tie tiek regulāri atjaunināti [77]. Pie SOA priekšrocībām var arī pieskaitīt faktu, ka jau vienreiz kādam nolūkam savākta informācija varētu būt derīga arī pavisam savādākiem mērķiem, kā arī informācijai tiks nodrošināta piekļuve un tā varētu būt plaši izmantota visos līmeņos – gan valsts pārvaldē, gan komerciāliem nolūkiem privātajā sektorā [78].

Lejupielādes servisu gadījumā, informācija parasti tiek serializēta GML veidā, kas satur lielu atkārtojamu informācijas apjomu (*tagus*), kura apraksta informācijas struktūru. Un, ja ir nepieciešams lejupielādēt veselu datu kopu, kas bieži vien satur ievērojamu informācijas apjomu, lai izvairītos no serveru avārijām vai telekomunikāciju pakalpojumu sniedzēja tīkla pārslogojumiem, ir nepieciešams dalīt lejupielādējamo informācijas apjomu porcijās. Un, lai lejupielādētu veselu datu kopu, ir nepieciešams iteratīvi sūtīt vaicājumus pēc objektu porcijām un porcijas veidot, balstoties uz telpiskām vai atributīvām objektu īpašībām (skatīt 2.1. att. *Informācijas iegūšana porcijās* un *apakšnodāļu 2.2. Telpisko lejupielādes servisu filtrešanas tehnikas pielietošana*). Arī Li W. un citi norādīja uz faktu, ka WFS ļauj piekļūt aktuāliem datiem, bet tas ġenerē lielu atkārtojamu informācijas apjomu, veicot ģeotelpisko un atribūtu datu serializāciju [79].

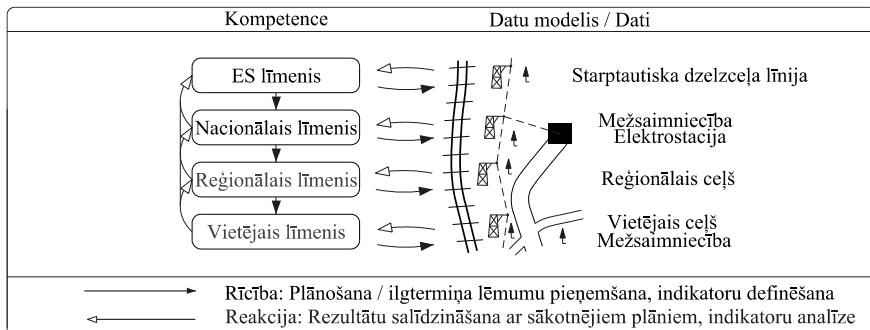
2.3. IS arhitektūra teritorijas attīstības plānošanai

Apakšnodaļas mērķis ir aprakstīt 1) informācijas sistēmas arhitektūras modeli ilgtspējīgai teritorijas attīstības plānošanai un operatīvai lēmumu pieņemšanai, pielietojot GII paņēmienus un 2) procesa modeli ilgtspējīgai teritorijas attīstības plānošanai un operatīvai lēmumu pieņemšanai. Rezultātā teritorijas attīstības plānošanas un zemes konsolidācijas speciālisti, veidojot teritorijas attīstības plānošanas dokumentus, kā arī operatīvie dienesti un īpašuma apdrošinātāji varēs piemērot šo arhitektūras un procesa modeli gan plānošanai, gan lēmumu pieņemšanai, ieskaitot tādus uzdevumus kā zemes kadastrālās vērtības maksimizēšana saskaņā ar kadastrālās vērtēšanas metodiku un operatīvai sekū mazināšanai krīzes gadījumos. Monetārs piegājiens izvelēts tāpēc, ka lielākā daļa cilvēku saprot vērtības, kas izteiktais naudas vienībās, tas bieži vien ir ērts kopsaucējs, lai izteiktu citu kapitāla veidu, tostarp dabas kapitāla, relatīvo ieguldījumu [80].

Ir pieejami daudzi rīki, kas kā datu avotu izmanto informāciju, kas nav iegūta no valsts reģistriem vai pieejama bezsaistes režīmā, bet augstāka attīstības perspektīva ir rīkiem, kuri tiešsaistes datu ievadišanai var izmantot oficiālos ES dalībvalstu datu reģistrus. Perspektīvākie rīki datu tiešsaistes ievadišanai izmanto standartizētas datu kopas, piemēram datu kopas, atbilstoši INSPIRE tēmām. Tas ļauj veidot milzīgus modeļus visai ES teritorijai, izmantojot vienotu datu specifikāciju un viegli piemērojamu katrā no ES valstīm.

Eiropas Komisijas tehniskajā ziņojumā “*Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*” uzmanība tika pievērsta klasifikācijai un GII tehnoloģijām. Atzīsts, ka izmantojot GII var veikt efektīvu telpisko analīzi [81], t.sk., plānošanai un lēmumu pieņemšanai.

Zemes pārvaldības uzdevumi ir pārvaldīt un kontrolēt zemes apsaimniekošanas procesu (kā fiziskas parādības un kā īpašumu) un plānot zemes



2.2. att. Dalītā lēmumu pieņemšana ilgtspējīgā teritorijas pārvaldībā

attīstību [82]. Pastāv šādas zemes attīstības plānošanas koncepcijas: ilgtspējīga attīstība, sociāli orientēta attīstība un uz tirgu orientēta attīstība. Visas plānošanas koncepcijas darbojas labi tikai tad, ja ir skaidri definēti attīstības mērķi – katrā plānošanas iterācijā pašreizējā situācija tiek saīdzināta ar iepriekš noteiktiem rādītājiem, tādējādi ļaujot pieņemt lēmumus, lai labotu tendencies. Var iedalīt šādus attīstības līmenus: ES, valsts, reģionālo un pašvaldību līmeni (skatīt 2.2. att. *Dalītā lēmumu pieņemšana ilgtspējīgā teritorijas pārvaldībā*). Kā izņēmumu var minēt arī teritorijas attīstības projektus zemes vienību līmeni – lokāplānojumus. Būtībā ilgtspējīgas attīstības koncepciju vispirms pieņem valsts līmenī un pakāpeniski īsteno arī reģionālā un pašvaldību līmenī. 2.2. att. *Dalītā lēmumu pieņemšana ilgtspējīgā teritorijas pārvaldībā* parādīta ilgtspējīgas zemes apsaimniekošanas pīeja dažādos pārvaldības līmeņos, kur atgriezeniskā saite tiek īstenota visos attīstības līmeņos un šis process iet pa spirāli.

INSPIRE direktīva paredz plašu saskaņotu/harmonizētu jeb sadarbspējīgu datu klāstu pīejamību, kas var kļūt par brīnišķīgu standartizētu ievaddatu komplektu jebkuram risinājumam, kur ir nepieciešama ticama informācija ar zināmu izcelsmi par plašām teritorijām un standartizētā veidā. Lai definētu automatizētu zemes apsaimniekošanas procesa modeli un informācijas sistēmas arhitektūras modeli ilgtspējīgai teritorijas attīstības plānošanai un operatīvai lēmumu pieņemšanai, skaidri ir jāsaprot, ar kādiem ievades/izvades datiem vajadzēs strādāt. Ir skaidrs, ka datu specifikācijas valstīs un organizācijās var atšķirties. Optimālākajā gadījumā ar datu kopām, iekļautām INSPIRE tēmās, vajadzētu pīektīt pie nosacījuma, ka datu kopas eksistē, atbilst INSPIRE prasībām un izplatās bez kādiem specifiskiem ierobežojošiem nosacījumiem.

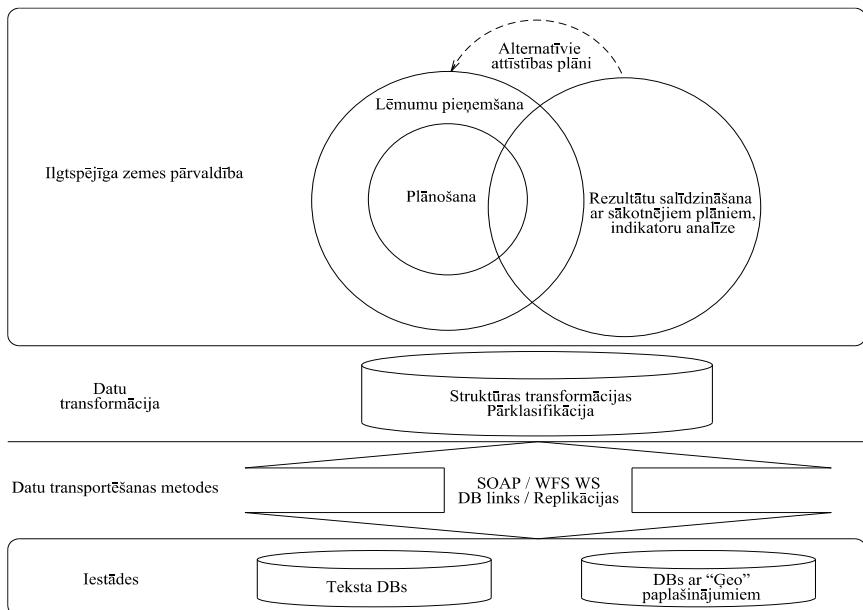
Papildus, ņemot vērā, ka pamatdatu vienība var būt zemes vienība un informācija par zemi, tika analizēts Zemes pārvaldības domēna modelis [83]. Izrādījās, ka daži objektu tipi nav iekļauti standartā, piemēram tādi kā zemes novērtēšanas dati, zemes izmantošanas dati un zemes virsmas seguma dati. Pamatojoties uz to, tika pieņemts lēmums neizskaitīt šo standartu par pamatu automatizēta zemes apsaimniekošanas procesa modeļa izveidei. Arhitektūra un procesa modeļi balstās gan uz INSPIRE direktīvu, gan klasisko pīeju, piemēram, uz SOAP servisiem, DB replikācijām, lai pieķīlūtu datu devēju neharmonizētiem jeb nesadarbspējīgiem (standartizēti tikai iestādes robežās) datiem.

Izstrādāts IS arhitektūras modelis (skatīt 2.3. att. *IS arhitektūras modelis ilgtspējīgai teritorijas attīstības plānošanai un operatīvai lēmumu pieņemšanai*) sniedz iespēju strādāt ar Nacionālo kartēšanas un kadastra aģentūru un citu datu turētāju tekstu un telpiskajiem datiem. Datu apmaiņa tiek nodrošināta, izmantojot 1) DB saites un DB replikācijas lielām datu kopām un WFS ģeotelpisko datu kopām un 2) SOAP/RESTful servisus teksta datu apmaiņai. Lai padarītu datus savstarpejī izmantojamus, paredzēts visaptveroš datu transformācijas un pārklassifikācijas modelis, kurā tiks salāgoti jeb harmonizēti dati no

neharmonizētām datu kopām, lai varētu veikt datu apstrādi harmonizētā vidē. Nedrīkst par zemu novērtēt datu pārveidošanas, savietojamības jeb sadarbspējas problēmu, jo, pārsvarā vienmēr šo problēmu nevar atrisināt, izmantojot tikai tehniskus līdzekļus. Piemēram, var būt nepieciešama normatīvo aktu saskaņošana / harmonizācija jeb sadarbspēja. Detalizētāk problēma aprakstīta nodaļā 1.3. *Sadarbspēja*.

Lai nodrošinātu teritorijas attīstību “*ilgtspējīguma*” kontekstā, vienkāršots racionālas plānošanas modelis tiek adoptēts bezgalīgā ciklā. Cikla soli: 1) datu vākšana, 2) datu analīze (plānošanas vai lēmumu pieņemšanas procesā), 3) nākotnes prognozēšana (plānošana), mērķu noteikšana (plānošana), alternatīvu izstrāde (plānošana), 4) novērtēšana, rādītāju pārbaude, salīdzināšana ar iepriekš noteiktiem mērķiem, un 5) reakcija uz tendencēm. Pēc nepieciešamības notiek cikla atkārtošana, 1. solī izmantojot 3.solī definēto alternatīvo scenāriju.

Zemes pārvaldības uzdevumi ir pārvaldīt un kontrolēt zemes apsaimniekošanas procesu (kā fiziskas parādības un īpašumu) un plānot zemes attīstību. Šo uzdevumu īstenošanai var izmantot daudzas pieejas, tālredzīgākā ir ilgtspējīgas attīstības konцепcija, kurā atkarībā no mērķiem vienmēr ir iespējams



2.3. att. IS arhitektūras modelis ilgtspējīgai teritorijas attīstības plānošanai un operatīvai lēmumu pieņemšanai

pieņemt lēmumus (vai plānot izmaiņas), lai labotu attīstības tendencies. Speciāli, lai tuvinātu šo uzdevumu automatizētu īstenošanu, darbā tika definēta IS arhitektūra zemes attīstībai (skatīt 2.3. att. *IS arhitektūras modelis ilgtspējīgai teritorijas attīstības plānošanai un operatīvai lēmumu pieņemšanai*). IS arhitektūra ir vērsta uz sadarbspējīgu datu (piemēram, INSPIRE datu kopu) izmantošanu, bet ne tikai. Trauslā arhitektūras vieta ir datu transformēšanas modulis, jo dažām datu kopām sadarbspējas vai datu pārklasificēšanas problēmu nevar atrisināt, izmantojot tikai tehniskus līdzekļus, piemēram, var būt nepieciešama arī klasifikācija vai normatīvo aktu pielāgošana. Lai īstenotu IS arhitektūru zemes attīstībai, tika izstrādāts automatizēts vispārējs procesu modelis zemes apsaimniekošanai. Procesa modelis izmanto modernās informācijas tehnoloģijas un nodrošina regulāras un neregulāras izpildes iespējas. Regulārais process ir orientēts uz veselo datu kopu reģistru līmenī apstrādi plānošanas nolūkos, savukārt neregulārais process ir orientēts uz interaktīvu vai pēc pieprasījuma – tiešsaistes lēmumu pieņemšanu un nodrošina iespēju darboties ar datiem objektu līmenī, kas var būt noderīgi ārkārtas situācijās un nelielām teritorijām.

Gan arhitektūras, gan neregulāra procesa modeli ir orientēti uz GII pielietošanu.

2.4. Nodaļas kopsavilkums

Nodaļā tiek iepazīstināts ar GII īstenošanas un īstenošanas novērtēšanas mehānišmiem. Tieki analizēti un sagatavoti pārskati par metadatiem, datiem un GII metožu pielietošanas veikspēju. Izstrādāti procesu un arhitektūras modeļi informācijas sistēmai par teritorijas attīstības plānošanu. Tai skaitā tika izstrādāts Procesa modelis ilgtspējīgai teritorijas attīstības plānošanai un operatīvai lēmumu pieņemšanai, kur regulārais process ir orientēts uz datu apstrādi datu kopu/reģistru līmenī plānošanas nolūkos, savukārt neregulārais process ir orientēts uz interaktīvu vai pēc pieprasījuma – tiešsaistes lēmumu pieņemšanu un nodrošina iespēju darboties ar datiem objektu līmenī, kas var būt noderīgi ārkārtas situācijās un nelielām teritorijām. Piemēram, neregulārs process var palīdzēt operatīvai lēmumu pieņemšanai krīzes situāciju gadījumos, tiešsaistes režīmā un teritoriāli nelielā apgabalā (lai nepārslogotu sistēmu, SOA gadījums).

Izstrādāts rekursīvs algoritms Geotelpisko datu kopu lejupielādei no Geotelpisko datu kopu lejupielādes servisiem (2.1. att.).

Secināts, ka INSPIRE ieviešana ir laiktilpīgs un resursus patērējošs process, kas jāveic sistemātiski, pastāvīgi un cikliski, savukārt GII īstenošana ir ilgtermiņa (bezgalīgs) ciklisks process.

Tā kā jebkurš programmatūras atjauninājums vai datu specifikācijas izmaiņas var ietekmēt visus GII komponentus, nepieciešams ļemt vērā, ka, jo vairāk elementu ir GII, jo stingrāk ir jāievēro standarti un īstenošanas noteikumi.

Nemot vērā, ka gatavojoš tīmekļa servisu Programmatūras projektējuma aprakstus, palielinās programmatūras projektējuma apjoms un sarežģītība, atsevišķam lietotājam noderīgas informācijas apjoms samazināsies un nepieciešamo informāciju no PPA būs grūti vai neiespējami izvilkst un apgūt. Un, ka nepieciešamās projektējuma informācijas praktiskā organizēšana ir būtiska tās lietošanai [84], tiek secināts, ka OGC standartu, piemēram, GetCapabilities un Describe Feature Type pašaprakstītās metodes (tāpat kā jebkuri citi pašaprakstītie tīmekļa serviisi un to metodes), uzskatāmi par labu piemēru projektējuma informācijas praktiskā organizēšanā un PPA šāda veida tīmekļa servisiem papildus nav nepieciešams.

Secināts, ka nedrīkst par zemu novērtēt datu pārveidošanas, savietojamības jeb sadarbspējas problēmu, jo, pārsvarā vienmēr šo problēmu nevar atrisināt, izmantojot tikai tehniskus līdzekļus. Piemēram, var būt nepieciešama normatīvo aktu saskaņošana vai dati var būt semantiski nesavietojami.

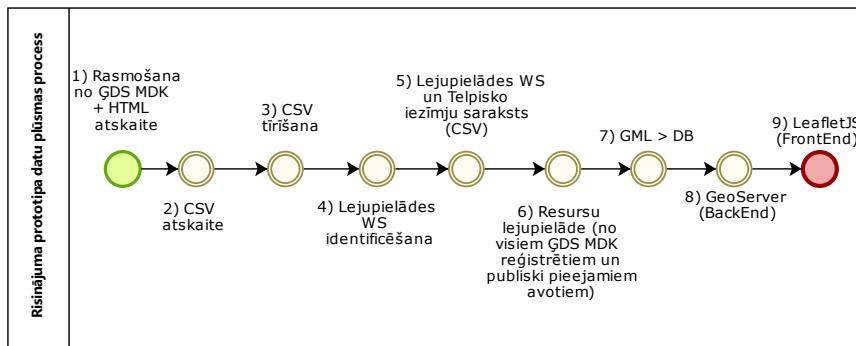
Secināts, ka neskatoties uz servera ierobežojumiem attiecībā uz maksimālo atlāauto WFS lejupielādējamās porcijas lielumu, ir iespējams lejupielādēt veselu resursu, dalot informāciju porcijās. Labākās prakses risinājums atributīvai (netelpiskajai) filtrēšanai ir filtrēt pēc unikāla identifikatora. Tātad, lai nodrošinātu labāku veiktspēju, unikālais identifikators ir jāiekļauj WFS servera pusē izplatāmās informācijas tvērumā. Ja servera pusē izplatāmās informācijas tvērumā telpisko iezīmju unikālais identifikators nav iekļauts vai ir nepieciešams lejupielādēt informāciju par konkrēto teritoriju, ir jāpielieto telpiskā filtrēšana.

Galvenie plusi netelpiskās (atributīvās) filtrēšanas pieejai: vislabākā veiktspēja tiek panākta, ja datu shēmā ir iekļauts unikālais identifikators; ir iespējams izmantot šo pieeju, ja telpiskā pieeja atgriež noildzi; ja tiek izmantots unikālais identifikators, ir iespējams iztikt bez atkārtojamas informācijas lejupielādes. Savukārt, galvenie mīnusi netelpiskajai pieejai: lēnām strādā ar neunikālajiem identifikatoriem; ja netiek izmantots unikālais identifikators, tiek lejupielādēta lieka (telpisko iezīmju dublikāti) informācija.

Galvenie plusi telpiskās filtrēšanas pieejai: var izpildīt pieprasījumus, norādot konkrētu teritoriju; labāka veiktspēja datu kopām bez unikāla identifikatora nekā atributīvai filtrēšanai. Savukārt, galvenie mīnusi telpiskās filtrēšanas pieejai: lielajām datu kopām telpisko filtrēšanu vispār nav iespējams izmantot servera noildzes dēļ (piemēram, mēģinot aprēķināt porcijas lielumu); tiek lejupielādēta lieka (dublikāti) informācija.

3. PIEDĀVĀTĀ INFORMĀCIJAS IEGUVES UN IZPLATĪŠANAS RISINĀJUMA APROBĀCIJA

Lai aprobētu piegājienu iteratīvai metadatu rasiošanai un ģeotelpiskās informācijas lejupielādei, tika pielietotas programmēšanas, sistēmu analīzes un prototipēšanas metodes. Izmantojot *Python* interpretējamu objektorientētu skriptu valodu, tika izstrādāti un programmēti procesi: 1) informācijas rasiošanai no GDS MDK un cilvēklasāmas atskaites veidošanai HTML formātā,



3.1. att. Risinājuma prototipa datu plūsmas process

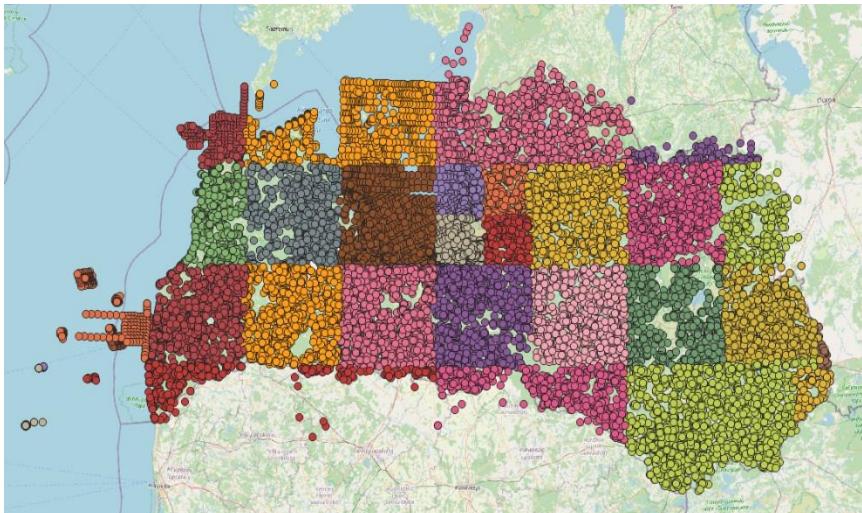
2) cilvēklasāmas atskaites HTML formātā transformēšanai mašīnlasāmā CSV formātā, 3) mašīnlasāmas CSV datnes filtrēšanai, lai iegūtu mašīnlasāmu sarakstu tikai ar lejupielādes servisiem un predefinētām datu kopām, 4) mašīnlasāma CSV datnes filtrēšana, lai iegūtu sarakstu tikai ar lejupielādes servisiem, 5) lejupielādes servisu un *Telpisko iezīmju* saraksta veidošanai un 6) pielietojot izstrādāto algoritmu filtrēšanai un informācijas iegūšanai porcijs (2.1. att. *Informācijas iegūšana porcijs*), informācijas masveida lejupielāde no visiem GDS MDK reģistrētiem lejupielādes servisiem un par visām Telpiskām iezīmēm un to saglabāšana lokālā GML formātā. Papildus tika prototipēti un aprobēti 7) GML datņu transformēšanas un saglabāšanas process *Postgres PostGIS* datu bāzē, 8) uz *GeoServer* tehnoloģijas balstīts Datu izplatīšanas kanāla izveides process un 9) un uz *LeafletJS* tehnoloģijas balstīts gala lietotāja lietotāju saskarnes ar kartes pārskata logu izveides process. Rezultātā tika izstrādāts un aprobēts risinājuma prototips iteratīvai metadatu rasiošanai un informācijas lejupielādei no Latvijas GDS Metadatu kataloga reģistrētiem ģeotelpiskiem lejupielādes servisiem ar mērķi nodrošināt ātrdarbīgu piekļuvi ģeotelpiskiem datiem operatīvai lēmumu pieņemšanai un ilgtermiņa teritorijas attīstības

plānošanai. 3. nodaļas apakšnodaļas var iepazīties ar katru no šiem procesiem detalizētāk, risinājuma prototipa datu plūsmas process ir pieejams *3.1. att.* Pirmkodi par procesa būtiskākajiem soļiem – par informācijas rasmōšanu un HTML atskaites izveidi (*3.1. att., solis 1*)), kā arī par resursu lejupielādi, pielietojot rekursīvu algoritmu (*3.1. att., solis 6*) no apakšnodaļas 2.2. *Telpisko lejupielādes servisu filtrēšanas tehnikas pielietošana*, tika publicēti GitHub pirmkodu krātuvē zem *CC0 1.0* licences.

Prototipa datu izplatīšanas (prezentācijas) kanāla nodrošināšanai tika izvēlēta *GeoServer* tehnoloģija, kura atbalsta tādus nozares standarta OGC protokolus, kā piemēram, WFS, WMS. Tapāt kā paplašinājums, lai nodrošinātu ātrdarbīgu skatīšanās servisu, tika nodrošināts arī WMTS (ķešots skatīšanās serviss). Kā datu avots tika pieslēgta *Postgres* datu bāze. Katram slānim definēts savs, uz SLD tehnikas bāzēts, attēlošanas stils.

Papildus, lai nodrošinātu ātrdarbīgu skatīšanās servisu, tiek iedarbināts fližu kešošanas mehānisms *jpeg* un *png* formātos; un LKS92 un *google (EPSG:900913)* režīga nomenklatūrās. Lai nodrošinātu, ka slāni izvadās secīgi, piemēram, lai līnijveida slānis izvadās pa virsu poligonveida slāniem un punktveida slānis tiktu attēlots pa virsu gan poligonveida slāniem, gan līnijveida slāniem, tika izveidota slāņu grupa, kurai tika definēta slāņu attēlošanas secība.

Slāņu grupai arī iespējots *png* un *jpeg* fližu sekošanas mehānisms. Keš generējas 1) pēc pirmā pieprasījuma un pēc tam ir pieejams arī nākamajiem lietotājiem, 2) vai arī ir iespējams iedarbināt piespiedu fližu kešu veidošanu visai



3.2. att. Dalīšana porcijās - piemērs, Telpiskās iezīmes tips – ‘geBorehole’

pieejamai teritorijai un visām režģu nomenklatūrām uzreiz. Šis masveida process var aizņemt vairākas dienas, prototipa gadījumā tika iespējots flīžu veidošanas mehānisms – *pēc pirmā pieprasījuma*.

Rezultātā tika panākts, ka programmsaskarnes līmenī ir iespējams pieklūt katra Telpiskās iezīmes objekta vektordatiem (WFS nodrošina izplatīšanu šādos formātos: *CSV*, *GML*, *GeoJson*, *KML* un *ShapeFile*) un atribūtiem, kā arī skatīšanās servisi (WMS un ātrdarbīgs WMTS) nodrošina piekļuvi datiem rastru formātos (piemēram, *GIF*, *GeoTiff*, *JPG*, *PNG* un *tml*.).

Kā prototipa prezentācijas līmenis, papildus programmsaskarnēm, uz *LeafletJS* tehnoloģijas (bibliotēka *leaflet.js*) bāzes tika izveidota ātrdarbīga lietotājsaskarne.

Prototipa prezentācijas līmeņa lietotājsaskarne realizēta kā HTML lapa, kuru ir iespējams atvērt ar jebkuru pārlūkprogrammu, kura atbalsta HTML un *JavaScript*.

3.1. Nodaļas kopsavilkums

Nodaļā tiek raksturots izstrādātais prototips informācijas rasmošanai un iegūšanai no pasaules GII Latvijas segmenta decentralizētiem datu avotiem, informācijas ielādei un apstrādei datubāzē, ka arī rezultātu izplatīšanai.

Pirmkodi par procesa būtiskākajiem soliem – par informācijas rasmošanu un HTML atskaites izveidi (3.1. att., *solis 1*), kā arī par resursu lejupielādi, pielietojot rekursīvu algoritmu (3.1. att., *solis 6*) no apakšnodaļas 2.2. *Telpisko lejupielādes servisu filtrēšanas tehnikas pielietošana*, tika publicēti *GitHub* pirmkodu krātuvē zem *CC0 1.0* licences un ir publiski pieejami.

Atsevišķas promocijas darba praktiskās realizācijas tiks izmantotas laboratorijas darbu izstrādē jaunajā LLU studiju kursā Informācijas tehnoloģijas nozarē “*Informācijas tehnoloģijas ģeoinformātika*”.

Prototipa salīdzinoši elegantā tehniskā realizācija var liecināt, ka GII īstenošanā galvenā problēma var būt nevis Tehniskajā realizācijā un sadarbspējā, bet, tai skaitā, Tiesiskā, Organizatoriskā un Semantiskā sadarbspējā. Līdz ar ko var secināt, ka GII īstenošana tikai tehniskā līmenī (iesaistot tikai IT speciālistus) nav iespējama un tehniskais tvērums aptver tikai provizoriski 25% no kopējās GII īstenošanas.

SECINĀJUMI

(numerācija trasējas ar izvirzīto tēžu numerāciju)

Promocijas darba izstrādātās rekomendācijas Geotelpiskās informācijas infrastruktūras īstenošanas un valsts pārvaldes procesu vadības uzlabošanai Latvijas kontekstā tika definētas un ir uzskaitītas atsevišķā nodaļā “*Rekomendācijas un galvenās jaunradītās vērtības*”. Rekomendāciju galvenie aspekti ir 1) valsts pārvaldes procesu pārnešana digitālajā plaknē, 2) GII īstenošanas un valsts pārvaldes procesi ir cikliski un bezgalīgi un 3) sadarbspēju problēmas nivēšana. Visas aizstāvēšanai izvirzītās tēzes tiek apstiprinātas, un uz to pamata tika definēti šādi secinājumi.

- 1) Telpiskā skaitlošana ir ideja un tehnoloģiju kopums, kas pārveidos sabiedrības dzīvi, izprotot fizisko pasauli un savstarpējās attiecības un vietu tajā [29]. Izmantojot datu modeļus un matemātisko aparātu, tiek un tiks sniegti iespēja plānot attīstību un reagēt (pieņemt lēnumus) uz notikumiem lokālā un pasaules mērogos. Daudzas INSPIRE tēmas nav pieejamas sadarbspējīgā veidā. Trūkstošo servisu izveide var pozitīvi ietekmēt daudzu saimnieciskās darbības nozaru attīstību, kā arī Latvijas GII integrāciju Eiropas un pasaules GII. Promocijas darbā tika apkopota informācija par GII īstenošanu Latvijā – par tiesiskiem, organizatoriskiem, semantiskiem un tehniskiem aspektiem un pierādīts, ka izmantojot jau izstrādātu un publiski pieejamu pasaules GII Latvijas segmentu, ir iespējams nodrošināt meklēšanu pēc Latvijas Geotelpisko datu savietotāja Metadatu katalogā reģistrēto lejupielādes servisu Telpisko iezīmju parametriem vai ģeometrijas (var atrast konkrētu objektu telpiski vai pēc tā parametriem/atribūtiem), kā arī tiešsaistes režīmā piekļūt informācijai, kas būs par pamatu operatīvai lēmumu pieņemšanai vai/un ilgtermiņa teritorijas attīstības plānošanai;

Jau šobrīd ir pieejams katalogs ar servisu un resursu metadatiem, kur informācijai var piekļūt centralizēti bez jebkādiem ierobežojumiem un teorētiski sadarbspējīgā veidā. Centralizēts Latvijas GDS metadatu katalogs atvieglo informācijas meklēšanu, bet informācijas kvalitātes jautājums ir atvērts. No vienas puses informācijas pieejamība jau šobrīd ļauj būvēt tiešsaistes lēmumu pieņemšanas sistēmas (piemēram, SDSS), bet no otras puses informācijas kvalitāte nivēlē piepūles. Sabiedrībai tiek piedāvāts paredzēt arī komerciālu ģeotelpisko datu kopu ražotāju ieinteresētību (t.sk. finansējumu), nevis deleģēt šo funkciju tikai valsts pārvaldes iestādēm. Papildus, attīstot Latvijas Geotelpiskās informācijas infrastruktūru, t.sk., attīstības stratēģijas izstrādes posmos, nepieciešams paredzēt, ka GII attīstības stratēģija (MK rīkojuma Nr.490 no 2021. gada “*Par Digitālās transformācijas pamatnostādnēm 2021.-2027.*

gadam” [61] kontekstā), rīcības virzieni un informācijas uzturēšanas un izplatīšanas principi jeb “*GII īstenošanas process*” drīkst būt elastīgi un regulāri pārskatāmi pēc analogijas ar *Agile*, nevis monumentāli iestrādāti normatīvajos aktos, kur GII īstenošanas procesa pārskatīšanas periods jeb iterācijas garums nav garāks par vienu gadu jeb korelē ar valsts budžeta ciklu. GII īstenošana ir *Agile* līdzīgs ciklisks process un kopiena nekad nevarēs pateikt, ka process ir pabeigts. Kopienai paliek iespēja neatpalikt no GII īstenošanas procesa, kā arī mēģināt attīstīt Tehnisko, Organizatorisko, Semantisko un Tiesisko sadarbspēju, t.sk., caur ieinteresēto pušu dialogu;

Prototipa (3. *nodaļa*) salīdzinoši elegantā tehniskā realizācija var liecināt, ka GII īstenošanā galvenā problēma var būt nevis Tehniskajā realizācijā un sadarbspējā, bet, tai skaitā, Tiesiskajā, Organizatoriskajā un Semantiskajā sadarbspējā. Līdz ar ko var secināt, ka GII īstenošana tikai tehniskajā līmenī (iesaistot tikai IT speciālistus) nav iespējama un tehniskais tvēruma aptver tikai provizoriski 25% no kopējās GII īstenošanas. Nemot vērā Sadarbspējas aspektus un, lai uzlabotu ģeotelpiskas informācijas pārvaldības kvalitāti (t.sk., informācijas kvalitāti), tiek piedāvāts akadēmiskā līmenī attīstīt atsevišķu ne IT nozaru speciālistu grupu kompetences un kvalifikācijas datorzinībās, t.sk., ģeoinformātikā. Piemēram, nozarēs, kuras nodrošina un attīsta Tiesiskās, Organizatoriskās un Semantiskās sadarbspējas. Lai šo panāktu, uz promocijas darba pamata, tika izstrādāta jauna studiju kursa programma maģistrantiem “*Informācijas tehnoloģijas ģeoinformātikā*” (Latvijas Lauksaimniecības universitātē). Papildus, lai padarītu pieejamāku GII ideju ne tikai IT nozares speciālistiem, piemēram, pētniekiem, datu entuziastiem, žurnālistiem un studentiem, izstrādātie unikālie būtiskākie pirmkodu apgabali tika publicēti *GitHub* pirmkodu krātuvē zem atvērtas CC0 licences, kas ļauj visām ieinteresētajām pusēm tos brīvi (bez nekādiem nosacījumiem) izmantot un pilnveidot. Kā arī atsevišķas promocijas darba praktiskās realizācijas tiks izmantotas laboratorijas darbu izstrādē jaunajā LLU studiju kursā Informācijas tehnoloģijas nozarē “*Informācijas tehnoloģijas ģeoinformātikā*”. Augstāk minētais kopumā var uzlabot GII īstenošanas kvalitāti Latvijā.

- 2) Neskatoties uz servera ierobežojumiem attiecībā uz maksimālo atlāuto WFS lejupielādējamās porcijas lielumu, ir iespējams lejupielādēt veselu resursu, dalot informāciju porcijās. Labākās prakses risinājums atributīvai (netelpiskajai) filtrēšanai ir filtrēt pēc unikāla identifikatora. Tātad, lai nodrošinātu labāku veikspēju, unikālais identifikators ir jāiekļauj WFS servera pusē izplatāmās informācijas tvērumā. Ja servera pusē izplatāmās informācijas tvērumā telpisko iezīmju unikālais identifikators nav iekļauts

vai ir nepieciešams lejupielādēt informāciju par konkrēto teritoriju, ir jāpielieto telpiskā filtrēšana.

- a) Galvenie plusi netelpiskās (atributīvās) filtrēšanas pieejai: vislabākā veikspēja tiek panācta, ja datu shēmā ir iekļauts unikālais identifikators; ir iespējams izmantot šo pieeju, ja telpiskā pieeja atgriež noildzi; ja tiek izmantots unikālais identifikators, ir iespējams iztikt bez atkārtojamas informācijas lejupielādes. Savukārt, galvenie mīnusi netelpiskajai pieejai: lēnām strādā ar neunikālajiem identifikatoriem; ja netiek izmantots unikālais identifikators, tiek lejupielādēta lieka (telpisko iezīmju dublikāti) informācija.
- b) Galvenie plusi telpiskās filtrēšanas pieejai: var izpildīt pieprasījumus, norādot konkrētu teritoriju; labāka veikspēja datu kopām bez unikāla identifikatora nekā atributīvai filtrēšanai. Savukārt, galvenie mīnusi telpiskās filtrēšanas pieejai: lielajām datu kopām telpisko filtrēšanu vispār nav iespējams izmantot servera noildzes dēļ (piemēram, mēģinot aprēķināt porcijas lielumu); tiek lejupielādēta lieka (dublikāti) informācija.

REKOMENDĀCIJAS UN GALVENĀS JAUNRADĪTĀS VĒRTĪBAS

Promocijas darbā raksturotie zinātniskie sasniegumi tēmas izpētē un promocijas darbā izmantotās metodes palīdzēja nodefinēt šādus inovatīvus priekšlikumus GII īstenošanas procesa un valsts pārvaldes procesu vadības uzlabošanai:

- 1) ir jātūrpina GII, kā arī saistošo procesu īstenošana, t.sk., datu modeļu (ne tikai ģeotelpisko datu kopu modeļu) un pārvaldības procesu sistemātiska attīstība ar globālo mērķi pārnest visus valsts pārvaldes procesus digitālajā plaknē. Lai atvieglotu valsts pārvaldes procesu digitalizāciju, tika izstrādāti un raksturoti šādi procesi: Pielāgošanās Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūras koncepcijai; Vienkāršots, uz INSPIRE procesiem balstīts, datu nodošanas scenārijs; Rasmošanas ķedes piemērs; Informācijas iegūšana porcijās; Procesa modelis ilgtspējīgai teritorijas attīstības plānošanai un operatīvai lēmumu pieņemšanai un Risinājuma prototipa datu plūsmas process. Papildus tika izstrādāts un aprobēts algoritms ar risinājumu rekuršīvi iteratīvai informācijas ieguvei no apjomīgiem lejupielādes ģeotelpiskiem servisiem;
- 2) ņemot vērā, ka GII īstenošanas process ir ilgtermiņa (bezgalīgs) ciklisks process, tiek ierosināts sinhronizēt GII īstenošanas iterācijas ar valsts

- budžeta pieņemšanas cikliem, paredzot ģeotelpisko datu kopu ražotāju un ar GII saistošo procesu virzītāju komerciālo ieinteresētību;
- 3) lai celtu sabiedrības kompetenci (nivelētu sadarbspēju problēmas) GII īstenošanas jautājumos, uz promocijas darba pamata tika izstrādāta jauna studiju kursa programma maģistrantiem “Informācijas tehnoloģijas ģeoinformātikā” (Latvijas Lauksaimniecības universitātē). Tiekierosināts šo studiju kursu iekļaut ne tikai IT, bet arī citu saistošo nozaru maģistrantiem. Kā arī ir jāturpina akadēmiskā izpēte Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūras īstenošanas aspektu virzienā. Piemēram, izpēte par manuālo lēmumu pieņemšanas (t.sk. politiskie lēmumi) aizstāšanu/neaizstāšanu ar zinātniski pamatotu un uz informāciju balstītu biznesa/informācijas sistēmu tiešsaistēs lēmumu pieņemšanu;
 - 4) lai nodrošinātu uz datiem balstītu tiešsaistes lēmumu pieņemšanu nelielām teritorijām, piemēram, operatīvo lēmumu pieņemšanu krīzes gadījumos, tiek rekomendēts organizēt datu apmaiņu, pielietojot telpisko filtrēšanu, savukārt, lai iespējotu kādu masīvu datu apstrādes procesu, piemēram, ilgtermiņa teritorijas attīstības plānošanas procesu, tiek rekomendēts organizēt datu apmaiņu, pielietojot rekursīvu filtrēšanas algoritmu ‘Informācijas iegūšana porcijs’ kā parametru izmantojot unikālus identifikatorus. Gadījumos, kad resurss nesatur unikālus identifikatorus, ir jāpielieto rekursīvu filtrēšanas algoritmu ‘Informācijas iegūšana porcijās’ kā parametru uzrādot interesējošas teritorijas koordinātes.

APPROBATION OF PHD THESIS

The research results are presented in the following publications:

- 1) Kalinka M, Geipele S, Pudzis E, Lazdins A, Krutova U, **Holms J.** (2020). Indicators for the Smart Development of Villages and Neighbourhoods in Baltic Sea Coastal Areas. *Sustainability* (Vol. 12(13)). Indexed in Scopus and Web of Science.
- 2) **Holms, J.**, Arhipova, I., & Vitols, G. (2019). Relationship Between Spatial Datasets and Assessments of Mapped Ecosystem Services Indicators. *Baltic J. Modern Computing* (Vol. 7, pp. 1-18). Indexed in Scopus and Web of Science.
- 3) **Holms, J.**, Arhipova, I., & Vitols, G. (2018). Linking Environmental Data Models to Ecosystem Services' Indicators for Strategic Decision Making. In *Proceedings of the 20th International Conference on Enterprise Information Systems* (pp. 170–174). Indexed in Scopus and SciTePress.
- 4) **Holms, J.**, & Vitols, G. (2017). An overview of data from datasets registered in Latvian spatial metadata catalogue. In *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM* (Vol. 17). Indexed in Scopus.
- 5) **Holms, J.**, & Vitols, G. (2017). Latvian spatial metadata catalogue' content and summary for referenced spatial data sets and services. In *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM* (Vol. 17). Indexed in Scopus.
- 6) **Holms, J.**, Arhipova, I., Tulbure, I., & Vitols, G. (2017). Ecosystem Provisioning Services Automated Valuation Process Model for Sustainable Land Management. *Procedia Computer Science* (Vol. 104, pp. 65–72). Indexed in Scopus, Web of Science and SciTePress.
- 7) **Holms, J.**, & Vitols, G. (2016). Comparison of attributive and spatial filtering approaches to retrieve massive datasets through Web Feature Services, avoiding limitation on feature count per request. *Proceedings of the 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016, Book2* (Vol. 1, pp. 609–616). Indexed in Web of Science.

The research results were presented at the following conferences:

- 1) International scientific conference “20th International Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS 2018”, Funchal, Portugal. 21.03.-24.03.2018. Poster: “Linking environmental data models to ecosystem services' indicators for strategic decision making”.

- 2) International scientific conference “17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2017”, section “Informatics / Geoinformatics and Photogrammetry and remote sensing / Cartography and GIS”, Albena, Bulgaria. 27.06.-06.07.2017. Oral presentation: “Latvian spatial metadata catalogue’ content and summary for referenced spatial data sets and services”.
- 3) International scientific conference “17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2017”, section “Informatics / Geoinformatics and Photogrammetry and remote sensing / Cartography and GIS”, Albena, Bulgaria. 27.06.-06.07.2017. Oral presentation: “An overview of data from datasets registered in Latvian spatial metadata catalogue”.
- 4) International scientific conference “The International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2016”, section “Informatics, Geoinformatics and Remote sensing”, Albena, Bulgaria. 30.06.-04.07.2016. Oral presentation: “Comparison of attributive and spatial filtering approaches to retrieve massive datasets through Web Feature services, avoiding limitation on feature count per request”.

INTRODUCTION

The introduction describes the relevance of the topic, defines the aim and tasks of the doctoral thesis, lists the applied research methods, and also provides information on the approbation of the scientific thesis.

Relevance of the topic

Historically, it has been important for humanity to determine the location in relation to the stars, or orientation in the space of the surrounding world. Knowing that the sky was connected with various types of human actions and activities – with the choice of the direction of migration, hunt, place for settlements, etc. [1].

In the last two centuries, significant changes have taken place in science, which have contributed to the study of nature and the phenomena occurring in nature, from the order of things in the micro world to the secrets of the structure and origin of the universe. At the center of this world space is a human surrounded by the surrounding nature, in which he constantly finds new impressions, expands his horizons and strengthens the ideas he has learned [2].

In the 21st century, humanity has entered the information age. All you need is a computer and an Internet connection to be able to access almost any kind of data and to communicate with people in all kinds of places. The winds of the information age are increasingly felt in the digitizing state and local government processes – there is no longer a need in paper documents. Thanks to modern technology, everything can be done electronically [3].

Data and geospatial data exchange processes are constantly evolving. Historically, the main form of data exchange between institutions has been mail, later telegraph, fax, computer and the World Wide Web began to be used. The possibility of copying information in the form of files using data carriers (tapes, floppy disks) and through the Internet network (for example, FTP, e-mails) also appeared, as well as the possibilities of replicating databases using the intranet and the Internet began to develop actively. At the end of the 20th century, technologies for exchanging information through a computer network using web services began to develop rapidly. In the beginning, web services were formed and evolved to exchange with textual information and then also geospatial information. Technologically, it is no longer necessary to copy an entire set of information, typically a database, from one institution to another. Institutions can provide public services online by requesting information on specific information objects from the databases of other institutions using web services, including spatial ones, without copying whole data sets. Also, cloud technologies began to develop, which allow several institutions to create solutions using a standardized and centralized infrastructure – the so-called Infrastructure as a service, which would allow reducing costs for consolidated infrastructure maintenance.

Before starting the construction of the Geospatial Information Infrastructure, in 2006, in order to create a homogeneous infrastructure, including a technological base for the pattern-based development and hosting of Latvian E-Services, work was started on the development of the Latvian E-Service engine VISS (former IVIS) and already in 2007, the VISS infrastructure began to be available to E-Service architects and developers in test mode. The VISS architecture is based on SOA principles, while E-Services use web services as building blocks, which were developed by various independent developers according to unified VISS and SOA principles. E-Services can use web services in compliance with the principles of the SOA triangle, all services are registered in a specific register – the service catalog [4].

The infrastructure of VISS is constantly developing, in 2020 it became possible to use REST services in both data exchange and E-Services. This was achieved with the implementation of the WSO2 API Manager [5] solution adapted to the VISS infrastructure, which extended the functionality of VISS with the ability to centrally manage not only SOAP, but also REST services, ensuring accounting, security, versioning, routing and auditing of these services.

The primary advantages of the VISS infrastructure are the decisions of institutions and sometimes the obligations arising from NA to adhere to SOA principles, centralized service catalogs [6], [7], a standardized approach [4], [8], [9], [10] to identification of objects (web services, E-Services, XML schemas and structure hierarchies, etc.), as well as a centralized XSD catalog [11] for SOAP services. The hierarchical approach of XSSD catalog allows reusing of already described data structures. With the implementation of VISS and binding solutions, the infrastructure for the further creation and development of E-services [12], as well as A2A, A2B and A2C information circulation was provided, including institutions can regulate autocommunication between their information systems and centrally organize large-volume (>4MB) [13] general data replication.

Drawing parallels with the INSPIRE directive and the Geospatial Information Infrastructure, the VISS infrastructure can be imagined as the basic infrastructure for Latvian non-geospatial – “text” services and E-services, while the Geospatial Data Integrator (hereinafter referred to as GDS) [14] housed in the VISS infrastructure can be perceived as the basement of the Latvian Geospatial Information Infrastructure. GDS consists of the Metadata Catalog [15], [16] – a single website for the accumulation and distribution of geospatial data sets and metadata in Latvia and Europe (including the INSPIRE context), the Data and Services Management component – the infrastructure that ensures processing, display of geospatial data sets, operation of geospatial services and Shared access management systems, which provides access management to geospatial services of different data holders, including serving as a gateway.

Before the implementation of the INSPIRE directive, Jānis Štrauhmanis [17], the creator of the Latvian national atlas idea, and Reinholds Putniņš (1881 – 1934), one of the first proponents of the Latvian national atlas idea, faced similar legal and organizational problems in cooperation. During the first republic, there was no response to the call to create a national atlas, because funding at the national level was only for topographic maps and the first Latvian atlases were only intended for learning geography at school. The merchants also failed to compile and publish the national atlas. As a result, in the period between the two world wars, this idea failed to be implemented, but in the conditions of Soviet censorship, it was not desirable to even mention the idea of a national atlas. After the restoration of state independence and only in 2007 (thanks to the specialists of the company “*Jāņa sēta*”), the world saw the first edition of the geographical atlas of Latvia. In the study “*Latvian national atlas: idea and reality*” the idea was expressed that the creation of such a fundamental work can be done not only in paper form, but also in electronic form, additionally stating that, for example, the national atlas of Switzerland has been created electronically since 1995. Separately, it is mentioned that a whole organization was created only for the

preparation of the Dutch national atlas, which developed the information system of the National Atlas after the publication of the paper version of the atlas. Jānis Strauhmanis also described [18] the sequence of preparation of the Latvian national atlas.

With the development of technology, the amount of information that can only be stored electronically increased significantly, this trend required a new solution for information representation, including operational decision-making and long-term planning. Nowadays, it is necessary to be aware that sources of content of atlases can only be electronic. Also, in the context of INSPIRE, it is worth trying to compare the sequence of preparation of atlases with the INSPIRE implementation process, while the structure of the Štrauhmanis atlas should correlate with INSPIRE data themes.

The primary information representation techniques are geographical and thematic maps, tables and charts. Drawing parallels with the classification of INSPIRE themes, the idea of a National Atlas structure [18], US NSDI themes, and the classification of Thematic Maps, there is a noticeable emphasis on grouping potential map objects according to similar criteria. In the EU space, with the implementation of the INSPIRE directive, a unified classification of themes and spatial object layers was/is being attempted, providing a unified geospatial information infrastructure standardized space in all EU countries.

As soon as information became available electronically, the number of electronic maps available through national geoportals and the national Geospatial Information Infrastructure also increased significantly. This availability allowed any stakeholder to create maps and analyze information by applying GIS techniques, and it became possible to effectively combine information from several data sources. Also, the problem with the availability of information for end users crystallizes, because not all information, including information collected for public money, is available to the public without restrictions.

Gradually, in the European community, ideas about the integration of the “Atlanta idea” into the national geospatial infrastructure and the creation of a centralized metadata catalog with the possibility of hierarchically harvest information from subordinate Geometadata catalogs crystallized.

In 2007, the European Commission pass the INSPIRE directive to develop geospatial information infrastructure in each EU country and the EU as a whole. The Directive lays down general rules to establish a spatial information infrastructure in Europe with the aim of supporting environmental policy, as well as policies and activities that may affect the environment. Also, the directive sets requirements for the availability and interoperability of geospatial information and requires ensuring the interoperability of geospatial data sets and services.

In 2009, the article “*INSPIRE, GMES and GEOSS Activities, Methods and Tools towards a Single Information Space in Europe for the Environment*” expressed ideas on how to try to integrate INSPIRE, GMES/GEOSS into SEIS or SISE activities [19]. As well as in Europe, the Interoperability Recommendations and the implementation strategy of the European Interoperability Framework (EIF) were created [20], which considered, among others, the INSPIRE Directive and new initiatives – such as the European Cloud Computing Initiative [21], the EU e-Government Action Plan [22] and the Single Digital Gateway [23]. The need to revise the European Interoperability Framework was confirmed during the consultation with all stakeholders (institutions, etc.), namely the public administrations of the Member States, citizens, companies and other interested parties, such as the EU institutions and bodies [20].

One of the problems that will affect the development of thematic cartography in the future is that, with the objective expansion of specialized geospatial databases, the role of the cartographer will decrease, and the contribution of computer specialists will increase. The higher the qualification of representatives of certain industries in computer science, the better thematic maps will be created [18].

The topic of the thesis is relevant, considering the INSPIRE directive adopted by the EU, emphasizing the use of geospatial data infrastructure, as well as the common interest in the world and is related to the development of sustainable solutions for the management of the implementation of geospatial information infrastructure at the national level.

The thesis also contains information on the implementation of Geospatial Information Infrastructures in Latvia – on legal, organizational, semantic and technical aspects, and it has been proven that using an already developed and publicly available Latvian segment of the world GII, it is possible to provide a search by data parameters or geometry, as well as access information that will be the basis for operational decision-making and long-term territory development planning.

The aim of the PhD thesis

The aim of the doctoral thesis is to develop recommendations for the improvement of the implementation of the Geospatial Information Infrastructure and the management of state administration processes in the context of Latvia.

The tasks of the PhD thesis

- 1) Collect and analyze information about the concept – Geospatial information infrastructure or GII (*Chapter 1*);
- 2) analyze methods of transformation of geospatial datasets (*Chapter 1*);
- 3) analyze the compatibility/harmonization aspects of geospatial datasets (*Chapter 1*);
- 4) analyze the application performance of Geospatial Information Infrastructure methods (*Chapter 2*);
- 5) propose a GII-based conceptual architecture for the Information System on territorial development planning (*Chapter 2*);
- 6) develop an algorithm for downloading geospatial data sets from geospatial data download services (*Chapter 2*);
- 7) develop a prototype for collecting information from decentralized data sources of the global GII Latvian segment for potential centralized processing at the database level and dissemination of results (*Chapter 3*).

Research methods

Modern methods of analysis and data processing are used in the thesis – literature review, classification, systems analysis, data processing, programming, modeling and prototyping.

Theses

- 1) It is already possible to organize online decision-making based on data, for example, operational decision-making in cases of crisis and the long-term territory development planning process only at the Geospatial Information Infrastructure level, completely replacing previously used tools such as paper maps or atlases.
- 2) The application of a service-oriented architecture approach in geospatial information solutions allows processing information both at the level of spatial features (objects) and their attributes, and on a massive scale – by iteratively harvesting information from metadata catalogs (service registers) and recursively downloading datasets dividing resources into portions.

Scientific novelty and practical value

- 1) It has been verified that the implementation process of the Geospatial Information Infrastructure is a long-term (endless) cyclical process of infrastructure construction and development.
- 2) It has been verified that the implementation process of the Geospatial Information Infrastructure cannot be realized only on the technical level, the implementation process additionally has organizational, legal and data semantics dimensions.
- 3) Concepts of solutions were tested and characterized in order to ensure 1) data-based operative (for example, in cases of crisis) decision-making in online mode and 2) long-term territory development planning. It has been verified that it is already possible to organize data-driven online decision-making.
- 4) Recommendations for improving the implementation of Geospatial Information Infrastructure and management of state administration processes in the context of Latvia were developed.
- 5) A recursive algorithm for downloading geospatial data sets from geospatial data web feature services has been developed.
- 6) A prototype was developed, approved and described for collecting information from the decentralized data sources of the Latvian segment of the global Geospatial Information Infrastructure for potential centralized processing (for example, in cases of territorial development planning) at the database level and dissemination of results.
- 7) In addition, the following processes were developed and characterized:
 - 7.1) adaptation to the Geospatial Information Infrastructure concept;
 - 7.2) simplified data transfer scenario based on INSPIRE processes;
 - 7.3) example of harvesting chain;
 - 7.4) obtaining information in portions;
 - 7.5) process model for sustainable territorial development planning and operative decision-making;
 - 7.6) data flow process of the prototype solution for data collection, processing and dissemination.
- 8) In order to make the GII idea more accessible, the most important source code listings were published in the *GitHub* source code repository under an open *CC0 1.0* license.
- 9) Based on the thesis, a new study course program was developed for master's students "*Information technologies in geoinformatics*" at the Latvian University of Life Sciences and Technologies, and it is also planned that some practical implementations of the thesis will be used in the development of laboratory tasks in the new study course.

PhD thesis structure and volume

The thesis is written in Latvian, contains an annotation, introduction, 3 chapters, conclusions, recommendations, bibliography, 6 appendices, including 13 tables, 32 pictures, total 121 pages. There are 134 literary references.

1. GEOSPATIAL INFORMATION INFRASTRUCTURE

The chapter examines the legal definition of the concept of GII and explanations of the term SDI by the Latvia State Language Center. The scope of the term GII is defined, considering the world experience, as well as reference points of the development of GII are listed. Special attention is paid to Legal, Organizational, Semantic and Technical interoperability.

1.1. Concept definition

The legal definition of the term is: *Geospatial information infrastructure* – geospatial data sets, their metadata, conditions for joint use and reuse of geospatial information, geospatial information services, information and telecommunication technologies that ensure the circulation of geospatial information and the provision of geospatial information services, and procedures for coordination and monitoring [24].

In the Latvian National Language Center [25], the term SDI is registered in the Collection “*Information and Communication Technology Terms developed by the National Language Center*” under the Sector “*Information and Communication Technologies*”. The translation of the abbreviation Geospatial Information Infrastructure (GII) in different languages is available in *Table 1.1. Translations of the abbreviation GII*.

GII is, among other things, a long-term process of implementation – construction and development of geospatial information infrastructure without *a priori* known results [26]. Various countries have tried to create NSDI, but none have managed to do it from the first attempt, because the infrastructure building process is cyclical, similar to the Agile methodology with its sprint spirals.

GII, like any IS, must also be end-user oriented, as its primary goal is to support decision-making for many different purposes. GII includes not only technical issues such as data, technology, standards and delivery mechanisms,

Table 1.1. Translations of the abbreviation GII

Language	Translation
EN	Spatial data infrastructure (SDI)
LV	Ģeotelpiskās informācijas infrastruktūra (GII)
DE	Geodateninfrastruktur (GDI)
ES	Infraestructura de Datos Espaciales (IDE)
FR	Infrastructure de Données Spatiales (IDS)
IT	Infrastruttura di Dati Territoriali (IDT)
PL	Infrastruktura informacji przestrzennej (IIP)
CA	Canadian Geospatial Data Infrastructure (CGDI)
RO	Infrastructura de date spațiale

but also institutional issues related to organizational responsibility, general national information policy, and the [27] availability of financial and human resources.

Even when stakeholders have the “*best of*” data sharing agreements, high employee turnover can compromise data sharing. Technical barriers such as common definitions, models and formats are less important and can be overcome by implementing appropriate standards. The experience of some countries shows that data sharing initiatives in the public and private sectors do not have the expected effect [28].

From context and legal definition follows that GII consists of:

- 1) implementation of geospatial information infrastructure – the long-term process of construction and development;
- 2) legislation for certain data sets;
- 3) metadata;
- 4) conditions for joint use and reuse of geospatial information, or licensing rules;
- 5) web services;
- 6) information and telecommunication technologies that ensure the circulation of geospatial information and the provision of geospatial information services;
- 7) procedure in which the activities of the participating institutions are coordinated and monitored – legislative base;
- 8) financial availability;
- 9) availability of human resources;
- 10) working group(s);
- 11) experience exchange platform(s) (including academic education);

12) and customers – end users, as well as business solutions.

Spatial computing is an idea and a set of technologies that will transform the lives of society through understanding the physical world and the interrelationships and place within it [29]. Using data models and mathematical apparatus, it will be possible to plan development and react (make decisions) to events on local and global scales.

1.2. World experience in GII implementation

World experience in the implementation process of GII can be included in the broader context of the Digital Earth vision, and GII can be positioned as the main contributing element for the implementation of Digital Earth. Semantic issues play a special role in the development of GII, and it is precisely the role of semantic standardization or harmonization and strengthening in the development and implementation of GII that can ensure that information can be properly used and reused on a global scale [30]. The development of GII is also influenced by the diffusion of GII concepts in parts of the world, and the amount of literature and research related to GII is also increasing [31].

In addition, it is necessary to mention the 16th circular of the American OMB Circular [32] and the American contribution to the development of GII in general. The US Office of Management and Budget in its Circular A-16 “*Coordination of Geographic Information and Related Spatial Data Activities*” [33] aims to improve the use and coordination of geospatial data sets among stakeholders/interested parties and describes the efficient and cost-effective of digital spatial information for the purpose of advancing the welfare of the federal government of America and the nation in general. Data themes were also standardized, but at the initiative of FGDC and in coordination with OMB, themes and/or responsible authorities may change. This approach is more flexible than the EU INSPIRE approach where data themes were standardized.

The idea of a centralized NGDA portfolio of data sets / themes is similar to the idea of the European INSPIRE with 34 data themes, but it also provides for the interest (investments/subsidies) of the producer of geospatial data sets to comply with the requirements in the data production process (including the processes of ensuring interoperability).

A significant difference from European GII approaches is that America is trying to create a process for improving interoperability, in which datasets and their compliance with Portfolio requirements and specific themes are reviewed once a year in peer review process. Recommendations on inter-agency/institution priorities are based on this review, which also affects the budgeting process. The

portfolio of data sets is created flexibly, regularly consulting with all involved parties and adjusting both in the catalog of data themes and in the amount of subsidized funding. But in Europe INSPIRE directive ensures that data topics, data exchange methods and data structures are strictly incorporated at the legislative level. NGDA, on the other hand, tries to ensure cross-sectoral coordination for the adjustment of data sets, so that the data sets themselves effectively support the business processes based on them and that the data sets are produced in the most cost-effective way, including influencing the state budgeting process [33].

1.3. Interoperability

Developing data exchange mechanisms between public administration institutions and EU basic registers, it is necessary to maintain or improve their interoperability, including semantic and technical interoperability.

Ideally, GII provides access to data in an interoperable or harmonized way, i.e., without special and specific human or machine interaction. The interoperability objectives are formalized in interoperability (data) specifications, which correspond to the data product specification structure defined in the EN ISO 19131:2008 standard [34].

Considering that the legislative regulation of GII is identified, developed and available, and detailed unified specifications of Data Sets and Exchanges are available, the INSPIRE directive and aspects of GII implementation harmoniously fit into the EIF conceptual model.

The upcoming European Interoperability Framework [20] presents the Principles of Interoperability Management, defining that the management of Integrated Public Services is based on four interoperability principles: Legal Interoperability, Organizational Interoperability, Semantic Interoperability and Technical Interoperability. In semantic interoperability, a special emphasis is placed on linked data technologies, which can help to reuse already accumulated information, by creating links from records of one resource to specific records of an already existing resource, such as classifiers – controlled dictionaries, code lists and reusable data models. Technical interoperability refers to the interoperability of both applications and technical resources and includes technical specifications of data sets, web service and data exchange channel specifications, but legacy (old) systems are a significant obstacle to Technical interoperability. When creating European public services, it is recommended to use open specifications and standards as much as possible to ensure interoperability, incl. technical and semantic interoperability [35].

1.4. Legal interoperability of data exchange in Latvia

In Latvia, at the end of the twentieth century, an architecture oriented to web services began to take root in the exchange of data between institutions in parallel with the exchange of files. Accordingly, the legislative base on the safe circulation of information on the Internet was developed. The Information Openness Law was taken as a basis [36]; and a set of laws about persons data processing [37], [38], copyright [39] and public administration [40]. The procedure for ensuring compliance of information and communication technology systems with the minimum security requirements was discussed separately [41]. Almost immediately after Latvia's entry into the European Union as a member state, the INSPIRE directive was passed in Europe in 2007 [42], which was followed by several European-level regulations [43], including regulations [44], implementing rules, guidelines and regulations. Like the other European member states, Latvia transposed the INSPIRE directive into national legislation [45]. Orders of the Cabinet of Ministers were rapidly adopted on the concepts of development of Latvian geospatial information and the development [46], [47], [48], [49] of a unified geospatial information portal [50] with the aim of determining the institutional system in the field of geospatial information, including the conditions for the preparation, use, exchange and maintenance of geospatial information (including basic geodetic and cartographic data). In order to create a geospatial information infrastructure in the Republic of Latvia [24], the Geospatial Information Law was adopted and promulgated in 2009. The law includes legal provisions resulting from the INSPIRE [42] directive of the European Parliament and the Council, the re-use [51] of public sector information and the public access [52] to environmental information. Already in accordance with the Geospatial Information Law, in 2011, the Cabinet of Ministers' regulations on the mandatory content of metadata of geospatial data sets [53], the mandatory content of the rules for the use of geospatial data sets and the procedure for obtaining a use permit [54], the regulations of the State Unified Geospatial Information Portal [55] and, in 2014, the regulations of the Geospatial Basic Data Information System [56]. In the same year, in order to ensure inter-institutional cooperation in the field of geospatial information planning and policy implementation, the Geospatial Information Coordination Council was approved [57] (in accordance with the Geospatial Information Law). In order to reduce speculation in the direction of "*Open Data*", the INSPIRE Directive separately states that Member States may allow public authorities that distribute geospatial datasets, including as services, to allow them to request a fee from public authorities or European Union institutions and entities that use these geospatial data sets and services.

Tabula 1.2. GII implementation reference points in Latvia

Year	Reference point	Ministry
1998.	Law on Openness of Information	–
2000.	Personal Data Protection Act (<i>obsolete</i>)	–
2000.	Copyright Law	–
2002.	The Law about State (Latvia) Administration	–
2003.	Directive on the reuse of public sector information (<i>obsolete</i>)	–
2003.	Directive On the availability of environmental information to the public and on the repeal of Council Directive 90/313/EEC	–
2007.	INSPIRE Directive	–
2007.	Order of the Cabinet of Ministers On the concept of the development of geospatial information in Latvia (<i>obsolete</i>)	AM
2007.	Order of the Cabinet of Ministers about the concept “ <i>On the development of a unified geospatial information portal</i> ”	IUMEPL
2009.	Geospatial Information Law	–
2011.	Rules on the mandatory content of metadata of geospatial datasets	AM
2011.	Mandatory content of the rules for the use of geospatial data sets and the procedure for obtaining a use permit	AM
2011.	Regulations of the unified geospatial information portal	VARAM
2013.	Order about concept of the GII development	AM
2014.	Rules of the geospatial basic data information system	AM
2014.	Order about the Geospatial Information Coordination Council	AM
2015.	State land service fee service price list and payment procedure	TM
2013.- 2018.	Amendments to the order of the MK of December 28, 2013, No. 686 “ <i>On the concept of the development of Latvian geospatial information</i> ”	–
2018.	Amendment to the order of the MK of December 28, 2013, No. 686 “ <i>On the concept of the development of Latvian geospatial information</i> ”	AM
2018.	The Law on the Processing of Personal Data	–
2019.	Directive on Open Data and Reuse of Public Sector Information	–
2020.	The price list of the paid services of the Latvian Geospatial Information Agency and its application procedure	AM
2021.	About the Digital Transformation Guidelines 2021-2027	VARAM
2021.	Law "On the State Budget for 2022" (granted funding for publication of State Land Service data in the form of open data)	–

Any such fees or licenses should be consistent with the overall objective of facilitating the sharing of geospatial datasets and services among public authorities. Where a fee is charged, it shall be kept to the minimum level necessary – to ensure the quality and provision of the geospatial datasets and services together with a reasonable return on investment, wherever applicable, considering the self-financing requirements of the public bodies distributing the geospatial datasets [42].

Therefore, INSPIRE cannot prohibit the distribution of geospatial data sets for a fee, as evidenced by the regulations of the Cabinet of Ministers on the price list and payment procedure of the Latvia State Land Service fee services [58] and the fee service price list of the Latvian Geospatial Information Agency and its application procedure [59]. On the other hand, in 2021, the Saeima has passed, and the president announced the law about Latvia budget for 2022 [60], which already provides funding for the open publication of the registers maintained by Latvia State Land Service – Cadastre, Addresses, the central database of high-detail ($> 1:2000$) topographic information and the information system of encumbered territories. Since January 2018, the baton of coordinating the implementation of the INSPIRE directive was delegated to the Ministry of Environmental Protection and Regional Development from the Ministry of Defense [49]. The mid-term policy planning document “*Digital transformation guidelines 2021-2027*” [61] was supported at the level of Cabinet of Ministers in the 2021. Where one of the action directions of the development field “Digital skills and education” is “*Digital transformation of geospatial, environmental management and development planning*”.

Reference points about implementation of geospatial information infrastructure in Latvia related to legal regulation can be found in *Table 1.2. GII implementation reference points in Latvia*.

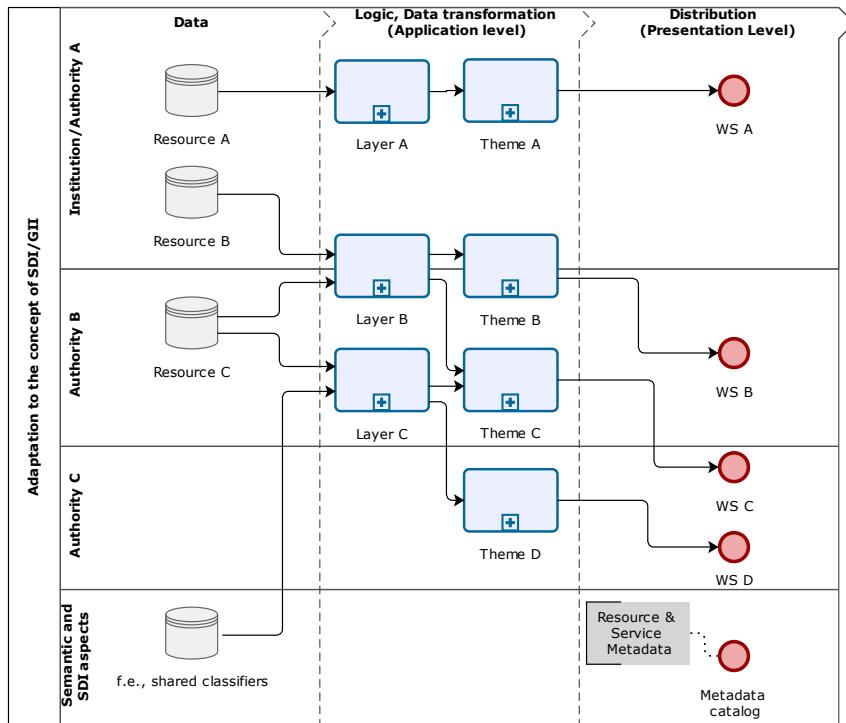
1.5. Organizational interoperability of data exchange in Latvia

The State Information Resources, Systems and Interoperability Information System *VIRSIS* has been established in Latvia to record state information resources, systems and interoperability parameters. On the other hand, the Metadata catalog of the Geospatial data aggregator of Latvia is intended for the inventory of geospatial resource datasets and services.

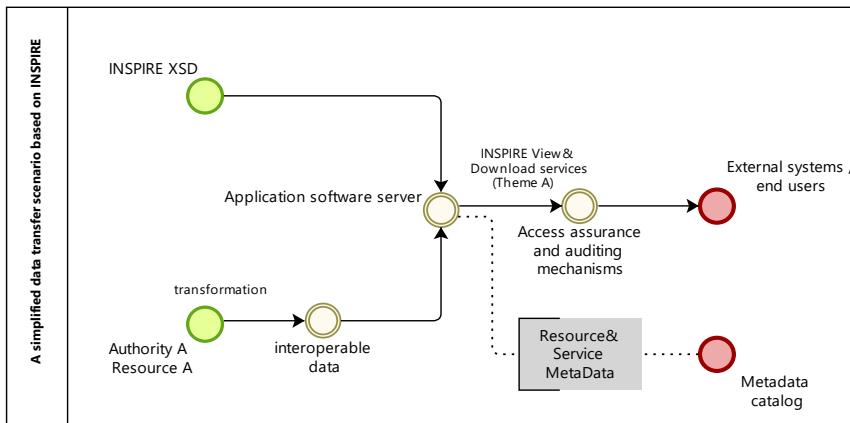
The process of adaptation of the GII concept (see *Fig. 1.1. Adaptation to the concept of Geospatial Information Infrastructure*) obeys a classic three-level application architecture, where are the following levels:

- 1) *data layer* where application-related source data is stored. Usually, in order not to load the databases operating in the production mode, clones of the production databases are created, separating the data into an independence Distribution environment;
- 2) *data processing*, including transformations, takes place at the Application level;
- 3) and at the *Presentation level*, information can be accessed using the user interface or at the API level – by retrieving information from web services.

In this case, the GDS Metadata Catalog fulfills the Service Register function of a classic SOA triangle, where the Service Provider must register the service in the Service Register (metadata catalog), while the User must be able to find information (*in the context of INSPIRE – search services*) about this service in the centralized Service Register or metadata catalog and use/ to call this service from the infrastructure of the Service provider, if necessary, agreeing on access



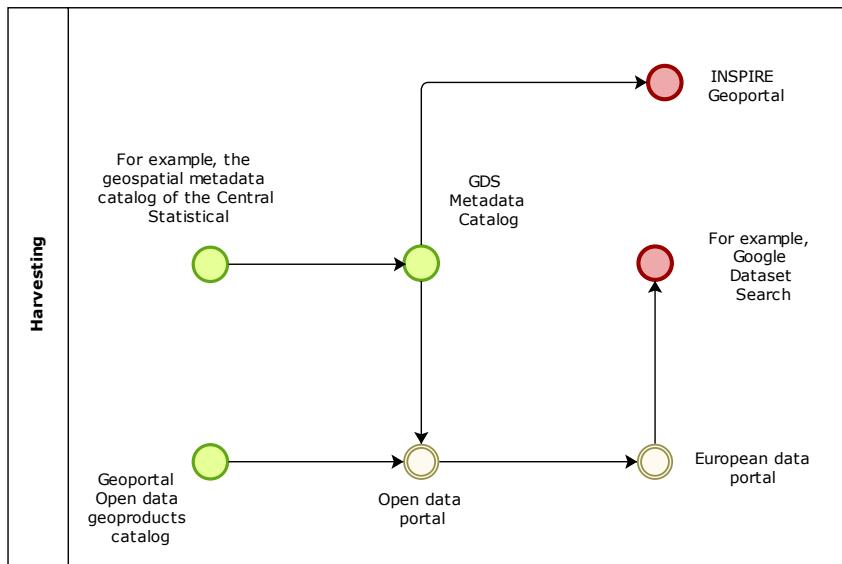
1.1. Fig. Adaptation to the concept of Geospatial Information Infrastructure



1.2. Fig. A simplified data transfer scenario based on INSPIRE processes

details and conditions of use. For example, America also has its own metadata catalog called the *National Spatial Data Clearinghouse*, which provides users with access not only to metadata, but also to spatial data [62]. According to OMB Circular A-16 [32], all spatial data collected by US federal agencies should preferably be available through the Federal *Clearinghouse*.

Let's consider the trivial case, when the data provider is responsible for both the Resource, the Theme, and the creation of distribution services. In order to simplify the example, let's speak about INSPIRE Theme – Administrative units (*Theme 4* [47]). In the figure with the title *1.1. Fig. Adaptation to the concept of Geospatial Information Infrastructure* will be scenario 'A'. Authority A > Resource A > Layer A > Theme A > and Web Service A. A simplified scenario of data transfer to INSPIRE is described in *1.2. Fig. A simplified data transfer scenario based on INSPIRE processes*. The institution prepares a set of data from its distribution environment for transfer to INSPIRE, but pre-processing and preparation or transformation of the data takes place as described in the chapter Transformation services. As a result, interoperable or INSPIRE semantically harmonized data is obtained, which can be connected to a standard application software server as a data source, such as *deegree*, *GeoServer*, *ArcGIS* server, etc. A standard application software server will read a formally correct data structure according to the specified INSPIRE Theme from the INSPIRE XML Schema (XSD) [63] repository and serialize interoperable data according to the schema. As a result, at least two services corresponding to the specified INSPIRE Theme will be obtained, for example Theme 'A' INSPIRE Download Service and Theme



1.3. Fig. **Example of harvesting chain**

'A' INSPIRE View Service. Representation of INSPIRE View Services is usually configured manually at the application software server level or using the OGC standard SLD technique, while Resource and Service metadata are manually registered in the GDS Metadata Catalog. There is a possibility to integrate harvest processes in the harvesting chain (see *Fig. 1.3. Example of harvesting chain*) and start metadata harvesting to the GDS Metadata catalog from a local metadata catalog. For example, enable metadata harvesting to the GDS Metadata catalog from the geospatial metadata catalog of the Central Statistical Office (<https://inspire.stat.gov.lv/pycsw/>).

1.6. Semantic interoperability of data exchange in Latvia

Semantic interoperability is achieved through the use of standardized Vocabularies, Code Lists, Glossaries and Identifiers provided in *subsection 1.4.* listed mechanisms.

In addition, the interoperability can ensure such trends as information reuse (including *harvesting*), linked data and open data.

The issue of data availability is being actively discussed in Europe and the world. The opening of information can be of interest to, for example, journalists and researchers, as a result of which the society can obtain more transparent and fact-based information from known sources. Also, the overall quality of open datasets can improve due to public feedback on, for example, data quality or content. Wide availability of open data can also encourage entrepreneurs in the creation of new products or services, as well as institutions will have the opportunity to implement more effective fact-oriented decision-making, incl. in territory planning and resource management.

The above enumeration clearly shows a parallel with INSPIRE resources, where the format is machine-readable and open, to objects and attributes are assigned unique identifiers, and objects/attributes are linked to objects/attributes from other INSPIRE themes and vocabularies.

Only INSPIRE does not require that the data itself necessarily have one of the “Open” licenses. In the case of Latvia, only two licenses (*CC0 1.0* and *CC-BY-4.0* (State Land Service)) [64] are available on the Open Data portal at the beginning of 2022, the most popular license is “*CC0 1.0 Universal*” [65]. On the other hand, a series of “*Open Data*” licenses were used on the European Open Data Portal [66], where some do not provide for commercial use, but still is considered as “*Open Data*” licenses.

In Latvia, in accordance with the procedure by which institutions place information on the Internet [67], institutions publish the open data at their disposal in machine-readable form together with metadata or only the metadata of a dataset on the Latvian Open Data Portal (<https://data.gov.lv>), while open geospatial data is published on the Latvia unified Geospatial Information Portal (<https://geolatvija.lv>).

By analogy with the automated collection of website content [68], INSPIRE Geoportals [69] and the Official European Data Portal [70] harvest information from the Latvian GDS Metadata Catalog [15], [16], the Geoportal’s Open Data Geoproducts [71] and the Open Data Portal [72]. Service registers harvest information from other Service registers, creating harvesting chains (see *Fig. 1.3. Example of harvesting chain*). On the other hand, INSPIRE Geoportals and the European data portal can be used as centralized information acquisition points for external solutions. For example, the *Google* solution *Dataset Search* [73] uses the European data portal as a data source, so the catalog entries of the Latvian Open Data Portal are also available in *Google*.

1.7. Technical interoperability

Technical interoperability is achieved with a standardized OGC-based set of 1) View (WMS), 2) Download (e.g., WFS) and 3) Search (CSW/*Discovery*) services, supplemented with specific requirements in the case of Latvia and Europe.

In order to ensure technical compatibility or interoperability, when planning new information systems and information accumulation mechanisms, industry-defined standards and guidelines and/or legal regulations, such as the Cabinet of Ministers' regulations, are adhered to. In cases where, when building a new information system, it is not planned to rebuild the information storage mechanism, but the existing format for distribution purposes is not suitable, a new data distribution storage is built, which will have to meet the semantic and performance requirements of the future system. In order to ensure the connection between the processes of data accumulation and data distribution, specific data transformation chains are built, which allow both restructuring of information and changing the type or format of data sharing. One classic example is the transformation of a CSV file with coordinates, both in format and structure, and saving it to a database table with point geometry objects. A good example of technical and legal interoperability is the regulations of the Cabinet of Ministers on the creation and maintenance of the Encumbered Territories Information System and the encumbrance classification of encumbered territories and real estate objects [74], which contain qualitatively prepared technical annexes. For example, the object classifier of the Encumbered Territories Information System contains object identifiers/codes, names and type (point, line or polygon).

On the other hand, the transformation of data and structure by preserving the main aspects of the data and adapting the data model, content elements, descriptive elements, coordinate system and data types is called data transformation. Data transformation can be done at several levels: at the database level, at the script level and by applying specific software. For more optimal performance, transformations are applied at the database level. Moderate performance and flexibility can be achieved with script-level transformations. On the other hand, to ensure maximum flexibility for 1) data, 2) structure and 3) format transformation, specific paid ETL software is often used.

1.8. Chapter summary

The chapter introduces the scope of the term GII. It has been collected and analyzed information about the origin of the term, also considering world

experience. It has been established that the successful realization of GII depends not only on technical aspects, but is also influenced by aspects of data compatibility/harmonization or interoperability – such as Technical, Legal, Organizational and Semantic interoperability. It was concluded that GII includes, among other things, experience exchange platforms, where a separate role is also intended for academic education.

In the context of GII, Latvian regulatory acts were analyzed and summarized, a summary table (Table 1.2.) with reference points of implementation in Latvia was compiled. The universal processes were designed: the adaptation process of the GII concept (*Fig. 1.1*) and the Simplified data transfer scenario based on INSPIRE processes (*Fig. 1.2*). Also, the semantic aspects and the structure of the Latvian segment of GII were analyzed, the harvesting process was characterized (*Fig. 1.3*), and the methods of transformation of geospatial data sets were also analyzed.

Analyzing the topic of Fuzzy logics, it is emphasized that a knowledge-based approach means a methodical attempt to replace missing algorithmic procedures by using human knowledge. Thus, even partially fulfilled conditions lead to partially fulfilled conclusions. Therefore, it is possible to consider uncertain information and cross-disciplinary knowledge in system modeling.

Comparing the biggest players in the implementation of GII, it was found that the most important difference between the European and American approaches is that the American approach also assumes the interest of the producer of geospatial datasets (investments/subsidies). In contrast to the European approach, where the scope of the datasets to be included is fixed with 34 themes, defined and does not provide for centralized funding from budgets (only funding at the project level is possible), the centralized management of the American dataset portfolio is an active process of tracking, maintaining, expanding and harmonizing with a global goal / mission to recognize and solve problems, positively influencing the business needs of companies.

A significant difference from European and Latvian GII approaches is that America is trying to create a process for improving interoperability, in which datasets and their compliance with Portfolio requirements and specific topics are reviewed once a year in peer review process. Recommendations on inter-agency/institution priorities are based on this review, which also affects the budgeting process. The portfolio of data sets is created flexibly, regularly consulting with all involved parties and adjusting both in the catalog of data themes and in the amount of subsidized funding. When developing Latvia's geospatial information infrastructure, including during the stages of developing the development strategy, it is necessary to foresee that the GII development strategy (in the context of MK Order No. 490 of 2021 "*On Digital Transformation Guidelines for 2021-2027*"[61]), directions of action and

principles of information maintenance and distribution may be flexible and regularly reviewed (similar to *Agile*), and not monumentally embedded in regulatory acts, where the review period or iteration length is no longer than one year or correlated with the state budget cycle.

2. GII REALIZATION AND APPLICATION SOLUTIONS

The chapter examines the content of the Latvian GDS metadata catalog and describes an overview of the included datasets, services and data. Also, the evaluation mechanisms of GII implementation are listed and the information acquisition technique and algorithm of the Spatial Download Services are characterized for obtaining large-scale information in portions, as well as a conceptual architecture for the Information System for territory development planning is proposed.

2.1. The assessment of implementation

The requirements for evaluating the implementation of GII have changed over the years. In the early stages of GII development, evaluation requirements were not clearly articulated and evaluation activities during this period began primarily as an academic exercise and were driven by enthusiasm. Later, as the attention of government officials and policymakers to GII increased, the requirements for implementation evaluation also changed and defined the need for formal progress reports on implementation and use. In other words, a shift from a more intuitive to a more rational assessment of GII can be observed. Academia is challenged to keep up with changing evaluation requirements by developing science-based and policy-relevant evaluation approaches [75].

The following indicators can be used to evaluate the implementation of GII:

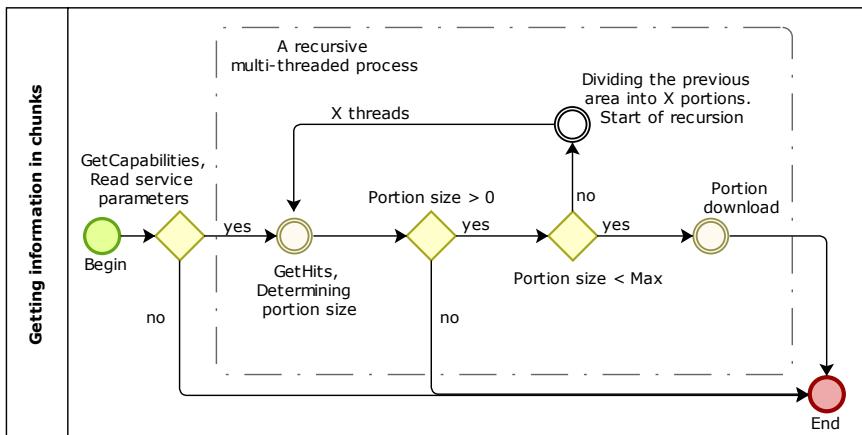
- 1) implementation indicators to be submitted once a year [75];
- 2) reports to be submitted every three years [75];
- 3) review [76].

It is necessary to understand that the implementation of INSPIRE is a time-consuming and resource-consuming process that must be carried out systematically, continuously and cyclically. Since any software update or data specification change can affect all GII components, it is necessary to consider that the more elements there are in the GII, the stricter the standards and implementation rules must be.

2.2. Application of filtering techniques in web feature services

Since the publication of the INSPIRE directive, spatial web services (including WFS and WMS) have been recommended for data exchange between information systems and in client-server solutions. In order to ensure that the Geospatial Information Infrastructure of the European Member States is compatible and usable in the European Community, including in a cross-border context, the implementation of the INSPIRE Directive requires that each of the Member States adopt the INSPIRE Common Implementation Rules in several areas – such as Metadata, Data Specifications, Web services, Data and service sharing, monitoring and reporting. The OGC Implementation Specification provides for the transport of spatial information using XML-encoded OGC in the form of GML. WFS provides the possibility to receive information about geospatial objects also in GML – machine-readable form. To work around technical limitations in the process of downloading massive data sets, it is possible to divide large data sets into chunks, sending each query for the data only for a chunk and not for the entire data set. This partitioning can be organized using a spatial or parametric filtering approach.

The main advantage between WFS and other standardized data exchange solutions such as data exchange using the File Transport Protocol (FTP) or data copying using physical data copying devices such as optical disks or USB is the



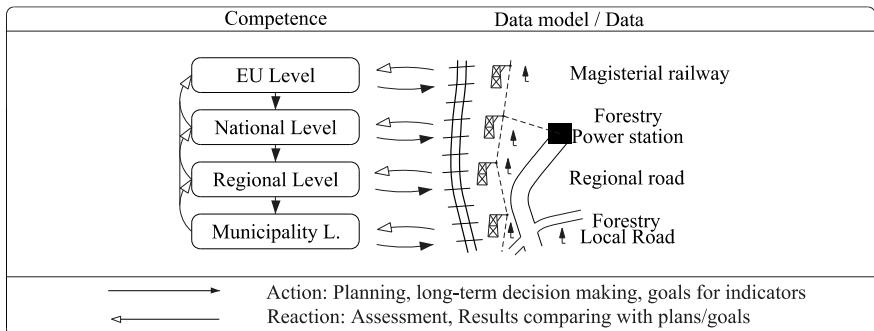
2.1. Fig. Getting information in chunks

ability to access each spatial object (feature) individually using the WFS protocol – 1) read information, 2) find an object, 3) modify and all this is possible – in online mode. Another advantage is that it is possible to integrate web services into business processes implemented as a step in large processes or as a step in GIS applications. According to Bejars R. et al, professional users can benefit more from web services that provide access to large data sets, especially if they are regularly updated [77]. The advantages of SOA can also include the fact that information collected once for a purpose could be useful for completely different purposes, as well as access to the information will be ensured and it could be widely used at all levels – both in public administration and for commercial purposes in the private sector [78].

In the case of download services, the information is usually serialized in GML format, which contains a large amount of repeatable information (*tags*) that describes the structure of the information. And if it is necessary to download a whole data set, which often contains a significant amount of information, in order to avoid server crashes or overloads of the telecommunication service provider's network, it is necessary to divide the amount of information to be downloaded into portions. And in order to download a whole data set, it is necessary to iteratively send queries for portions of objects and create portions based on spatial or attributive properties of objects (see *Fig. 2.1. Obtaining information in portions* and *subsection 2.2. Application of filtering techniques in web feature services*). Li W. et al also pointed out the fact that WFS allows access to up-to-date data, but generates a large amount of repeatable information when serializing geospatial and attribute data [79].

2.3. IS architecture for territory development planning

The purpose of the subsection is to describe 1) an information system architecture model for sustainable territory development planning and operational decision-making, applying GII techniques and 2) a process model for sustainable territory development planning and operational decision-making. As a result, territory development planning and land consolidation specialists, when creating territory development planning documents, as well as operational services and property insurers, will be able to apply this architecture and process model for both planning and decision-making, including tasks such as maximizing the cadastral value of land in accordance with the cadastral valuation methodology and for operational mitigation in cases of crisis. The monetary approach is chosen because most people understand values expressed in monetary units, it is often a convenient common denominator to express the relative contribution of other forms of capital, including natural capital [80].



2.2. Fig. **Shared decision-making in sustainable territory management**

There are many tools available that use as a data source information that is not obtained from national registers or available offline, but tools that can use official data registers of EU member states for online data entry have a higher development perspective. The most promising tools for online data entry use standardized datasets, such as datasets according to INSPIRE themes. It allows the creation of huge models for the entire territory of the EU, using a uniform data specification and easily applicable in each of the EU countries.

The European Commission technical report “*Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*” focused on classification and GII technologies. It is recognized that effective spatial analysis [81] can be performed using GII, including for planning and decision-making.

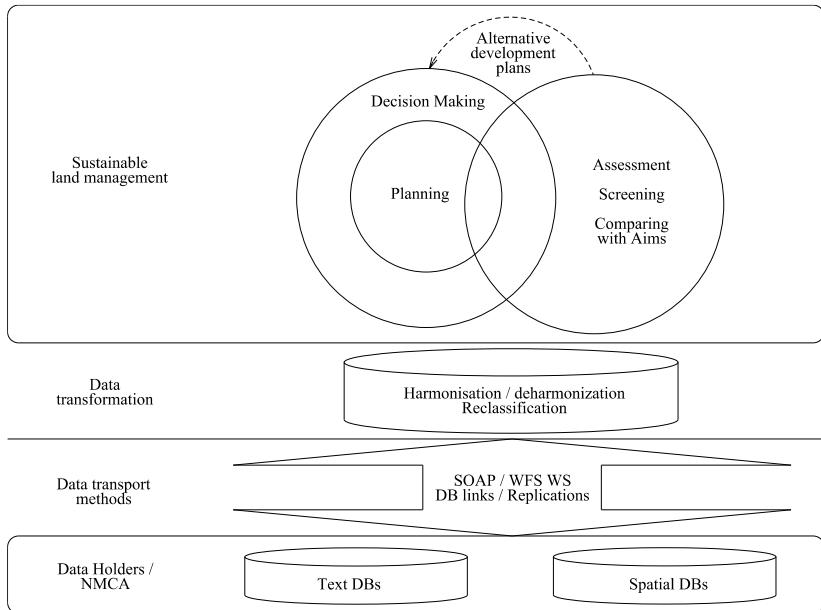
The tasks of land management are to manage and control the process of land management (as physical phenomena and as property) and to plan land development [82]. There are the following concepts of land development planning: sustainable development, socially oriented development and market oriented development. All planning concepts work well only when development goals are clearly defined – in each planning iteration, the current situation is compared to predetermined indicators, thus allowing decisions to be made to correct trends. The following levels of development can be divided: EU, state, regional and municipal levels (see Fig. 2.2 *Shared decision-making in sustainable territory management*). Territory development projects at the level of land units – local plans can also be mentioned as an exception. Basically, the concept of sustainable development is first adopted at the national level and gradually implemented also at the regional and municipal levels. 2.2. Fig. *Shared decision-making in sustainable territory management* shows the approach of sustainable land management at different levels of management, where feedback is implemented at all levels of development and this process goes in a spiral.

The INSPIRE Directive envisages the availability of a wide range of harmonized/interoperable data, which can become a wonderful set of standardized input data for any solution where reliable information of known provenance over large areas and in a standardized form is required. In order to define an automated land management process model and an information system architecture model for sustainable territory development planning and operational decision-making, it is necessary to clearly understand what input/output data will need to be worked with. It is clear that data specifications may vary between countries and organizations. In the most optimal case, the datasets included in INSPIRE themes should suffice, that the datasets exist, meet INSPIRE requirements and are distributed without any specific limiting conditions.

In addition, considering that the basic data unit can be a land unit and land information, the Land Management Domain Model was analyzed [83]. It turned out that some object types are not included in the standard, such as land evaluation data, land use data and land surface cover data. Based on this, it was decided not to consider this standard as a basis for the creation of an automated land management process model. The architecture and process models are based on both the INSPIRE directive and the classic approach, for example, on SOAP services, DB replications to access non-harmonized or non-interoperable (standardized, but only within the institution) data of data providers.

A developed IS architecture model (see *Fig. 2.3 IS architecture model for sustainable territory development planning and operative decision-making*) provides an opportunity to work with the text and spatial data of the National Mapping and Cadastre Agency and other data holders. Data exchange is provided using 1) DB Links and DB Replications for large datasets and WFS for geospatial datasets, and 2) SOAP/RESTful services for textual data exchange. In order to make the data interoperable, a comprehensive model of data transformation and reclassification is planned, in which data from non-harmonized data sets will be adjusted or harmonized, so that data processing can be carried out in a harmonized environment. The problem of data transformation, compatibility, or interoperability should not be underestimated, because, in most cases, this problem cannot be solved using only technical means. For example, harmonization of regulatory acts may be necessary. The problem is described in more detail in *subsection 1.3. Interoperability*.

In order to ensure the development of the territory in the context of “sustainability”, a simplified model of rational planning is adopted in an endless cycle. Cycle steps: 1) data collection, 2) data analysis (in the process of planning or decision-making), 3) forecasting the future (planning), setting goals (planning), developing alternatives (planning), 4) evaluation, checking indicators, comparing with the past for specific purposes, and 5) responding to



2.3. Fig. IS architecture model for sustainable territory development planning and operative decision-making

trends (feedback). If necessary, the cycle is repeated, using the alternative scenario defined in step 1 using in step 3 predefined criteria.

The tasks of land management are to manage and control the process of land management (as physical phenomena and property) and to plan land development. Many approaches can be used to implement these tasks, the most forward-looking is the concept of sustainable development, where, depending on the goals, it is always possible to make decisions (or plan changes) to correct development trends. Especially in order to bring the automated implementation of these tasks closer, the IS architecture for land development was defined (see *Fig. 2.3 IS architecture model for sustainable territory development planning and operative decision-making*). IS architecture focuses on the use of interoperable data (e.g., INSPIRE datasets), but not only. The weak point of the architecture is the data transformation module, because for some data sets the problem of interoperability or data reclassification cannot be solved using only technical means, for example, classification or regulatory adaptation may also be required. In order to implement the IS architecture for land development, an automated general process model for land management was developed. The process model uses modern information technology and provides regular and irregular execution

options. The regular process is oriented to the processing of entire datasets at the level of registers for planning purposes, while the irregular process is oriented to interactive or on-demand online decision-making and provides the possibility of working with data at the object level, which can be useful in emergency situations and for small areas.

Both architectural and irregular process models are oriented towards the application of GII.

2.4. Chapter summary

The chapter introduces GII implementation and implementation evaluation mechanisms, also analyzing and reporting on metadata, data, and application performance of GII methods. Process and architectural models for the information system on territorial development planning have been developed. Among them, a Process model for sustainable territory development planning and operational decision-making was developed, where the regular process is oriented to data processing at the level of data sets/registers for planning purposes, while the irregular process is oriented to interactive or on-demand online decision-making and provides the opportunity to work with data at the object level, which can be useful in emergency situations and small areas. For example, an irregular process can help operational decision-making in cases of crisis situations, in online mode and in a territorially small area (will not overload the system as in SOA case).

A recursive algorithm for downloading geospatial data sets from geospatial data sets web feature services has been developed (*Fig. 2.1*).

It was concluded that the implementation of INSPIRE is a time-consuming and resource-consuming process that must be carried out systematically, constantly and cyclically, while the implementation of GII is a long-term (endless) cyclical process.

Since any software update or data specification change can affect all GII components, it is necessary to consider that the more elements there are in the GII, the stricter the standards and implementation rules must be.

Considering that when preparing the Software Design Descriptions (PPA) for web services, the volume and complexity of the software design will increase, the amount of useful information for an individual user will decrease and it will be difficult or impossible to extract and learn the necessary information from the PPA. And that the practical organization of the necessary design information is essential for its use [84], it is concluded that self-describing methods of OGC standards such as GetCapabilities and Describe Feature Type (as well as

any other self-describing web services and their methods) are considered good examples of design in the practical organization of information and PPA is not additionally required for this type of web services.

It was concluded that the problem of data transformation, compatibility, or interoperability should not be underestimated, because, in most cases, this problem cannot be solved using only technical means. For example, regulatory compliance may be required, or data may be semantically incompatible.

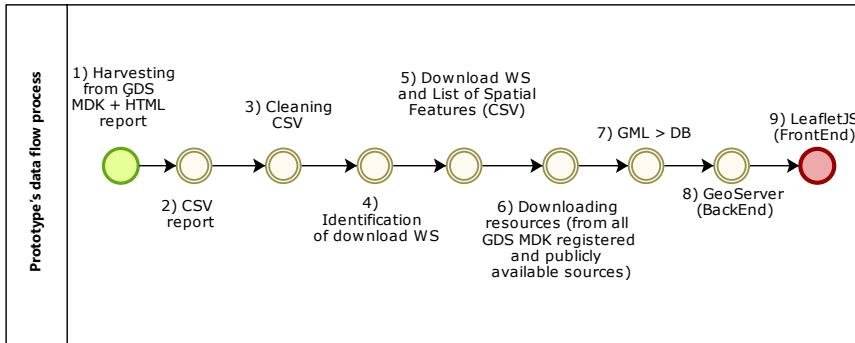
It is concluded that despite the server's limitations regarding the maximum allowed WFS downloadable portion size, it is possible to download an entire resource by dividing the information into portions. A best practice solution for attributive (non-spatial) filtering is to filter by a unique identifier. So, for better performance, the unique identifier should be included in the scope of the information distributed on the WFS server side. If the scope of information distributed on the server side does not include the unique identifier of spatial features or it is necessary to download information about a specific area, spatial filtering must be applied.

Key advantages of the non-spatial (attributive) filtering approach: Best performance is achieved when the data schema includes the unique identifier; it is possible to use this approach if the spatial approach returns a timeout; if the unique identifier is used, it is possible to do without downloading repetitive information. On the other hand, the main disadvantages of the non-spatial approach: work slowly with non-unique identifiers; if the unique identifier is not used, redundant (duplicate spatial feature) information is downloaded.

The main advantages of the spatial filtering approach: requests can be fulfilled by specifying a specific area; better performance for datasets without a unique identifier than for attributive filtering. On the other hand, the main disadvantages of the spatial filtering approach are – for large data sets, it is not possible to use spatial filtering at all due to the server timeout (for example, when trying to calculate the portion size); redundant (duplicate) information is downloaded.

3. APPROBATION OF THE PROPOSED SOLUTION

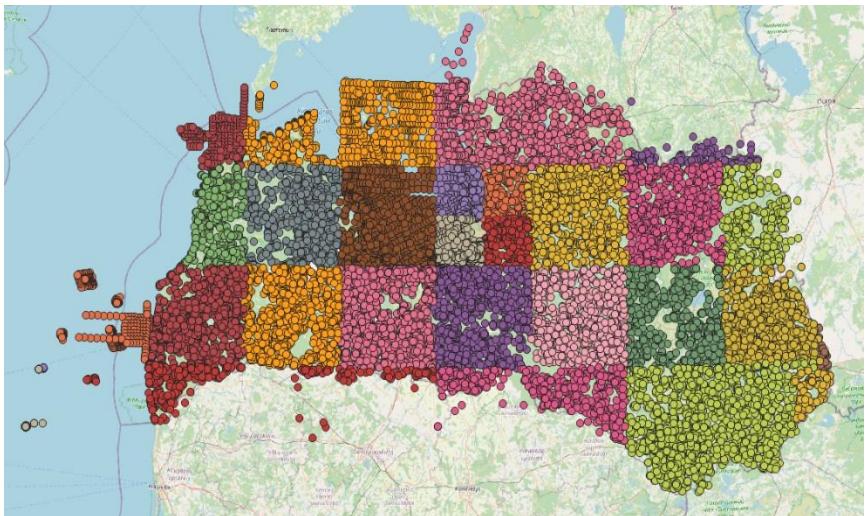
Programming, system analysis and prototyping methods were used to test the approach for iterative metadata harvesting and geospatial information download. Using the *Python*, following processes were developed and programmed: 1) information harvesting from GDS MDK (Catalog) and creating a human-readable report in HTML format, 2) transforming human-readable reports in HTML format into machine-readable CSV format, 3) filtering machine-readable CSV files to obtain a machine-readable list only with download services and



3.1. Fig. Prototype's data flow process

predefined data sets, 4) machine-readable filtering of the CSV file to obtain a list of only download services, 5) creating a list of download services and *FeatureTypes* in it and 6) applying the developed algorithm for filtering and obtaining information in portions (*Fig. 2.1. Information acquisition in portions* and *Fig. 3.2.*), mass downloading of information from all download services registered in GDS MDK and Spatial features saving locally in GML format. In addition, 7) the process of transforming and saving GML files in the *Postgres PostGIS* database, 8) the process of creating a data distribution channel based on *GeoServer* technology, and 9) the process of creating an end-user user interface with a map overview window based on *LeafletJS* technology were also prototyped and tested. As a result, a solution prototype was developed and approved for iterative metadata harvesting and information download from the Latvian GDS Metadata catalog registered geospatial download services, with the aim of providing high-speed access to geospatial data for operational decision-making and long-term territory development planning. You can familiarize yourself with each of these processes in more detail in the subsections of *chapter 3*, the data flow process of the solution prototype is available in *3.1. Fig.* Source codes for the most important steps of the process – about information harvesting and creating an HTML report (*Fig. 3.1, step 1*)), as well as about downloading resources using a recursive algorithm (*Fig. 3.1, step 6*)) from *subsection 2.2. Application of web feature services filtering techniques* were published in *GitHub* source code repository under *CC0 1.0* license.

GeoServer technology, which supports industry standard OGC such as WFS, WMS, was selected to provide the prototype data distribution (presentation) channel. WMTS (Cached Viewing Service) was also provided as an extension to provide high speed view service. A *Postgres* database was connected as a data source. Each layer has its own display style based on the SLD technique.



3.2.Fig. Portioning – example. Spatial feature type – 'geBorehole'

In addition, a tile caching mechanism in *jpeg* and *png* formats is activated to ensure high-speed view service; and LKS92 and *google* (*EPSG:900913*) in grid nomenclature. To ensure that the layers outputs sequentially, for example, so that a line layer outputs on top of polygon layers and a point layer renders on top of both polygon layers and line layers.

In addition, a layer group was created. The layer group also has *png* and *jpeg* tile tracking enabled. The cache is generated 1) on first request and then available to subsequent users, 2) or it is possible to trigger forced tile caching for all available territory and all grid nomenclatures at once. This massive process can take several days, in the case of the prototype the tiling mechanism was enabled – *on first request*.

As a result, it was possible to access vector data (WFS provides distribution in the following formats: *CSV*, *GML*, *GeoJson*, *KML* and *ShapeFile*) and attributes of each Spatial Feature object at the interface level, and viewing services (WMS and high-speed WMTS) provide access to data in raster formats (e.g., *GIF*, *GeoTiff*, *JPG*, *PNG*, etc.).

As a prototype presentation level, in addition to program interfaces, a high-speed user interface was created based on *LeafletJS* technology (*leaflet.js* library).

The prototype's presentation-level user interface is implemented as an HTML page that can be opened with any browser that supports HTML and *JavaScript*.

3.1. Chapter summary

The chapter describes the developed prototype for gathering and obtaining information from the decentralized data sources of the Latvian segment of the global GII, loading and processing information in the database, as well as distributing the results.

Source codes for the most important steps of the process – for drawing information and creating an HTML report (*Fig. 3.1, step 1*), as well as for downloading resources using a recursive algorithm (*Fig. 3.1, step 6*) from *subsection 2.2. Application of filtering techniques in web feature services*, was published in *GitHub* source code repository under *CC0 1.0* license and is publicly available.

Some practical realizations of the doctoral thesis will be used in the development of laboratory tasks in the new LLU study course in the field of Information Technology “*Information Technologies in Geoinformatics*”.

The relatively elegant technical implementation of the prototype may indicate that the main problem in the implementation of GII may not be in Technical implementation and interoperability, but in Legal, Organizational and Semantic interoperability. Therefore, it can be concluded that the implementation of GII only at the technical level (involving only IT specialists) is impossible and the technical scope covers only provisionally 25% of the total GII implementation.

CONCLUSIONS

(the numbering follows the numbering of the proposed theses)

The recommendations developed in the doctoral thesis for the improvement of the implementation of geospatial information infrastructure and the management of public administration processes in the context of Latvia were defined and are listed in a separate *subsection “Recommendations and key new values”*. The main aspects of the recommendations are 1) transfer of state administration processes to the digital plane, 2) GII implementation and state administration processes are cyclical and endless and 3) leveling the problem of interoperability. All these are confirmed, and on their basis the following conclusions were defined.

- 1) Spatial computing is an idea and a set of technologies that will transform society's life by understanding the physical world and the interrelationships and place within it [29]. Using data models and mathematical apparatus, it is and will be possible to plan development and

react (make decisions) to events on a local and global scale. Many INSPIRE themes are not available in interoperable form. The creation of the missing services can positively affect the development of many branches of economic activity, as well as the integration of Latvian GII into European and global GII. The thesis collected information on the implementation of GII in Latvia – on Legal, Organizational, Semantic and Technical aspects and proved that using the already developed and publicly available Latvian segment of the world GII, it is possible to search by parameters or geometry (you can find a specific object spatially or by its parameters/attributes) in Spatial Features registered in the Metadata catalog; as well as online access to information that will be the basis for operational decision-making and/or long-term territory development planning;

A catalog with service and resource metadata is already available, where information can be accessed centrally without any restrictions and in a theoretically interoperable way. A centralized metadata catalog of the Latvian GDS facilitates the search for information, but the question about information quality is open. On the one hand, the availability of information already makes it possible to build online decision-making systems (for example, SDSS), but on the other hand, the quality of information levels the effort. The public is also offered to anticipate the interest of commercial geospatial data set producers (including funding), instead of delegating this function only to state administrative authorities. In addition, when developing Latvia's geospatial information infrastructure, including during the stages of developing the development strategy, it is necessary to foresee that the GII development strategy (MK order No. 490 of 2021 "*On Digital Transformation Guidelines for 2021-2027*" [61] context), directions of action and principles of information maintenance and distribution, or "*GII implementation process*", may be flexible and regularly reviewed by analogy with *Agile*, and not monumenally embedded in regulatory acts, where the review period or iteration length of the GII implementation process is no longer than one year, or in correlation with the state budget cycle. GII implementation is a cyclical process similar to Agile and the community will never be able to say that the process is complete. The community has the opportunity to keep up with the GII implementation process, as well as to try to develop Technical, Organizational, Semantic and Legal interoperability, including through Stakeholder Dialogue;

The relatively elegant technical implementation of the prototype (*chapter 3*) may indicate that the main problem in the implementation of GII may not be in the Technical implementation and interoperability, but in Legal,

Organizational and Semantic interoperability. Therefore, it can be concluded that the implementation of GII only at the technical level (involving only IT specialists) is impossible and the technical scope covers only provisionally 25% of the total implementation of GII. Considering the aspects of interoperability and to improve the quality of geospatial information management (including information quality), it is proposed to develop at the academic level the competences and qualifications of individual groups of specialists from non-IT sectors in computer science, including geoinformatics. For example, in sectors that provide and develop Legal, Organizational and Semantic interoperability. In order to achieve this, a new study course program for master's students "*Information technologies in geoinformatics*" was developed based on the doctoral thesis. In addition, to make the idea of GII more accessible not only to IT professionals, such as researchers, data enthusiasts, journalists and students, most interested source code listings were published in the *GitHub* source code repository under an open *CC0* license, which allows all interested parties freely (without any conditions) to use and improve. As well as individual practical realizations of the doctoral thesis will be used in the development of laboratory tasks in the new study course in the field of Information Technology "*Information Technologies in Geoinformatics*". The above mentioned in general can improve the quality of GII implementation in Latvia.

- 2) Despite server restrictions on the maximum allowed WFS downloadable chunk size, it is possible to download an entire resource by splitting the information into chunks. A best practice solution for attributive (non-spatial) filtering is to filter by a unique identifier. So, for better performance, the unique identifier should be included in the scope of the information distributed on the WFS server side. If the scope of information distributed on the server side does not include the unique identifier of spatial features or it is necessary to download information about a specific area, spatial filtering must be applied.
 - a) Main advantages of the non-spatial (attributive) filtering approach: the best performance is achieved when the unique identifier is included in the data schema; it is possible to use this approach if the spatial approach returns a timeout; if the unique identifier is used, it is possible to do without downloading repetitive information. On the other hand, the main disadvantages of the non-spatial approach are – work slowly with non-unique identifiers; if the unique identifier is not used, redundant (duplicate spatial feature) information is downloaded.
 - b) The main advantages of the spatial filtering approach: requests can be fulfilled by specifying a specific area; better performance for datasets without a unique identifier than for attributive filtering. On the other

hand, the main disadvantages of the spatial filtering approach are – for large data sets, it is not possible to use spatial filtering at all due to the server timeout (for example, when trying to calculate the portion size); redundant (duplicate) information is downloaded.

RECOMMENDATIONS AND KEY NEW VALUES

The scientific achievements in the research of the topic and the methods used in the doctoral thesis helped to define the following innovative proposals for the improvement of the GII implementation process and the management of state administration processes:

- 1) it is necessary to continue the implementation of GII, as well as the binding processes, including the systematic development of data models (not only models of geospatial datasets) and management processes with the global goal of transferring all public administration processes to the digital plane. In order to facilitate the digitization of state administration processes, the following processes were developed and characterized: Adaptation to the Geospatial Information Infrastructure concept; Simplified data transfer scenario based on INSPIRE processes; An example of a harvesting chain; Obtaining information in portions; Process model for sustainable territorial development planning and operational decision-making and data flow process of the prototype. In addition, an algorithm with a solution for recursively iterative information extraction from voluminous web feature services was developed and tested;
- 2) considering that the GII implementation process is a long-term (endless) cyclical process, it is proposed to synchronize GII implementation iterations with the state budget cycles, anticipating the commercial interest of producers of geospatial data sets and those driving processes related to GII;
- 3) in order to raise society's competence (level interoperability problems) in issues of GII implementation, a new study course program for master's students "*Information technologies in geoinformatics*" was developed based on the doctoral thesis. It is proposed to include this study course not only for IT, but also for master's students of other relevant fields. It is also necessary to continue academic research in the direction of implementation aspects of Geospatial Information Infrastructure. For example, research on the replacement/non-replacement of manual decision-making (including political decisions) with scientifically based and information-based business/information systems' online decision-making or support;

- 4) to ensure data-based online decision-making for small areas, for example, operational decision-making in cases of crisis, it is recommended to organize data exchange using spatial filtering, while to enable some massive data processing process, for example, the long-term territorial development planning process, it is recommended to organize data exchange by applying the recursive filtering using unique identifiers as a parameter. In cases where the resource does not contain unique identifiers, a recursive filtering algorithm should be applied, using the coordinates of the area of interest as a parameter.

INFORMĀCIJAS AVOTU SARKSTS BIBLIOGRAPHY

- [1] J. Klētnieks, *Astronomija un ģeodēzija Latvijā līdz 20. gadsimtam / Astronomy and geodesy in Latvia up to the 20th century (In Latvian)*, 1st ed. LU Akadēmiskais apgāds, 2014.
- [2] J. Klētnieks, *Ģeodēzijas izglītība un zinātne Latvijā 1862-1990 / Geodesy education and science in Latvia 1862-1990 (In Latvian)*. Rīga: RTU Izdevniecība, 2012.
- [3] M. Bērziņa et al., *Kadastrs / Cadastre (In Latvian)*. Rīga: Talsu Tipogrāfija, 2012.
- [4] P. Semenchuk, “Optimization of E-Service Development for Latvian Public Sector,” in *Information Technologies’ 2011*, Kaunas, 2011, pp. 109–116.
- [5] VRAA, “API Pārvaldnieks” / “API Manager (In Latvian).” https://viss.gov.lv/lv/Informacijai/Dokumentacija/Koplietosanas_komp_onentes/API_Parvaldnieks.
- [6] VRAA, “Par Informācijas sistēmu servisu katalogu” / “About the catalog of Information systems services (In Latvian).” <https://lvp.viss.gov.lv/VISS.ISSK/>.
- [7] VRAA, “API Pārvaldnieka (WSO2) Izstrādātāju portāls” / “API Manager (WSO2) Developer Portal (In Latvian).” <https://api.viss.gov.lv/store/>.
- [8] J. Kornjienko, “A Uniform Resource Name (URN) Formal Namespace for the Latvian National Government Integration Project.” <https://www.ietf.org/rfc/rfc4617.txt>.
- [9] “Dublin Core Metadata Initiative.” <http://dublincore.org/>.
- [10] R. Moats, “URN Syntax,” 1997. <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2141>.
- [11] “LV XML Schemas.” <http://ivis.eps.gov.lv/XMLSchemas/>.
- [12] P. Semenčuks and J. Kornjienko, “Service Oriented Architecture Implementation in Latvia Developed Software,” in *16th International*

- Conference on Information and Software Technologies (IT 2010): Research Communications*, 2010, pp. 91–98, [Online]. Available: http://isd.ktu.lt/it2010//material/Research/4_ISS_5.pdf.
- [13] “VISS Koplietošanas komponente Datu izplatīšanas tīkls” / “VISS Sharing component Data distribution network (In Latvian).” https://viss.gov.lv/lv/Informacijai/Dokumentacija/Koplietosanas_kompONENTES/DIT.
- [14] VRAA, “Ģeotelpisko datu savietotājs” / “Geospatial data aggregator (In Latvian).” <https://viss.gov.lv/lv/GDS>.
- [15] VRAA, “Ģeotelpisko datu kopu Metadatu katalogs” / “Metadata Catalog of Geospatial Datasets (In Latvian).” <https://geometadati.viss.gov.lv/geoportal/catalog/wrapper/ivisgds.page>.
- [16] “Ģeotelpisko datu kopu Metadatu kataloga Tīmekļa serviss” / “Geospatial dataset Metadata catalog’s Web service (In Latvian).” <https://geometadati.viss.gov.lv/geoportal/csw?request=GetCapabilities&service=csw>.
- [17] J. Strauhmanis, “Latvijas nacionālais atlants: Ideja un realitāte” / “Latvian national atlas: Idea and reality (In Latvian),” *Geomātika*, 2009. <https://ortus0m.rtu.lv/science/lv/publications/7316>.
- [18] J. Strauhmanis, *Tematiskā kartografija / Thematic cartography (In Latvian)*. Rīga: RTU Izdevniecība, 2002.
- [19] K. Charvat, M. Alberts, and S. Horakova, Eds., *INSPIRE, GMES and GEOSS Activities, Methods and Tools towards a Single Information Space in Europe for the Environment*. Rīga: Tehnoloģiju attīstības forums, 2009.
- [20] Eiropas kopienu komisija / European Commission, “European Interoperability Framework – Implementation Strategy.” EUR-Lex, Brisele, 2017, [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TX/?uri=CELEX:52017DC0134>.
- [21] Eiropas kopienu komisija / European Commission, “Eiropas mākoņdatošanas iniciatīva: konkurētspējīgas datu un zināšanu ekonomikas veidošana Eiropā” / “European Cloud Initiative - Building a competitive data and knowledge economy in Europe.” EUR-Lex, Brisele, 2016, [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/?uri=CELEX:52016DC0178>.
- [22] Eiropas kopienu komisija / European Commission, “ES e-pārvaldes rīcības plāns 2016.–2020. gadam” / “EU eGovernment Action Plan 2016–2020.” EUR-Lex, 2016, [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/?uri=CELEX:52016DC0179>.
- [23] Eiropadome / European Council, “Vienotā digitālā vārteja: vieglākie piekļuve tiešsaistes informācijai un procedūrām” / “Digital single gateway: easier access to online information and procedures,” 2018.

- [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/lv/press/press-releases/2018/06/20/digital-single-gateway-easier-access-to-online-information-and-procedures/>.
- [24] Saeima, “Geotelpiskās informācijas likums” / “Geospatial Information Law (In Latvian).” Latvijas Vēstnesis, Dec. 30, 2009, [Online]. Available: <https://likumi.lv/doc.php?id=202999>.
- [25] Valsts valodas centrs, “Valsts valodas centra izstrādātie informācijas un komunikācijas tehnoloģiju termini” / “Information and communication technology terms developed by the State Language Center (In Latvian).” <https://termini.gov.lv/kolekcijas/15/skirklis/83515>.
- [26] P. Tziachris and M. Papadopoulou, “Greek National Spatial Data Infrastructure: Attempts towards Design and Implementation,” *Int. J. Spat. Data Infrastructures Res.*, vol. 8, pp. 21–42, 2013, doi: 10.2902/1725-0463.2013.08.art2.
- [27] I. Masser, *Building European Spatial Data Infrastructures*, Second edi. Redlands, California: ESRI Press, 2010.
- [28] M. D. Sebake and S. Coetzee, “Address Data Sharing: Organizational Motivators and Barriers and their Implications for the South African Spatial Data Infrastructure,” *Int. J. Spat. Data Infrastructures Res.*, vol. 8, pp. 1–20, 2013, doi: 10.2902/1725-0463.2013.08.art1.
- [29] P. Agouris *et al.*, “From GPS and Virtual Globes to Spatial Computing - 2020: The Next Transformative Technology,” 2012.
- [30] S. Schade *et al.*, “Geospatial Information Infrastructures,” in *Manual of Digital Earth*, Singapore: Springer Singapore, 2020, pp. 161–190.
- [31] I. Masser, “The future of spatial data infrastructures,” 2005, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/234075373_The_future_of_SDIs.
- [32] “OMB Circular No. A-16 Revised, Appendix E. National Spatial Data Infrastructure (NSDI) Data Themes, Definitions, and Lead Agencies.” [Online]. Available: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2017/11/Circular-016.pdf#page=17>.
- [33] Executive office of the president office of management and budget, “Geospatial line of business OMB circular A-16 supplemental guidance,” Washington, 2010. [Online]. Available: <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/omb/memoranda/2011/m11-03.pdf>.
- [34] K. Tóth, R. Tomas, V. N. de Lima, and V. Cetl, “Data Quality in INSPIRE: Balancing Legal Obligations with Technical Aspects,” Luxembourg, 2013. doi: 10.2788/9648.
- [35] Eiropas kopienu komisija / European Commission, “Eiropas sadarbspējas satvars - Īstenošanas stratēģija, Annex 2” / “European Interoperability Framework - Implementation Strategy, Annex 2.” EUR-

- Lex, Brisele, 2017, [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2c2f2554-0faf-11e7-8a35-01aa75ed71a1.0004.02/DOC_3&format=PDF.
- [36] Saeima, “Informācijas atklātības likums” / “Law on Openness of Information (In Latvian),” vol. 334/335. Latvijas Vēstnesis, Nov. 06, 1998, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/50601-informacijas-atklatibas-likums>.
- [37] Saeima, “Zaudējis spēku - Fizisko personu datu aizsardzības likums” / Expired - “Personal Data Protection Act (In Latvian).” Latvijas Vēstnesis, Apr. 06, 2000, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/4042-fizisko-personu-datu-aizzardzibas-likums>.
- [38] Saeima, “Fizisko personu datu apstrādes likums” / “The Law on the Processing of Personal Data (In Latvian).” Latvijas Vēstnesis, Jul. 04, 2018, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/300099-fizisko-personu-datu-apstrades-likums>.
- [39] Saeima, “Autortiesību likums” / “Copyright Law (In Latvian).” Latvijas Vēstnesis, Apr. 27, 2000, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/5138-autortiesibu-likums>.
- [40] Saeima, “Valsts pārvaldes iekārtas likums” / “The Law on State Administration (In Latvian),” vol. 94. Latvijas Vēstnesis, Jun. 21, 2002, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/63545-valsts-parvaldes-iekartas-likums>.
- [41] Ministru kabinets, “Kārtība, kādā tiek nodrošināta informācijas un komunikācijas tehnoloģiju sistēmu atbilstība minimālajām drošības prasībām” / “The procedure for ensuring compliance of ICT systems with minimum security requirements (In Latvian),” 2015. <https://likumi.lv/ta/id/275671-kartiba-kada-tiek-nodrosinata-informacijas-un-komunikacijas-tehnoloģiju-sistemu-atbilstiba-minimalajam-drosibas-prasibam>.
- [42] EU, “Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE),” *Off. J. Eur. Union*, vol. 50, no. January 2006, pp. 1–14, 2007, [Online]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:EN:PDF>.
- [43] Eiropas kopienu komisija / European Commission, “INSPIRE Legislation.” <https://inspire.ec.europa.eu/inspire-legislation/>.
- [44] Eiropas kopienu komisija / European Commission, “Komisijas Regula (EK) Nr. 1205/2008 (2008. gada 3. decembris) par Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvas 2007/2/EK īstenošanu attiecībā uz metadatiem (Dokuments attiecas uz EEZ)” / “Regulation No 1205/2008 implementing Directive 2007/2/EC,” *regula*, vol. 13, no. 58. Eiropas

- Savienības Oficiālais Vēstnesis (EUR-Lex), pp. 240–258, Dec. 03, 2008, [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2008/1205/oj/?locale=LV>.
- [45] Eiropadome / European Council, “Dalībvalstu paziņotie šāda dokumenta transponējošie valsts tiesību akti” / “National transposition measures communicated by the Member States concerning,” Apr. 25, 2007. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/NIM/?uri=CELEX:32007L0002&qid=1473844236873>.
- [46] Ministru kabinets, “Zaudējis spēku - Par Latvijas ģeotelpiskās informācijas attīstības koncepciju” / “Expired - About the concept of development of Latvian geospatial information (In Latvian),” *rīkojums*, vol. 188. Latvijas Vēstnesis, Nov. 22, 2007, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/166686-par-latvijas-geotelpiskas-informacijas-attistibas-koncepciju>.
- [47] Ministru kabinets, “Par Latvijas ģeotelpiskās informācijas attīstības koncepciju” / “Concept of development of geospatial information in Latvia (In Latvian),” *rīkojums*, vol. 2. Latvijas Vēstnesis, Jan. 03, 2013, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/263493-par-latvijas-geotelpiskas-informacijas-attistibas-koncepciju>.
- [48] Ministru kabinets, “Grozījumi MK rīkojumā Nr. 686 ‘Par Latvijas ģeotelpiskās informācijas attīstības koncepciju’ / Amendments to the order of the CoM no. 686 ‘On the development concept of Latvian geospatial information’ (In Latvian),” *rīkojums*, vol. 218. Latvijas Vēstnesis, Nov. 06, 2015, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/277610-grozijumi-ministru-kabineta-2013-gada-28-decembra-rikojuma-nr-686-par-latvijas-geotelpiskas-informacijas-attistibas-koncepciju>.
- [49] Ministru kabinets, “Grozījums MK 2013. gada 28. decembra rīkojumā Nr. 686 ‘Par Latvijas ģeotelpiskās informācijas attīstības koncepciju’” / “Amendment to the order of the Cabinet of Ministers about geospatial information development concept (In Latvian),” *rīkojums*. Latvijas Vēstnesi, Jan. 09, 2018, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/296376-grozijums-ministru-kabineta-2013-gada-28-decembra-rikojuma-nr-686-par-latvijas-geotelpiskas-informacijas-attistibas-koncepciju>.
- [50] Ministru kabinets, “Par koncepciju ‘Par vienota ģeotelpiskās informācijas portāla izstrādi’” / “About the concept ‘On the development of a unified geospatial information portal’ (In Latvian),” vol. 191. Latvijas Vēstnesis, Nov. 28, 2007, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/167000>.
- [51] Eiropas Parlaments un Padome, “Direktīva 2003/98/EK (2003. gada 17. novembris) par valsts sektora informācijas atkalizmantošanu” /

- “Directive 2003/98/EC (17 November 2003) on the reuse of public sector information,” *direktīva*, vol. L 345, 31. EUR-Lex, pp. 90–96, Nov. 17, 2003, [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2003/98/oj/?locale=LV>.
- [52] Eiropas Parlaments un Padome, “Direktīva 2003/4/EK par vides informācijas pieejamību sabiedrībai un par Padomes Direktīvas 90/313/EEK atcelšanu” / “Directive 2003/4/EC on the availability of environmental information to the public,” vol. L 041, 14. EUR-Lex, pp. 26–32, Feb. 14, 2003, [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2003/4/oj/?locale=LV>.
- [53] Ministru kabinets, “Noteikumi par ģeotelpisko datu kopu metadatu obligāto saturu” / “Rules on the mandatory content of metadata of geospatial datasets (In Latvian),” *noteikumi*, vol. 48. Latvijas Vēstnesis, Mar. 25, 2011, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/227704-noteikumi-par-geotelpisko-datu-kopu-metadatu-obligato-saturu>.
- [54] Ministru kabinets, “Ģeotelpisko datu kopas izmantošanas noteikumu obligātais saturs un izmantošanas atlaujas saņemšanas kārtība” / “Mandatory content of the geospatial data set usage rules and the procedure for obtaining a usage permit (In Latvian),” *noteikumi*, vol. 141. Latvijas Vēstnesis, Sep. 07, 2011, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/235498-geotelpisko-datu-kopas-izmantosanas-noteikumu-obligatais-saturs-un-izmantosanas-atlaujas-sanemsanas-kartiba>.
- [55] Ministru kabinets, “Valsts vienotā ģeotelpiskās informācijas portāla noteikumi” / “Rules of the national unified geospatial information portal (In Latvian),” *noteikumi*, vol. 137. Latvijas Vēstnesis, Sep. 01, 2011, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/235212-valsts-vienota-geotelpiskas-informacijas-portala-noteikumi>.
- [56] Ministru kabinets, “Ģeotelpisko pamatdatu informācijas sistēmas noteikumi” / “Rules of the geospatial basic data information system (In Latvian),” *noteikumi*, vol. 54. Latvijas Vēstnesis, Mar. 17, 2014, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/265001-geotelpisko-pamatdatu-informacijas-sistemas-noteikumi>.
- [57] Ministru kabinets, “Par Ģeotelpiskās informācijas koordinācijas padomi” / “About the Geospatial Information Coordination Council (In Latvian),” *rikojums*, vol. 252. Latvijas Vēstnesis, Dec. 18, 2014, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/271071-par-geotelpiskas-informacijas-koordinacijas-padomi>.
- [58] Ministru kabinets, “Valsts zemes dienesta maksas pakalpojumu cenrādis un samaksas kārtība” / “State land service fee service price list and payment procedure (In Latvian),” *noteikumi*, vol. 253. Latvijas Vēstnesis, Dec. 29, 2015, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/278870-valsts-zemes-dienesta-maksas-pakalpojumu-cenrādis-un-samaksas>.

- kartiba.
- [59] Ministru kabinets, “Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūras maksas pakalpojumu cenrādis un tā piemērošanas kārtība” / “The price list of the paid services of the Latvian Geospatial Information Agency and its application procedure (In Latvian),” *noteikumi*, vol. 246. Latvijas Vēstnesis, Dec. 21, 2020, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/319632-latvijas-geotelpiskas-informacijas-agenturas-maksas-pakalpojumu-cenradis-un-ta-piemerosanas-kartiba>.
- [60] Saeima, “Par valsts budžetu 2022. gadam” / “State budget for 2022 (In Latvian),” 2021. <https://likumi.lv/ta/id/328114-par-valsts-budzetu-2022-gadam>.
- [61] Ministru kabinets, “Par Digitālās transformācijas pamatnostādnēm 2021.-2027. gadam” / “Digital Transformation Guidelines 2021-2027 (In Latvian).” Latvijas Vēstnesis, 2021, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/324715-par-digitalas-transformacijas-pamatnostadnem-20212027-gadam>.
- [62] P. Folger, “Geospatial Information and Geographic Information Systems (GIS): An Overview for Congress,” 2011.
- [63] “INSPIRE XML Shēmu katalogs,” 2020. <https://inspire.ec.europa.eu/schemas/>.
- [64] “Atvērto datu portālā izmantojamās licences” / “Licenses used in the Latvia open data portal.” https://data.gov.lv/dati/lv/api/3/action/license_list.
- [65] “Creative Commons tiesību kodekss.” <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode.lv>.
- [66] “Licencēšanas palīgs / Licensing Assistant at data.europa.eu.” <https://data.europa.eu/lv/training/licensing-assistant>.
- [67] Ministru kabinets, “Kārtība, kādā iestādes ievieto informāciju internētā” / “The order in which institutions post information on the Internet (In Latvian),” *noteikumi*. 2020, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/316109-kartiba-kada-iestades-ievieto-informaciju-interneta>.
- [68] Latvijas Nacionālā bibliotēka, “Rasmošana” / “Harvesting (In Latvian).” <https://www.lnb.lv/lv/izdevejiem/rasmosana>.
- [69] Eiropas kopienu komisija / European Commission, “INSPIRE Geoportal. Data sets by country: Latvia.” <https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/results.html?country=lv&view=details&theme=none>.
- [70] Eiropas Savienība / European Union, “Oficiālais Eiropas datu portāls” / “The official portal for European data.” <https://data.europa.eu/data/catalogues?locale=lv&country=lv&page=1>.
- [71] “Geoprodukti ar Licences veidu ‘Atvērtie dati’” / “Geoproducts with License Type ‘Open Data.’” <https://geolatvija.lv/geo/search?ProductVariantLicenseTypeId=-1&PageSize=25>.

- [72] “Data.gov.lv catalogue.” <https://data.gov.lv/dati/lv/catalog.rdf>.
- [73] Google, “Dataset Search.” <https://datasetsearch.research.google.com/>.
- [74] Ministru kabinets, “Noteikumi par Apgrūtināto teritoriju informācijas sistēmas izveidi un uzturēšanu un apgrūtināto teritoriju un nekustamā īpašuma objekta apgrūtinājumu klasifikatoru” / “Regulations about Encumbered Territories IS (In Latvian).” 2014, [Online]. Available: <https://likumi.lv/ta/id/264305-noteikumi-par-apgrutinato-teritoriju-informacijas-sistemas-izveidi-un-uzturesanu-un-apgrutinato-teritoriju-un-nekustama-ipasuma>.
- [75] A. Bregt, L. Grus, J. Crompvoets, W. Castelein, and J. Meerkerk, “Changing demands for Spatial Data Infrastructure assessment: experience from The Netherlands,” *A Multi-View Framework to Assess SDIs*, vol. Chapter 17, pp. 357–369, 2008, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/37791549_Changing_demand_s_for_Spatial_Data_Infrastructure_assessment_experience_from_The_Netherlands.
- [76] I. Bruņeniece, Ā. Dzērvāns, and T. Čeļmillers, “Latvia - 2021: Country Fiche,” 2021. [Online]. Available: https://inspire.ec.europa.eu/sites/default/files/inspire_-latvia_-2021_country_fiche.pdf.
- [77] R. Béjar, M. Á. Latre, F. J. Lopez-Pellicer, J. Nogueras-Iso, F. J. Zarazaga-Soria, and P. R. Muro-Medrano, “SDI-based business processes: A territorial analysis web information system in Spain,” *Comput. Geosci.*, vol. 46, pp. 66–72, 2012.
- [78] Ministru kabinets, “Par koncepciju ‘Par vienota ģeotelpiskās informācijas portāla izstrādi’” / “About the concept ‘On the development of a unified geospatial information portal’ (In Latvian),” p. Nr. 737, 2007.
- [79] W. Li, M. Song, B. Zhou, K. Cao, and S. Gao, “Performance improvement techniques for geospatial web services in a cyberinfrastructure environment – A case study with a disaster management portal,” *Comput. Environ. Urban Syst.*, vol. 54, pp. 314–325, 2015, [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971515000538>.
- [80] R. Costanza *et al.*, “Changes in the global value of ecosystem services,” *Glob. Environ. Chang.*, vol. 26, pp. 152–158, May 2014, Accessed: Jun. 05, 2018. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378014000685>.
- [81] European Commission. Directorate-General for the Environment., *Mapping and assessment of ecosystems and their services*, no. March. 2016.
- [82] R. Kīlis and ekspertu grupa, *Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģija līdz 2030. gadam* / “Latvia’s sustainable development strategy 2030 (In Latvian). Latvijas Republikas Saeima, 2011.

- [83] Technical Committee: ISO/TC 211, “ISO - ISO 19152:2012 - Geographic information — Land Administration Domain Model (LADM),” 2012.
- [84] R. Čevere and M. Lučkina, “Informācijas tehnoloģija. Programminženierija. Ieteicamā prakse programmatūras projektējuma aprakstīšanai” / “Information technology. Software engineering. Best practices for describing software design (In Latvian).” Latvijas Nacionālais standartizācijas un metroloģijas centrs, Rīga, 1996.