

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultāte
Lietišķo datorsistēmu institūts

Pēteris RUDZĀJS
Doktora studiju programmas «Datorsistēmas» doktorants

**IZGLĪTĪBAS PIEPRASĪJUMA UN
PIEDĀVĀJUMA INFORMĀCIJAS
MONITORINGA SISTĒMAS MODEĻA
IZSTRĀDE**

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskā vadītāja
profesore *Dr. sc. ing.*
M. KIRIKOVA

RTU Izdevniecība
Rīga 2015

Rudzājs P. Izglītības pieprasījuma un
piedāvājuma informācijas monitoringa sistēmas
modeļa izstrāde. Promocijas darba
kopsavilkums. – R.: RTU Izdevniecība, 2015. –
49 lpp.

Iespiests saskaņā ar DITF LDI padomes
2015. gada 13. maija lēmumu Nr. 12300-4.1/4.



Šis darbs izstrādāts ar daļēju Eiropas Sociālā fonda projektu «Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai» un «2013/0012/1DP/1.1.1.2.0/13/APIA/VIAA/051» atbalstu, kā arī ar daļēju valsts pētījumu programmu *IMIS* un *SOPHIS* (Nr. 10-4/VPP-4/11) atbalstu.

**PROMOCIJAS DARBS IZVIRZĪTS
INŽENIERZINĀTŅU DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI
RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ**

Promocijas darbs inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2015. gada 23. septembrī Rīgas Tehniskās universitātes Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultātē, Meža ielā 1/3, 202. auditorijā.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesors *Dr. habil. sc. ing.* Jānis Osis
Rīgas Tehniskā universitāte

Profesors *Dr. habil. sc. ing.* Pēteris Rivža
Latvijas Lauksaimniecības universitāte

Docents *PhD* Peters Bellstroms
Kārlstades Universitāte, Zviedrija

APSTIPRINĀJUMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājis šo promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai. Promocijas darbs zinātniskā grāda iegūšanai nav iesniegts nevienā citā universitātē.

Pēteris Rudzājs(Paraksts)

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, tajā ir 5 nodaļas, galveno rezultātu un secinājumu apkopojums. Promocijas darbā ir 49 attēli, 14 tabulas, pamatteksts ir 140 lappuses. Bibliogrāfiskajā sarakstā ir 158 nosaukumi. Darbam pievienoti 6 pielikumi.

SATURS

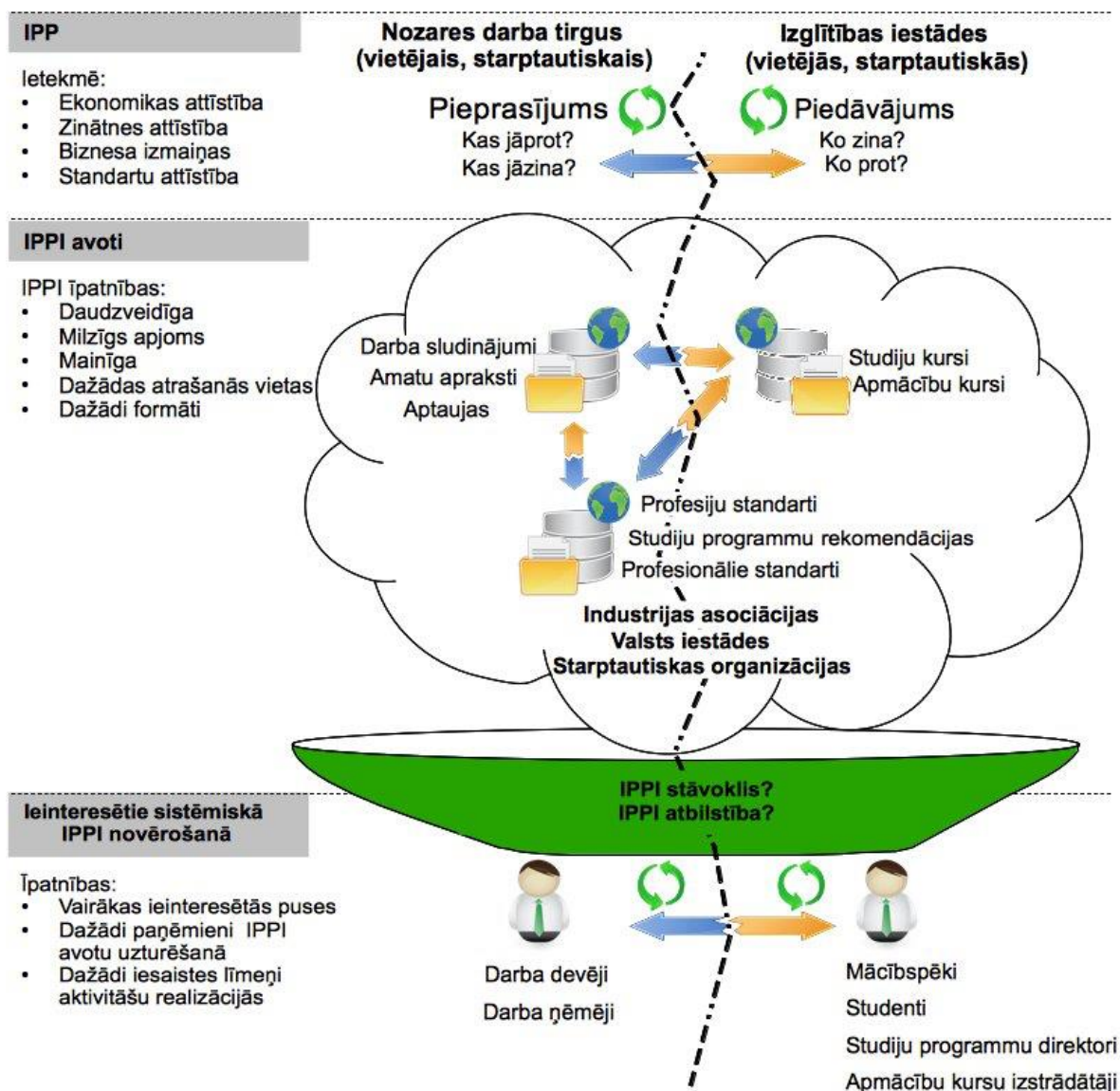
1. IEVADS	5
1.1. TĒMAS AKTUALITĀTE	5
1.2. PROBLĒMAS NOSTĀDNE	8
1.3. DARBA IZSTRĀDES METODE.....	9
1.4. ZINĀTNISKAIS JAUNINĀJUMS UN PRAKTISKĀ NOZĪMĪBA	11
1.5. DARBA STRUKTŪRA.....	15
2. IZGLĪTĪBAS PIEPRASĪJUMA UN PIEDĀVĀJUMA INFORMĀCIJAS (IPPI) MONITORINGA PROBLĒMVIDES IZPĒTE	17
2.1. IPPI AVOTU PĀRVALDĪBAS RISINĀJUMI	17
2.2. MONITORINGA SISTĒMAS	18
2.3. SERVISI UN SERVISU SISTĒMAS	20
2.4. SISTĒMAS DAŽĀDĪBAS PĀRVALDĪBA	21
3. VISPĀRĪGAS IPPI MONITORINGA SISTĒMAS (VIPPIMON) MODELIS.....	23
3.1. PAMATA SERVISU MODELIS	24
3.2. PAMATA SERVISU PLŪSMAS MODELIS	26
3.3. FUNKCIONĀLĀS STRUKTŪRAS DAŽĀDĪBAS MODELIS.....	27
3.4. UZVEDĪBAS DAŽĀDĪBAS MODELIS	29
4. VIPPIMON SERVISU REALIZĀCIJA.....	30
5. VIPPIMON MODEĻA NOVĒRTĒJUMS	35
5.1. VIPPIMON MODEĻA PILNĪGUMS UN NEPRETRUNĪBA	35
5.2. VIPPIMON MODEĻA LIETOJAMĪBA.....	37
5.3. VIPPIMON MODEĻA PRAKTISKĀ LIETDERĪBA.....	38
REZULTĀTI UN SECINĀJUMI.....	42
DARBA TEORĒTISKIE REZULTĀTI	42
DARBA PRAKTISKIE REZULTĀTI.....	43
TURPMĀKOS PĒTĪJUMOS RISINĀMĀS PROBLĒMAS	44
IZMANTOTĀ LITERATŪRA.....	45

1. IEVADS

Dažādos informācijas avotos publiskajā globālajā tīmeklī, organizāciju datu bāzēs un citur ir nozīmīga un atkārtoti izmantojama informācija. Mūsdienās ir tendence šo informāciju izmantot informācijas apstrādes risinājumos, kuros tiek veiktas automātiskas vai daļēji automātiskas aktivitātes, piemēram, tīmekļa satura apkopošanā, rekomendēšanas sistēmās, datizracē un citur [1]. Informācijas apstrādes procesā konkrēta mērķa sasniegšanai parasti tiek veiktas aktivitātes, kuras var iedalīt četrās galvenās grupās, proti, informācijas izgūšana, analīze, lēmumu pieņemšana un lēmumu īstenošana [2]. Šo aktivitāšu automatizācija var samazināt to izpildes laiku, tādējādi paātrinot arī informācijas apstrādes procesu kopumā. Līdz ar to var tikt paātrināta arī procesa mērķu sasniegšana. Taču informācijas apstrādes procesa pilnīga automatizācija praksē ne vienmēr ir nepieciešama vai iespējama [3], un tā rezultātā procesa aktivitāšu realizācijā ir iespējama automatizācijas pakāpju dažādība [4]. Promocijas darbā ir pētīts informācijas apstrādes process, kas saistīts ar izglītības jomu un paredzēts sistēmiskai izglītības pieprasījuma un piedāvājuma novērošanai. Šīs informācijas apstrādē ir nepieciešams izstrādāt informācijas tehnoloģijā sakņotus risinājumus, kas nodrošina informācijas izgūšanu, analīzi, kā arī tās izplatīšanu ieinteresētajām pusēm, respektējot dažādību informācijas apstrādes aktivitāšu realizācijā un to automatizācijas pakāpēs.

1.1. Tēmas aktualitāte

Dažādu apstākļu (globalizācijas, biznesa izmaiņu, zinātnes attīstības u. c.) ietekmē mainās zināšanu, prasmju un kompetenču pieprasījums darba tirgū, kā arī to piedāvājums izglītības iestādēs (turpmāk tiek lietoti termini *izglītības pieprasījums* un *izglītības piedāvājums*, lai apzīmētu pieprasītās un piedāvātās zināšanas, prasmes un kompetences). Mainīgais izglītības pieprasījums un piedāvājums (turpmāk — IPP) ir viens no iemesliem tam, ka palielinās «plaisa» starp nozari un izglītības iestādēm jeb IPP neatbilstība (skat. 1.1. att. augšējo daļu). Šī plaisa nelabvēlīgi ietekmē nozares un izglītības iestāžu attiecības, kā arī ir cēlonis tādām problēmām kā ekonomikas lejupslīde, nespēja atrast darbu atbilstošās kvalifikācijas trūkuma dēļ u. c. [5]–[8]. Lai nodrošinātu IPP atbilstību, vispirms ir jānosaka tā pašreizējais stāvoklis un atbilstība, kā arī izmaiņas, kas notiek laika gaitā, proti, ir jāveic gan pieprasījuma, gan piedāvājuma novērošana. Novērošanas rezultātā var iegūt informāciju, kas palīdz veikt IPP saskaņošanu. To ir iespējams panākt ar dažādiem līdzekļiem, piemēram, izglītības iestāžu apmācības kursu papildināšana, iesaistot nozares darba tirgus pārstāvjus un iekļaujot nozarei svarīgas/aktuālas zināšanas; un pilnveidošanās un tālākizglītības iespēju nodrošināšana nozares darba tirgus pārstāvjiem izglītības iestādēs.



1.1. att. Izglītības pieprasījuma un piedāvājuma informācijas apstrādes problēmvide

Eksistē dažādi informācijas avoti, kur tiek atspoguļota IPP informācija (IPPI). Ar informācijas avotu šajā darbā tiek saprasts jebkas, kas sniedz informāciju par interesējošo jomu, piemēram, nozares darba tirgū tie ir darba sludinājumi, amatu apraksti, aptauju rezultāti; izglītības iestādēs — dažādi kursu apraksti; citās iestādēs vai asociācijās tie ir nacionālas nozīmes profesiju standarti, studiju programmu rekomendācijas un profesionālie standarti. Tiek pieņemts, ka informācijas avotu veido dokuments vai dokumentu kopa. Dokuments ir objekts, kas atspoguļo informāciju. Piemēram, studiju programma sniedz informāciju par tajā iekļautajiem kursiem, tāpēc var teikt, ka studiju programmu veido kursu kopums. Savukārt kursa apraksts ir dokuments, kas atspoguļo, piemēram, kursā iegūstamās zināšanas. Līdzīgi arī organizācijas darba sludinājumi ir IPPI avots, ko veido darba sludinājumu (t. i., dokumentu)

kopums. Minētajos avotos ir ne tikai milzīgs informācijas apjoms, bet tā ir arī mainīga un pieejama dažādos formātos (zināšanas, prasmes, kompetences ir aprakstītas strukturēta, daļēji strukturēta vai nestrukturēta teksta dokumentos) gan tīmeklī, gan datu bāzēs, gan dažāda cita tipa dokumentos organizācijas iekšienē [9]. IPPI avoti un īpatnības ir atspoguļotas 1.1. att. vidus daļā.

IPPI īpatnību dēļ tās apstrāde ir sarežģīta un darbietilpīga, un tas ir viens no iemesliem tam, ka tiek kavēta arī IPPI novērošana. Kā minēts iepriekš, IPPI novērošana varētu sniegt nozīmīgu informāciju lēmumu pieņemšanā tajā ieinteresētajām pusēm gan no izglītības iestādēm (universitātēs — mācībspēkiem, studiju programmu direktoriem, studentiem; citās apmācības iestādēs — apmācību satura izstrādātājiem un mācībspēkiem), gan no industrijas uzņēmumiem (darba devējiem un uzņēmumu darbiniekiem). Interesētās puses atspoguļotas 1.1. att. lejas daļā. IPPI novērošanā ieinteresētās puses var piedalīties dažādu aktivitāšu realizācijā IPPI apstrādes procesā, piemēram, izgūstot IPPI avotu dokumentus, piedaloties informācijas analīzē un analīzes rezultātu izmantošanā.

Pašreiz neeksistē sistēmisks risinājums IPPI novērošanai, kas ļautu novērot IPPI stāvokli un IPPI atbilstību. Ar *IPPI stāvokli* ir saprasts konkrētā laika momentā IPPI avotos atspoguļotā IPPI, piemēram, pieprasītās prasmes vienā darba sludinājumā, darba sludinājumos kopumā, kādas nozares darba sludinājumos utt. IPPI stāvokli var noskaidrot, veicot IPPI avotu analīzi. Ar *IPPI atbilstību* ir saprasts IPPI avotos atspoguļotās IPPI pārklājums, piemēram, darba sludinājumos atspoguļoto prasmju pārklāšanās ar studiju kursos atspoguļotajām prasmēm. Pamatojoties uz IPPI atbilstību, var spriest par IPP atbilstību. Šāda sistēmiska IPPI novērošanas risinājuma izstrādē ir jārespektē IPPI avotu īpatnības, kā arī dažādu pušu intereses attiecībā uz to iesaisti apstrādes aktivitāšu izpildē un iegūto rezultātu izmantošanā. Lai sistēmiski novērotu IPPI stāvokli un IPPI atbilstību, vispirms IPPI avotu saturs ir jāpadara pieejams visiem sistēmā ieinteresētajiem. IPPI avotu uzturēšanā lietoto paņēmieni dažādības dēļ IPPI novērošanā ir jāparedz atšķirīgas informācijas izgūšanas aktivitātes realizācijas. Piemēram, universitātēs studiju kursu apraksti parasti tiek uzturēti centralizētās datu bāzēs, kas sekmē automatizētu IPPI avotu satura iegūšanu. Savukārt darba devēji darba sludinājumu aprakstus parasti uztur atsevišķās tīmekļa vietnēs, tāpēc nepieciešamas realizācijas, lai tos padarītu pieejamus IPPI novērošanā iesaistītajiem, piemēram, tos manuāli piegādājot caur specializētu lietotāja interfeisu vai izmantojot speciālus tīmekļa pārmeklētājus [10]. Respektīvi, viena tipa datu avotam (piemēram, datu bāze vai tīmekļa vietne) var atšķirties informācijas izgūšanas aktivitātes realizācija. Kādā gadījumā var būt nepieciešama cilvēka iesaiste, kurš veic informācijas ievadi, bet citos gadījumos — informāciju bez cilvēka iesaistes var izgūt

(piemēram, izmantojot SQL vaicājumus vai tīmekļa pārmeklētājus) un automātiski nogādāt tālākai IPPI analīzei.

Lai raksturotu cilvēka iesaisti aktivitātes realizācijā, tiek lietots termins *automatizācijas pakāpe*. Promocijas darbā tiek nodalītas šādas automatizācijas pakāpes: manuāls, automātisks un daļēji automātisks. *Manuāls* — darbību veic cilvēks (iespējams, lietojot kādu biroja programmatūru, bet ne speciāli izstrādātu programmatūru); *automātisks* — darbību veic šim nolūkam speciāli izstrādāta programmatūra bez cilvēka iesaistīšanās; *daļēji automātisks* — darbību veic šim nolūkam speciāli izstrādāta programmatūra, kurai ir nepieciešama cilvēka iesaiste, piemēram, cilvēkam ir jāpiegādā ievades dati un/vai jāpārskata un jāapstiprina apstrādes programmatūras darbības rezultāti.

1.2. Problēmas nostādne

Ņemot vērā IPPI atbilstības nodrošināšanas nepieciešamību un sistēmiska risinājuma trūkumu IPPI novērošanai, IPPI novērošanā ieinteresētajām pusēm tiek definēti divi galvenie mērķi, proti, M1 — sistēmiski novērot pašreizējo IPPI stāvokli un M2 — sistēmiski novērot IPPI atbilstību. Kā jau minēts iepriekš, sistēmiska risinājuma, kas sekmētu IPPI novērošanas mērķu sasniegšanu, izstrādē ir jārespektē IPPI īpatnības, kā arī dažādu ieinteresēto pušu atšķirīgās vajadzības attiecībā uz to iesaisti apstrādes aktivitāšu izpildē. Cilvēku un programmatūras iesaiste sistēmiskā IPPI novērošanā aktualizē jautājumu par informācijas apstrādē nepieciešamo aktivitāšu realizācijas variantu (ar dažādām automatizācijas pakāpēm) integrēšanu vienotā sistēmā, sekmējot IPPI novērošanas mērķu sasniegšanu. Lai risinātu IPPI novērošanas problēmu, ir nepieciešama padziļināta problēmvides izpēte, kā arī IPPI novērošanai atbilstoša sistēmas modeļa izstrāde un novērtēšana. Ar sistēmas modeli promocijas darbā tiek saprasta sistēmas arhitektūra, kas definē sistēmas struktūras, uzvedības un citus skatus, atspoguļojot atšķirīgus sistēmas arhitektūras aspektus [11], [12].

Promocijas darba mērķis un uzdevumi

Promocijas darba mērķis ir izstrādāt IPPI monitoringa sistēmas modeli, kas apmierina prasības pēc dažādu IPPI īpatnību apstrādes, vairāku ieinteresēto pušu iekļaušanas sistēmā, kā arī pēc dažādības informācijas apstrādes aktivitāšu realizācijas variantos (ar dažādām automatizācijas pakāpēm), sekmējot ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanu, proti, IPPI stāvokļa un IPPI atbilstības sistēmisku novērošanu.

Promocijas darba mērķa sasniegšanai ir izvirzīti šādi **uzdevumi**.

1. Izpētīt pastāvošos IPPI avotu pārvaldības risinājumus, kas ietver IPPI avotu uzturēšanu, IPPI strukturētu atspoguļošanu, kā arī IPPI izgūšanu un analīzi.

2. Izpētīt monitoringa (novērošanas) sistēmu uzbūves īpašības dažādās nozarēs.
3. Izpētīt servisu orientācijas, servisu sistēmu un kompozīcijas principus, kas ir piemēroti IPPI monitoringa risinājuma izstrādē.
4. Izpētīt pastāvošos līdzekļus informācijas apstrādes aktivitāšu un to realizācijas variantu dažādības atspoguļošanai un tās iekļaušanai sistēmu arhitektūrā.
5. Balstoties uz problēmvides izpētes rezultātiem (1.–4. uzdevums), definēt prasības sistēmiska IPPI monitoringa risinājumam.
6. Izstrādāt IPPI monitoringa sistēmas modeli, kas atspoguļo sistēmas funkcionālās struktūras un uzvedības dažādību.
7. Pārbaudīt modeļa lietojamību, izstrādājot konkrētu IPPI monitoringa sistēmu modeļus un to realizācijas programmatūras prototipos.
8. Pārbaudīt izstrādātā modeļa lietderību IPPI monitoringa problēmas risināšanai.

Pētījuma objekts, priekšmets un izmantotās metodes

Pētījumu objekts ir izglītības informācijas sistēmas.

Pētījumu priekšmets ir sistēmisks atbalsts izglītības pieprasījuma un piedāvājuma informācijas novērošanai.

Promocijas darba galvenais rezultāts ir vispārējs IPPI monitoringa sistēmas modelis. Darba izstrādē ir izmantota projektēšanas zinātniskā metode. Pētījumi pamatojas uz literatūras analīzi, projektēšanu un prototipēšanu.

Darba aprobācija veikta, novērtējot izstrādātā modeļa spēju 1) atspoguļot IPPI monitoringā iespējamo dažādību, 2) apmierināt IPPI monitoringa prasības, kā arī 3) sasniegt IPPI monitoringā ieinteresēto pušu mērķus M1 un M2.

Aizstāvamās tēzes

Darbā tiek izvirzītas šādas aizstāvamās tēzes.

- T1.** IPPI monitoringa sistēmas modelis, kas nodrošina saistītu ieinteresēto pušu un tām būtisko servisu, kā arī sistēmas strukturālās un uzvedības dažādības atspoguļojumu, ir piemērots IPPI monitoringa sistēmu projektēšanai.
- T2.** Uz T1 minētā modeļa pamata realizētais sistēmas prototips atbalsta scenārijus IPPI monitoringā ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanai.

1.3. Darba izstrādes metode

Pētījuma strukturēšanai ir lietota projektēšanas zinātniskā metode (angl. *design science*). Metodes izvēles pamatojums rodams tajā, ka šī metode informācijas sistēmu jomā

paredz informācijas tehnoloģijā sakņotu artefaktu izstrādi nozīmīgas sociālas/ar organizāciju saistītas/biznesa problēmas risināšanai [13]. Artefakti ir klasificējami kā koncepti, modeļi, metodes un to realizācija [13], [14]. Promocijas darba pētījumu mērķis ir IPPI monitoringa sistēmas modeļa izstrāde, kas risina problēmu, proti, sistēmiskas IPPI novērošanas trūkumu. Tas nozīmē to, ka tiek izstrādāts artefakts (IPPI monitoringa sistēmas modelis), kas paredzēts sistēmiskas IPPI novērošanas trūkuma problēmas risināšanai.

Atbilstoši projektēšanas zinātniskajai pētījumu metodei [15] ir jāveic šādas aktivitātes: 1) problēmas apzināšana, 2) problēmas risinājuma mērķa definēšana, 3) problēmas risinājuma projektēšana un izstrāde, 4) demonstrācija, 5) novērtēšana un 6) komunikācija. Tālāk tekstā ir skaidrots, kā procesa aktivitātes atbilst promocijas darbā paveiktajam. Pie katras aktivitātes iekavās slīprakstā ir norādīti arī atbilstošie promocijas darba uzdevumi un atbilstošās nodaļas vai sadaļas, kurās izklāstīts uzdevuma izpildes rezultāts.

Pirmajā aktivitātē ir veikta:

- 1) IPPI monitoringa problēmas apzināšana, identificējot tās atrisināšanā ieinteresētās puses un to galvenos mērķus (atspoguļots 1.1. sadaļā) un formulējot problēmu (atbilst promocijas darba mērķim, kas dots 1.2. sadaļā);
- 2) padziļināta IPPI monitoringa problēmvides izpēte, veicot literatūras analīzi (1.–4. uzdevums; 2. nodaļa).

Problēmas formulēšanā ir izmantots Wieringa [16] (15. lpp) piedāvātais šablons, kas paredz četrus elementus, kas atbilst arī projektēšanas zinātniskajā metodē izmantotajām vadlīnijām [13]:

Uzlabot <problēmas konteksts>, izstrādājot <izstrādājamais artefakts>, kas apmierina <apmierināmās prasības>, lai sekmētu <ieinteresēto pušu sasniedzamie mērķi> sasniegšanu.

Promocijas darbā ir šādi elementi.

- *Problēmas konteksts*: sistēmiska IPPI novērošana.
- *Izstrādājamais artefakts*: IPPI monitoringa sistēmas modelis.
- *Apmierināmās prasības*:
 - pr1. Dažādu IPPI avotu īpatnību apstrāde;
 - pr2. Vairāku ieinteresēto pušu iekļaušana sistēmā;
 - pr3. Informācijas apstrādes aktivitāšu realizācijas variantu (ar dažādām automatizācijas pakāpēm) dažādības nepieciešamība.

- *Ieinteresēto pušu sasniedzamie mērķi*: M1 — sistēmiska IPPI stāvokļa novērošana un M2 — sistēmiska IPPI atbilstības novērošana.

Pētījumu procesa *otrajā aktivitātē*, balstoties uz problēmas formulējumu un problēmvides izpēti, ir definētas galvenās prasības sistēmiskam IPPI monitoringa risinājumam (5. uzdevums; 3.2. sadaļa).

Trešajā aktivitātē ir projektēts un izstrādāts IPPI monitoringa sistēmas modelis (t. i., artefakts). Modeļa konstruēšanai ir izstrādātas metodes sistēmas funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības atspoguļošanai (6. uzdevums; 3. nodaļa). Modeļa konstruēšanai izstrādātās metodes ir līdzekļi (Wieringa [16] tos dēvē par instrumentiem) artefakta izstrādei. Modelim ir izstrādātas arī tā tehniskās realizācijas sistēmas programmatūras prototipos (7. uzdevums; 4. nodaļa). Modeļa tehniskā realizācija ir līdzeklis modeļa novērtēšanai.

Ceturtajā un piektajā aktivitātē ir veikta izstrādātā modeļa novērtēšana, demonstrējot tā tehnisko realizāciju un novērtējot modeļa piemērotību (lietderību) IPPI monitoringam (8. uzdevums; 5. nodaļa).

Sestā aktivitāte paredz pētījumu komunikēšanu, kas promocijas darbā atbilst izstrādātajām 20 zinātniskajām publikācijām un dalībai 12 starptautiskās konferencēs.

1.4. Zinātniskais jauninājums un praktiskā nozīmība

Darbs ietver IPPI monitoringa sistēmas modeļa izstrādi, kas ir balstīts uz teorētiskiem pētījumiem un pārbaudīts eksperimentāli. Modelis ir izmantojams IPPI monitoringa sistēmu izstrādei.

Darba galvenais **zinātniskais jaunieguvums** ir šāds:

- izstrādāts IPPI monitoringa sistēmas modelis, kas apmierina prasības pret dažādu IPPI avotu īpatnību apstrādi, vairāku ieinteresēto pušu iekļaušanu sistēmā, kā arī informācijas apstrādes aktivitāšu realizācijas variantu (ar dažādām automatizācijas pakāpēm) dažādību, sekmējot ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanu, proti, IPPI stāvokļa un IPPI atbilstības sistēmisku novērošanu.

Zinātniskais jaunieguvums ietver vairākus pakārtotus **teorētiskos rezultātus** (detalizētāks rezultātu uzskaitījums ir dots nodaļā «Rezultāti un secinājumi»):

- izstrādāta divu līmeņu sistēmas arhitektūra un metodes sistēmas funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības atspoguļošanai;
- IPPI monitoringa jomai adaptētas un realizētas tiešās un pastarpinātās IPPI identificēšanas un IPPI avotu sasaistes metodes, kas sakņojas pastāvošajos IPPI avotu pārvaldības risinājumos;

- veikta literatūras analīze un iegūti sistematizēti apkopojumi par monitoringa un servisu sistēmu tēmām.

Izstrādājot darbu, ir iegūti šādi **praktiskie rezultāti** (detalizētāks rezultātu uzskaitījums ir dots nodaļā «Rezultāti un secinājumi»):

- izstrādāti divi IPPI monitoringa sistēmu prototipi, proti, *EduMON* portāls un *KIVIS* rīks;
- noteikta atbilstība starp dažādu IPPI avotu dokumentiem informācijas tehnoloģijas jomā.

Par darba rezultātiem ir ziņots 12 **starptautiskās konferencēs**:

1. 2014. gada 19.–23. jūlijā. *2nd International Conference on The Human Side of Service Engineering*. Polija, Krakova.
2. 2013. gada 26.–27. novembrī. *1st IEEE Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering (AIEEE 2013)*. Latvija, Rīga.
3. 2013. gada 23.–25. septembrī. *12th International Conference on Perspectives in Business Informatics Research*. Polija, Varšava.
4. 2013. gada 19. jūnijā. *4th Workshop on Business and IT Alignment (BITA 2013) in conjunction with 16th International Conference on Business Information Systems (BIS 2013)*. Polija, Poznaņa.
5. 2012. gada 29.–30. augustā. *21st International Conference on Information Systems Development (ISD2012)*. Itālija, Prato.
6. 2012. gada 16.–18. maijā. *6th International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS2012)*. Spānija, Valensija.
7. 2011. gada 6. oktobrī. *10th International Conference on Perspectives in Business Informatics Research (BIR2011)*. Latvija, Rīga.
8. 2011. gada 24.–26. jūlijā. *Intelligent Systems and Agents (ISA2011)*. Itālija, Roma.
9. 2011. gada 23.–28. februārī. *Third International Conference on Information, Process, and Knowledge Management (eKNOW2011)*. Guadelupa, Gosier.
10. 2010. gada 11.–15. oktobrī. *RTU 52. starptautiskā zinātniskā konference*. Latvija, Rīga.
11. 2009. gada 12.–16. oktobrī. *RTU 51. starptautiskā zinātniskā konference*. Latvija, Rīga.
12. 2009. gada 16.–19. septembrī. *18th International Conference on Information Systems Development (ISD2009)*. Ķīna, Nančanga.

Darba rezultāti ir publicēti 20 **izdevumos**:

1. Rudzajs, P., Kirikova, M. «Conceptual Correspondence Monitoring: Multimode Information Logistics Approach,» *Complex Systems Informatics and Modeling Quarterly*, vol. 1, no. 1, pp. 57–73, 2014.
2. Rudzajs, P., Kirikova, M. Variability Handling in Multi-Mode Service Composition // *Proceedings of 2nd International Conference on the Human Side of Service Engineering*, 2014, pp. 3–12.
3. Rudzajs, P., Kirikova, M. Service Functioning Mode in Variability Model // *Lecture Notes in Business Information Processing (Advanced Information Systems Engineering Workshops)*, vol. 178, L. Iliadis, M. Papazoglou, and K. Pohl, Eds. Thessaloniki, Greece: Springer International Publishing, 2014, pp. 124–135. (DOI: 10.1007/978-3-319-07869-4_11). **Iekļauts SpringerLink un Scopus datu bāzēs.**
4. Rudzājs, P., Kirikova, M., Strazdiņa, R. Capabilities and Challenges of Contemporary Service Based Monitoring Systems // *12th International Conference on Perspectives in Business Informatics Research (BIR2013)*, Polija, Varšava, 23.–25. septembris, 2013. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013, 278.–289. lpp. **Iekļauts SpringerLink, Scopus un ISI Web of Science datu bāzēs.**
5. Rudzājs, P., Kirikova, M., Strazdiņa, R. Configurative Alignment of Business and Application Services: A Work Systems Perspective // *4th Workshop on Business and IT Alignment (BITA 2013) in conjunction with 16th International Conference on Business Information Systems (BIS 2013)*, Polija, Poznaņa, 19.–20. jūnijs, 2013. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013, 100.–111. lpp. **Iekļauts SpringerLink un ISI Web of Science datu bāzēs.**
6. Kirikova, M., Rudzājs, P. Multimode Information Logistics for Conceptual Correspondence Monitoring // *11th International Conference on Perspectives in Business Informatics Research (BIR2012): 5th Workshop on Information Logistics and Knowledge Supply (ILOG 2012)*, Krievija, Nizhny Novgorod, 24.–26. septembris, 2012, 31.–42. lpp.
7. Rudzājs, P., Kirikova, M. Towards Monitoring Correspondence between Education Demand and Offer // *21st International Conference on Information Systems Development (ISD2012)*, Itālija, Prato, 29.–30. augusts, 2012. Berlin: Springer, 2012, 467.–479. lpp. **Iekļauts SpringerLink datu bāzē.**
8. Rudzājs, P. Towards Automated Education Demand-Offer Information Monitoring: the Information extraction // *6st International Conference on Research Challenges in*

- Information Science (RCIS2012), Spānija, Valensija, 16.–18. maijs, 2012, 453.–454. lpp. **Iekļauts *IEEEExplore* un *Scopus* datu bāzēs.**
9. Rudzājs, P., Kirikova, M. Mediated Competency Comparison between Job Descriptions and University Courses // RTU zinātniskie raksti. 5. sēr., Datorzinātne. - 47. sēj. (2011), 48.–56. lpp. **Iekļauts *DBPL*, *Versita* un *EBSCO* datu bāzēs.**
10. Rudzājs, P. Towards Automated Education Demand-Offer Information Monitoring: the Architecture // Selected Papers from Workshops and Doctoral Consortium of the International Conference on Perspectives in Business Informatics Research, BIR2011, Latvija, Rīga, 6.–8. oktobris, 2011., 252.–265. lpp. **Iekļauts *ISI Web of Science* un *Scopus* datu bāzēs.**
11. Rudzājs, P. Education offer/demand compliance monitoring approach // 10th International Conference on Perspectives in Business Informatics Research, BIR2011, Latvija, Rīga, 6. oktobris, 2011, 427.–436. lpp.
12. Birzniece, I., Rudzājs, P. Machine Learning Based Study Course Comparison // IADIS Conference on Intelligent Systems and Agents 2011 (ISA 2011), Itālija, Rome, 24.–26. jūlijs, 2011, 107.–111. lpp. **Iekļauts *Scopus* datu bāzē.**
13. Rudzājs, P., Bukša, I. Business Process and Regulations: Approach to Linkage and Change Management // 10th International Conference on Perspectives in Business Informatics Research, Latvija, Rīga, 6.–8. oktobris, 2011, 96.–109. lpp. **Iekļauts *SpringerLink*, *ISI Web of Science* un *Scopus* datu bāzēs.**
14. Rudzājs, P., Kirikova, M., Strazdiņa, R., Sukovskis, U. Learning Outcomes in the Mirror of Qualification Frameworks // 3rd International Conference «Institutional Strategic Quality Management» (ISQM2011), Rumānija, Sibiu, 14.–16. jūlijs, 2011. Sibiu: 2011, 247.–354. lpp. ISBN 9789735989132.
15. Rudzājs, P., Kirikova, M., Strazdiņa, R., Sukovskis, U. Towards Managing Learning Outcomes in the Jungle of Qualification Standards // EQANIE-Conference «Learning Outcomes and Quality Management in Informatics Education (EQANIE 2011), Austrija, Vienna, 17.–18. februāris, 2011. Vienna: EQANIE, 2011, 1.–7. lpp.
16. Rudzājs, P., Kirikova, M. Enhancing Knowledge Flow by Mediated Mapping between Conceptual Structures // Third International Conference on Information, Process, and Knowledge Management, Gvadelupa (Francija), Gosier, 23.–28. februāris, 2011, 36.–41. lpp. **Iekļauts *ThinkMind* datu bāzē.**

17. Rudzājs, P., Peņicina, L., Kirikova, M., Strazdiņa, R. Towards Narrowing a Conceptual Gap between IT Industry and University // RTU zinātniskie raksti. 5. sēr., Datorzinātne. – 43. sēj. (2010), 9.–15. lpp. **Iekļauts DBPL, Versita un EBSCO datu bāzēs.**
18. Strazdiņa, R., Kirikova, M., Rudzājs, P. Knowledge Integration Points in Contemporary Business Informatics // 9th International Conference on Perspectives in Business Informatics Research (BIR 2010), Vācija, Rostock, 29. Sep-1. Okt., 2010. Rostock: 2010, 33.–42. lpp.
19. Strazdiņa, R., Kirikova, M., Peņicina, L., Rudzājs, P. Knowledge Requirements Monitoring System: Advantages for Industry and University // Proceedings of the Second International Conference on Information, Process, and Knowledge Management (eKNOW 2010), Nīderlande, Saint Maarten, 10.–16. februāris, 2010. Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2010, 120.–125. lpp. ISBN 9781424456888. **Iekļauts IEEEExplore, ISI Web of Science un Scopus datu bāzēs.**
20. Rudzājs, P., Kirikova, M. IT Knowledge Requirements Identification in Organizational Networks: Cooperation between Industrial Organizations and Universities // 18th International Conference on Information Systems Development (ISD2009), Ķīna, Nančanga, 16.–19. septembris, 2009. Berlin: Springer, 187.–199. lpp. **Iekļauts SpringerLink un Scopus datu bāzēs.**

1.5. Darba struktūra

Darbā ir 5 nodaļas, secinājumi, literatūras avotu saraksts un pielikumi.

Pirmajā, ievada, nodaļā ir pamatota risināmā problēma, definēts darba mērķis, uzdevumi un pierādāmās tēzes, kā arī izklāstīts promocijas darba pētījumu process, galvenie rezultāti un darba struktūra.

Otrajā nodaļā ir izklāstīti IPPI monitoringa problēmvides izpētes rezultāti, kas iekļauj līdzšinējos pētījumus par IPPI avotu pārvaldības sistēmām, monitoringa sistēmu uzbūvi dažādās nozarēs, kā arī par servisu orientācijas, servisu sistēmu un to kompozīcijas principiem, kas ir piemēroti IPPI avotu pārvaldības risinājumu integrācijai vienotā sistēmā. Tiek izklāstīti arī izpētes rezultāti par līdzekļiem informācijas apstrādes aktivitāšu un to realizācijas variantu dažādības atspoguļošanai un iekļaušanai sistēmas arhitektūrā.

Trešajā nodaļā ir prezentēts izstrādātais IPPI monitoringa sistēmas modelis un to veidojošie apakšmodeļi, proti, 1) pamata servisu modelis, 2) pamata servisu plūsmu modelis, 3) sistēmas funkcionālās struktūras dažādības modelis un 4) sistēmas uzvedības dažādības

modelis. 3) un 4) modeļu izveidei ir izstrādātas un nodaļas izklāstā prezentētas atbilstošas metodes.

Ceturtajā nodaļā ir izklāstīti izstrādātie konkrētie IPPI monitoringa sistēmu modeļi un to implementācijas programmatūras prototipos, sniedzot ieskatu atsevišķu IPPI apstrādes aktivitāšu (servisu) realizācijā.

Piektajā nodaļā ir atspoguļoti IPPI monitoringa sistēmas modeļa novērtēšanas rezultāti. Tiek novērtēta modeļa spēja atspoguļot IPPI monitoringa sistēmas dažādību, tā atbilstība izvirzītajām IPPI monitoringa prasībām, kā arī modeļa lietderība IPPI monitoringā ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanai.

Secinājumu daļā ir sniegts darba rezultātu, iegūto secinājumu un turpmāko darbu apraksts.

Promocijas darbam ir 6 pielikumi. Darba 1. pielikumā ievietots svarīgāko darbā lietoto terminu un saīsinājumu skaidrojumu saraksts. Darba 2. pielikumā dots dažādu monitoringa sistēmu uzbūves īpašību apkopojums. Darba 3. pielikumā dots apkopojums par servisu sistēmu iedalījumiem. Darba 4. pielikumā dots izmantoto servisu saīsinājumu atšifrējums. Darba 5. pielikumā dots pastarpinātās IPPI identificēšanas programmatūras prototipa konfigurācijas apraksts. Darba 6. pielikumā atspoguļoti automātiskās IPPI identificēšanas rezultātu apkopojums izvēlētajā dokumentu kopā.

2. IZGLĪTĪBAS PIEPRASĪJUMA UN PIEDĀVĀJUMA INFORMĀCIJAS (IPPI) MONITORINGA PROBLĒMVIDES IZPĒTE

Lai noskaidrotu pastāvošos līdzekļus, kas ir izmantojami aktuālās IPPI monitoringa problēmas risināšanā un sistēmas modeļa izstrādē, ir veikta literatūras izpēte. Izpētes rezultātu izklāsts ir strukturēts šādās galvenās sadaļās: 1) IPPI avotu pārvaldības risinājumi, 2) monitoringa sistēmas, 3) servisi un servisu sistēmas un 4) sistēmas dažādības pārvaldība. Šāda izklāsta struktūra ir izraudzīta ar mērķi identificēt IPPI avotu pārvaldības risinājumus, izpētīt principus šo risinājumu integrācijai vienotā sistēmā, kā arī izpētīt sistēmas dažādības atspoguļošanu sistēmas arhitektūrā, tādējādi veidojot pamatu sistēmas modeļa izstrādei.

2.1. IPPI avotu pārvaldības risinājumi

Risinājumi IPPI avotu uzturēšanai, strukturētai atspoguļošanai, izgūšanai un analīzei promocijas darbā tiek saukti par IPPI avotu pārvaldības risinājumiem. IPPI monitoringam nozīmīgus informācijas avotus (skat. 1.1. sadaļu) parasti rada, glabā un izplata ar IPPI avotu uzturēšanas risinājumu palīdzību. IPPI avotu uzturēšanai tiek izmantotas informācijas sistēmas, piemēram, studiju pārvaldības sistēmas studiju kursu aprakstu uzturēšanai [17], [18] un cilvēkresursu pārvaldības sistēmas [19] un darba sludinājumu portāli (piemēram, www.cv.lv) amata aprakstu un sludinājumu uzturēšanai.

Bez IPPI avotu uzturēšanas ir jāveic arī dažādu veidu IPPI avotu apstrāde. Šo avotu apstrādes automatizācijai un ieinteresēto pušu vienotas izpratnes veicināšanai par avotos atspoguļoto IPPI ir svarīgi izmantot zināšanu struktūras, kas organizē un strukturē kādas jomas jēdzienus [20] (piemēram, zināšanas, prasmes un kompetences informācijas tehnoloģijas jomā) un veicina IPPI strukturētu atspoguļošanu, piemēram, studijuursos apgūstamo prasmju vai arī darba sludinājumā pieprasīto prasmju strukturētai atspoguļošanai. Zināšanu struktūras ir viens no līdzekļiem informācijas savstarpējās savietojamības nodrošināšanai un kalpo kā ieinteresēto pušu «vienota valoda» [21], kas jo īpaši svarīgi ir IPPI monitoringā, lai varētu nodrošināt vienotu un strukturētu IPPI avotu aprakstīšanu un apstrādi. Savstarpējās savietojamības līdzekļu izstrādi un izmantošanu īpaši aktualizē Eiropas Savienībā [22], [23]. Promocijas darba izstrādes gaitā [24]–[28] ir identificētas vairākas zināšanu struktūras, kas organizē zināšanas, prasmes un kompetences, piemēram, asociācijas «*Association for Computing Machinery*» izstrādātā «*Computing Classification System*» taksonomija (ACM-CCS) [29], Eiropas prasmju un kompetenču vārdnīca (*European Dictionary of Skills and Competencies; DISCO*) [30], Eiropas e-Kompetenču ietvars (*European e-Competence framework; e-CF*) [31] un Amerikas Nodarbinātības informācijas tīkla programmas «*O*NET*» definētie rīki un tehnoloģijas [32].

IPPI avoti atrodas to uzturētāju pārraudzībā, un tie visi nav pieejami kopējā krātuvē, tāpēc ir nepieciešami risinājumi, kas ļautu izgūt šo avotu dokumentus un apkopot vienuviet. Tas dotu iespēju veikt to sistēmisku analīzi IPPI stāvokļa un atbilstības noskaidrošanai (atbilstoši 1.2. sadaļā izvirzītajiem ieinteresēto pušu mērķiem M1 un M2). Ņemot vērā, ka liela daļa IPPI avotu dokumentu ir pieejami tīmeklī, tad būtiska informācijas izgūšanas tehnoloģija ir tīmekļa pārmeklētāji [10]. Kad informācijas avotu dokumenti ir izgūti, parasti tiek veikta to analīze, lai dokumentos identificētu interesējošos jēdzienus (piemēram, personas, vietas, notikumus, prasmes u. c. jēdzienus [33]). Visbiežāk izmantotās dokumentu analīzes platformas ir *Apache UIMA* [34] (angl. *Unstructured Information Management Architecture*) un *GATE* [35] (angl. *General Architecture for Text Engineering*), kas tiek izmantotas dažādos risinājumos, piemēram, kompetenču informācijas izgūšanai no organizācijas darbinieku profiliem [36].

Pastāvošo IPPI avotu pārvaldības risinājumu pētījumu rezultātā tika secināts:

1. risinājumi darbojas nesaistīti viens ar otru un nav vērsti uz IPPI monitoringa nodrošināšanu;
2. dažādi IPPI avoti ir izmantojami kā pamata informācijas avoti IPPI monitoringam;
3. IPPI strukturētas atspoguļošanas risinājumi (t. i., zināšanu struktūras) ir izmantojami, lai vienotā veidā avotos identificētu IPPI un veiktu šo avotu sasaisti, tādējādi sekmējot iesaistīto pušu mērķu (M1 un M2) sasniegšanu;
4. lielākā daļa IPPI avotu dokumentu ir pieejami tīmeklī un to manuāla izgūšana ir laikietilpīgs process, tāpēc tam piemēroti ir tīmekļa pārmeklētāji. IPPI avoti ir pieejami arī datu bāzēs, caur tīmekļa servisiem, kā arī dokumentos organizāciju iekšienē. Šī IPPI avotu īpatnība arī būtu jārespektē, izstrādājot IPPI monitoringa risinājumu, lai sekmētu mērķu M1 un M2 sasniegšanu;
5. izgūto IPPI avotu dokumentu analīze ir teksta analīzes uzdevums, kura risināšanā tiek izmantotas dabīgās valodas apstrādes metodes. Praksē plaši tiek lietotas arī nestrukturēta teksta analīzes platformas, ar kurām var automatizēt IPPI avotu dokumentu analīzi. Dokumentu analīzes mērķis IPPI monitoringā ir IPPI identificēšana dokumentos, kas sekmē mērķa M1 sasniegšanu.

2.2. Monitoringa sistēmas

Sistēmiskas novērošanas problēmas risināšanai praksē tiek izmantotas monitoringa sistēmas, kuru galvenais mērķis ir sistēmas lietotājiem nodrošināt iespēju novērot situāciju un tās izmaiņas, kas notiek laika gaitā [37]. Promocijas darbā ir pētītas monitoringa sistēmas

izglītības un citās nozarēs ar mērķi rast pamatu IPPI monitoringa risinājuma izstrādei, proti, potenciālai IPPI monitoringa sistēmas uzbūvei.

Izglītības nozarē monitoringa sistēmas parasti tiek apskatītas izglītības pārvaldības informāciju sistēmu kontekstā, kur galvenie monitoringa mērķi ir informācijas apkopošana no dažādiem informācijas avotiem un mācību plānu izpildes izsekošana [38]–[40]. Monitoringa sistēmas tiek izmantotas arī tādās nozarēs kā vides monitorings [41], veselības monitorings [42], mehānisko sistēmu monitorings [43], IT infrastruktūras monitorings [44], plašsaziņas līdzekļu (angl. *media*) monitorings [45], [46], biznesa aktivitāšu un procesu monitorings [47], u. c. Iepazīstoties ar pētījumiem par monitoringa sistēmām dažādās nozarēs, tika secināts, ka nav strukturēta veida to aprakstīšanai, kas savukārt apgrūtinā spriešanu par to vispārīgu uzbūvi un līdzību ar citām monitoringa sistēmām. Strukturētas monitoringa sistēmu aprakstīšanas veicināšanai promocijas darbā tika izstrādāts speciāls ietvars, ko veido literatūras analīzes rezultātā identificētie monitoringa sistēmas raksturojošie parametri. Izstrādātais ietvars sākotnēji tika prezentēts un izmantots monitoringa sistēmu aprakstīšanai autora publikācijā [48] un autora vadītajā bakalaura darbā [49].

Izmantojot izstrādāto ietvaru, arī IPPI monitorings ir atspoguļojams strukturēti (šajā rindkopā *slīprakstā* ir atzīmēti monitoringa sistēmas raksturojošie parametri). *Monitoringa objekts* IPPI monitoringā ir tekstuāli IPPI avoti, kas satur nestrukturētus, strukturētus vai daļēji strukturētus (*datu strukturētība*) cilvēka radītus tekstuāla formāta dokumentus (*datu avota formāts*). *Monitoringa aspekts* ir IPPI, kas atspoguļota šajos IPPI avotu dokumentos. Datus izgūst *virtuāli sensori*, proti, programmatūra izgūst datus no datu avotiem, vai arī *fiziski sensori* — IPPI monitoringā tie ir cilvēki, kas izgūst informāciju no datu avotiem. Pētot plašsaziņas līdzekļu monitoringa sistēmas, tika secināts, ka tajās tiek apstrādāti informācijas avoti, kuriem ir līdzīgas īpatnības kā IPPI avotiem (piemēram, daudzveidīgums, mainīgums, milzīgais apjoms, kā arī dažādie formāti un strukturētība). Šis secinājums ļauj izteikt apgalvojumu, ka arī IPPI monitoringā varētu izmantot plašsaziņas līdzekļu monitoringa sistēmās izmantotos *iekšējās uzbūves* elementus, piemēram, servisu [50]. IPPI monitoringā ir nodalītas šādas *monitoringa apakšfunkcijas*: informācijas izgūšana, analīze un izplatīšana. Informācijas izgūšanā var izmantot tādas *monitoringa metodes* kā datu nolasīšana no datu bāzēm, tīmekļa pārmeklēšana, datu lejupielādēšana un manuāla datu ievade sistēmā. Kā jau minēts 2.1. sadaļā, IPPI avotu dokumentu analīze ir teksta analīzes uzdevums, tāpēc informācijas analīze IPPI monitoringā iekļauj dabīgās valodas apstrādi, t. i., teksta analīzi, kā arī jēdzienos sakņotu (t. i., izmantojot zināšanu struktūras) avotu apstrādi un sasaisti. Savukārt informācijas izplatīšanai, līdzīgi kā citās monitoringa sistēmās, ir izmantojami specializēti lietotāju interfeisi, portāls ar

meklēšanas un pārlūkošanas iespējām. Balstoties uz IPPI īpatnībām un citām problēmvidē definētajām problēmām, IPPI monitoringā visu monitoringa apakšfunkciju izpildē var iesaistīt gan cilvēkus, gan programmatūru.

Strukturēti analizējot monitoringa sistēmu uzbūvi, tika izveidots monitoringa sistēmām piemītošo uzbūves īpašību apvienojums, kā arī identificētas īpašības atsevišķi katrai sistēmai. IPPI monitoringa sistēmai būtu jāpiemīt vairāku monitoringa sistēmu īpašību apvienojumam, proti, ir *jāspēj izgūt datus no dažādu tipu datu avotiem*, jo ir dažādi IPPI avoti un to īpatnības; *jāspēj apstrādāt strukturētus, nestrukturētus un daļēji strukturētus datus*, jo IPPI ir tekstuāla formāta ar dažādu strukturētību (nestrukturēta, daļēji strukturēta, nestrukturēta); *monitoringa sistēmu iekšējā uzbūvē ir jāiekļauj dažādi elementi, kuros izmantotas dažādas metodes datu izgūšanai, analīzei un izplatīšanai*, jo ir nepieciešami dažādi elementi un metodes IPPI avotu īpatnību apstrādei un mērķu (skat. M1 un M2 1.2. sadaļā) sasniegšanai; *monitoringa apakšfunkciju izpildē ir jāiesaista gan cilvēki, gan programmatūra*, jo IPPI monitoringā ir nepieciešama dažādu pušu iesaiste, kā rezultātā rodas nepieciešamība pēc mehānismiem, kas būtu piemēroti gadījumos, kad darbu sistēmā veic cilvēks, programmatūra vai abi kopā.

Kā jau minēts iepriekš, pašreiz izglītības nozarei paredzētās monitoringa sistēmas ir vērstas uz izglītības pārvaldības risinājumiem, kas pārsvarā nodrošina mācību plānu izpildes izsekošanu. Izglītības jomā nav pieejami IPPI monitoringa risinājumi. IPPI monitoringa īpatnība ir tā, ka tā nodrošināšanai ir nepieciešama arī dažādu ieinteresēto pušu iesaiste, kas apskatītajās sistēmās netika novērota vai ir ļoti neliela. IPPI monitoringā ir iesaistīts cilvēks un ir vajadzība apstrādāt dažāda tipa IPPI avotus, tāpēc ir nepieciešams nodrošināt IPPI monitoringa risinājuma struktūru, kas būtu piemērota dažādos gadījumos, kad darbu veic cilvēks, programmatūra vai abi kopā. Šim nolūkam ir pētīti servisi un servisu sistēmas, kā arī sistēmas dažādības pārvaldība.

2.3. Servisi un servisu sistēmas

IPPI avotu pārvaldības risinājumi avotu uzturēšanai, izgūšanai un analīzei ir apskatāmi kā servisi, kas kopā ar IPPI monitoringā pieejamiem resursiem (t. i., IPPI avotiem un zināšanu struktūrām) veido sistēmu, kas sekmē ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanu. Līdz ar to IPPI monitoringa risinājuma izstrādē potenciāli kā paradigma ir derīga servisu sistēma, kas ir vērsta, pirmkārt, uz mijiedarbību starp cilvēkiem, tehnoloģijām, citām iekšējām un ārējām servisu sistēmām un, otrkārt, uz koplietojamas informācijas apmaiņu servisu sistēmā, lai sasniegtu iesaistīto pušu kopīgo mērķi ar servisu kompozīcijām [51]. Serviss ir servisu orientēta risinājuma loģikas pamata vienība, un tā veidošanā tiek piemēroti servisu orientācijas

projektēšanas principi [50]. Ar servisiem plašākā nozīmē saprot servisu sistēmā iesaistīto pušu labā veiktās darbības un resursu nodrošināšanu, kurus izmanto iesaistītās puses šo darbību veikšanai [52]. Savukārt promocijas darbā tie tiek saprasti šaurākā nozīmē, proti, serviss ir modulāra funkcionalitāte, kurai var piekļūt un kuru var kombinēt ar citām funkcionalitātēm [53]. Ja funkcionalitātes izpildē ir iesaistīta programmatūra, tad ir lietots termins *automatizēts serviss*. Automatizēts serviss ir vai nu ar automatizācijas pakāpi «automātisks», vai «daļēji automātisks» (atbilstoši 1.1. sadaļā definētajām automatizācijas pakāpēm). Ja funkcionalitāti nodrošina cilvēks, ir lietots termins *manuāls serviss* (attiecīgi automatizācijas pakāpe ir «manuāls»). Ja aplūko servisu augstākā abstrakcijas līmenī, ir lietots termins *abstrakts serviss*, savukārt zemākā līmenī — *konkrēts serviss* [54]. Konkrētais serviss ir abstraktā servisa implementācija. Automatizētie servisi un manuālie servisi ir konkrētā servisa tipi.

IPPI monitoringā dažādi risinājumi (skat. 2.1. sadaļu) ir jāintegrē, veidojot sistēmu noteiktu mērķu sasniegšanai. Šim nolūkam ir izmantojami servisu orientācijas, servisu sistēmu un servisu kompozīcijas principi. IPPI apstrādes risinājumi turpmāk ir apskatīti kā servisi, kas kopā ar IPPI monitoringā pieejamiem resursiem veido informācijas intensīvu servisu sistēmu, kas sekmē ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanu ar servisu kompozīcijām. Pētījumos par servisu kompozīcijām tika identificēts galvenais trūkums, proti, pastāvošās metodes apskata tikai automatizētus servissus, taču, ņemot vērā nepieciešamību IPPI monitoringā iesaistīt dažādas ieinteresētās puses ar vajadzību pēc servisiem ar dažādām automatizācijas pakāpēm, ir nepieciešama metode šāda tipa servisu kompozīcijai. Servisu sistēmas iezīmē arī risinājumu iespējamo dažādību, tāpēc nākamajā sadaļā ir analizēti pētījumi par sistēmas dažādības atspoguļošanu un iekļaušanu sistēmas arhitektūrā.

2.4. Sistēmas dažādības pārvaldība

Daudzos gadījumos sistēmas tiek veidotas, ņemot vērā dažādību (angl. *variability*), piemēram, pašadaptīvas sistēmas, atvērtas platformas, kā arī servisu sistēmas [55]. Dažādu IPPI pārvaldības risinājumu, t. i., servisu un to kompozīciju iespējamība servisu sistēmā ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanai, rada nepieciešamību pēc sistēmas dažādības pārvaldības [56]. Dažādības pārvaldības kontekstā ir pētīti līdzekļi dažādības atspoguļošanai [57] un dažādības iekļaušanai sistēmas arhitektūrā [58]. Dažādība programmatūras inženierijā parasti tiek definēta kā programmatūras vai programmatūras artefakta (piemēram, servisa) spēja tikt izmainītam, lai tas pielāgotos specifiskam kontekstam [59], [60]. Promocijas darbā tiek apskatīta informācijas intensīvu [61] servisu sistēma, tāpēc dažādība tiek definēta kā spēja mainīt informācijas apstrādes vienību (t. i. servisu), lai to pielāgotu specifiskam kontekstam, mērķim vai nodomam.

Pētot dažādības pārvaldības jautājumus, tika secināts, ka servisu sistēmas funkcionālās struktūras dažādības aspekta atspoguļošanai ir piemēroti iezīmju modeļi, kas jau plaši tiek lietoti šim mērķim [57], [62]. Iezīmju modelis tiek izmantots, jo tas ir pamatā dažādības pārvaldībai; ļauj dokumentēt un analizēt obligātās, neobligātās un alternatīvās sistēmas iezīmes (promocijas darbā — servissus); vienkāršo šo iezīmju komunicēšanu ar sistēmā iesaistītajām pusēm un sistēmas attīstības plānošanu; kalpo kā vispārīgs līdzeklis sistēmas projektēšanai [63], [64]. Promocijas darbā veikto pētījumu rezultātā tika secināts, ka dažādības pārvaldībai sistēmās tiek izmantoti arhitektūras skati, kas tiek definēti ar skatu punktiem [12]. Ņemot to vērā, var secināt, ka iezīmju modelis ir izmantojams kā pamats servisu sistēmas funkcionālās struktūras dažādības skatam [65]. Servisu sistēmas uzvedību nosaka servisu kompozīcija, tāpēc servisu plūsmas ir izmantojamas par pamatu sistēmas uzvedības skatam. Šie minētie skati ir jāiekļauj vispārīgas IPPI monitoringa sistēmas modelī. Taču gan iezīmju modeli, gan servisu plūsmas tiešā veidā izmantot nevar, jo iezīmju modelī nav iespējams attēlot automatizācijas pakāpes, savukārt servisu plūsmās nav vienlaikus pieejamas gan automatizācijas pakāpes, gan abstraktie un konkrētie servisi. Trūkst arī metožu, lai šos skatus uzturētu saskaņotus. Promocijas darbā tiek piedāvāta metode paplašināta iezīmju modeļa izveidei, esošo modeli papildinot ar servisu tipiem un automatizācijas pakāpēm. Uz paplašinātā iezīmju modeļa pamata ir izstrādāta metode servisu plūsmu izveidei, kas paplašinātas ar servisu tipiem un automatizācijas pakāpēm.

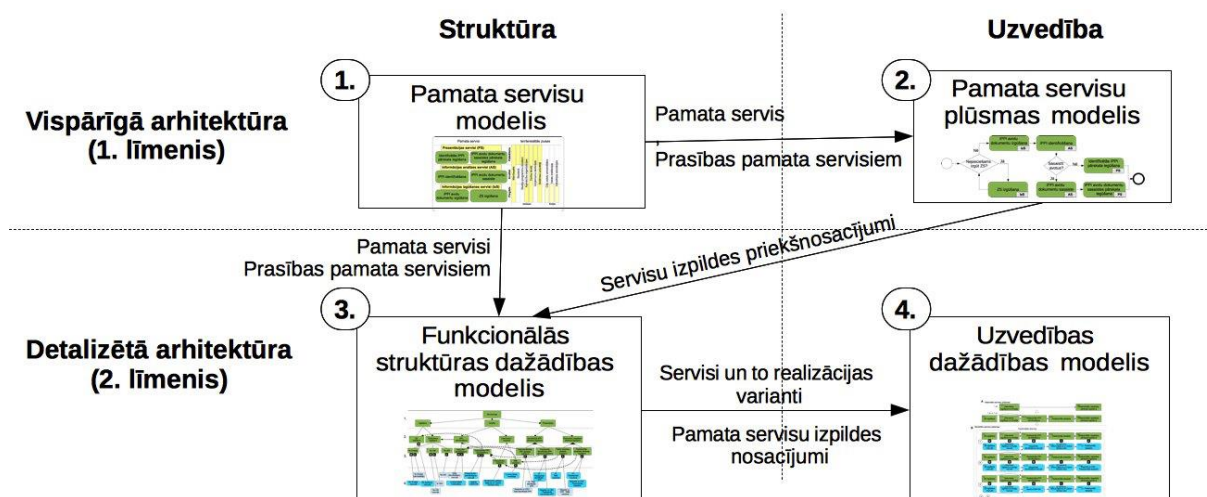
3. VISPĀRĪGAS IPPI MONITORINGA SISTĒMAS (VIPPIMON) MODELIS

Promocijas darbā vispārīgas IPPI monitoringa sistēmas modelis ir reprezentēts kā sistēmas arhitektūra. Sistēmas arhitektūra ir konceptuāls modelis, kas definē struktūras, uzvedības un citus sistēmas skatus [11]. Arhitektūras apraksts ir sistēmas atspoguļojums, kas ļauj spriest par sistēmas struktūru un uzvedību. Šajā nodaļā ir izklāstīti izstrādātie vispārīgas IPPI monitoringa sistēmas apakšmodeļi, kas apmierina 1.2. sadaļā izvirzītās prasības pēc dažādu IPPI avotu īpatnību apstrādes, vairāku ieinteresēto pušu iekļaušanas sistēmā, kā arī pēc dažādības informācijas apstrādes aktivitāšu realizācijas variantos (ar dažādām automatizācijas pakāpēm). Šo apakšmodeļu kopums veido vispārīgas IPPI monitoringa sistēmas arhitektūru (t. i., modeli). Vispārīgas IPPI monitoringa sistēmas apzīmēšanai turpmāk ir lietots saīsinājums VIPPIMON. VIPPIMON modelis atspoguļo sistēmas uzbūvi, tāpēc tas turpmāk ir saukts par sistēmas arhitektūru, savukārt apakšmodeļi — par arhitektūrā ietilpstošiem modeļiem.

Kā minēts iepriekš, VIPPIMON modelis ir reprezentēts kā sistēmas arhitektūra. Šīs sistēmas arhitektūras izstrāde ir veikta divos līmeņos, proti, ir izstrādāta vispārīga un detalizēta sistēmas arhitektūra. Vispārīgā arhitektūra definē ietvaru sistēmas struktūrai un uzvedībai. Savukārt detalizētā arhitektūra, balstoties uz vispārīgās arhitektūras definēto ietvaru, definē sistēmas funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības skatus. Šie skati ir nepieciešami, lai ieviestu un specificētu servisu sistēmas iespējamo dažādību (skat. 2.4. sadaļu).

VIPPIMON arhitektūras (t. sk., abu sistēmas dažādības skatu) izstrāde tika veikta ar šādiem soļiem (skat. 3.1. att.):

1. pamata servisu modeļa izstrāde sistēmas struktūras ietvara atspoguļošanai (skat. 3.1. sadaļu);
2. pamata servisu plūsmas modeļa izstrāde servisu izpildes secības atspoguļošanai, pamatojoties uz pamata servisiem un pret tiem definētajām prasībām (skat. 3.2. sadaļu);
3. arhitektūras skata izstrāde sistēmas funkcionālās struktūras dažādības atspoguļošanai, pamatojoties uz pamata servisu modeli un izmantojot paplašinātu iezīmju modeli (skat. 3.3. sadaļu);
4. arhitektūras skata izstrāde sistēmas uzvedības dažādības atspoguļošanai, pamatojoties uz funkcionālās struktūras dažādības skatu un izmantojot paplašinātas servisu plūsmas (skat. 3.4. sadaļu).

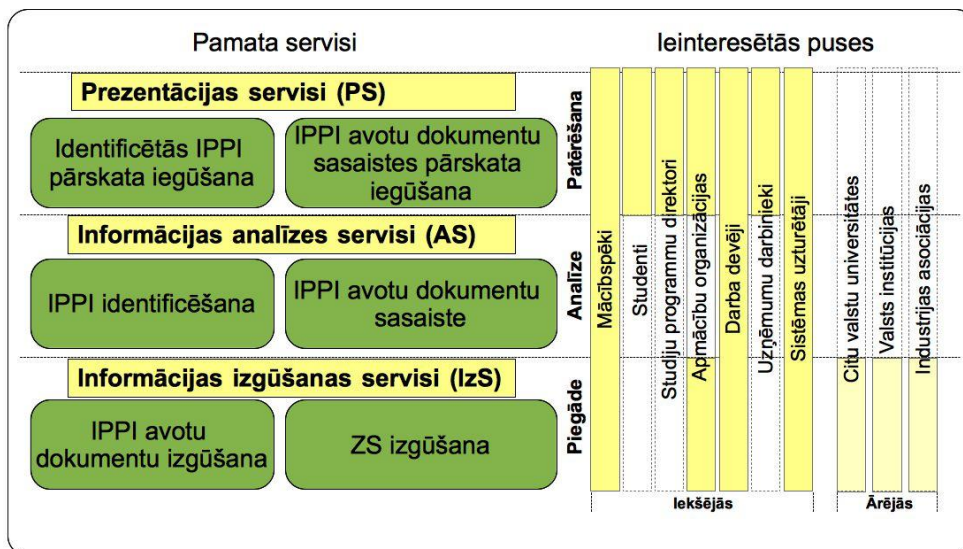


3.1. att. VIPPIMON arhitektūras izstrādes soļi

Pamata servisu modeļa pakāpeniska izstrāde ir atspoguļota promocijas darba autora publikācijās [9], [24], [25], [28], [66], [67], savukārt sistēmas funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības aspekti sakontēji aprakstīti autora publikācijās [68]–[72].

3.1. Pamata servisu modelis

Šajā sadaļā ir prezentēts izstrādātais VIPPIMON pamata servisu modelis, kas veido daļu no vispārīgās VIPPIMON arhitektūras. Pamatojoties uz IPPI monitoringā ieinteresēto pušu mērķiem un IPPI monitoringa problēmvides izpētes rezultātiem (skat. 1. un 2. nodaļu), ir izstrādāts VIPPIMON pamata servisu modelis (skat. 3.2. att.). Promocijas darbā pamata servisi ir servisi, kas ir nepieciešami IPPI monitoringa nodrošināšanai. Pamata servisu modelis, abstrahējoties no iespējamās sistēmas struktūras dažādības, atspoguļo sistēmas struktūras ietvaru, proti, pamata servisu, kas sakārtoti grupās, kas atbilst monitoringa sistēmu apakšfunkcijām (informācijas izgūšana, informācijas analīze, informācijas izplatīšana).



3.2. att. Pamata servisu modelis. Ieinteresēto pušu daļā iekrāsotie fragmenti norāda atbilstošās ieinteresētās puses iesaisti piegādes, analīzes un patērēšanas aktivitātes veikšanā

Balstoties uz monitoringa sistēmu apakšfunkcijām, servisi ir iedalāmi šādās servisu grupās.

- Informācijas izgūšanas apakšfunkcijai atbilstošā **Informācijas izgūšanas servisu (IzS) grupa**. Šīs grupas servisi ir vieni no svarīgākajiem VIPPIMON servisiem, jo piegādā sistēmai saturu, ko var analizēt un izplatīt sistēmā ieinteresētajām pusēm ar citu grupu servisu palīdzību. Šajā grupā ir identificēti divi pamata servisi, proti, IPPI avotu dokumentu izgūšanas serviss un zināšanu struktūru (ZS) izgūšanas serviss.
- Informācijas analīzes apakšfunkcijai atbilstošā **Informācijas analīzes servisu (AS) grupa**. Šajā grupā ietilpst servisi, kas paredzēti IPPI identificēšanai tās avotu dokumentos, kā arī IPPI avotu dokumentu sasaistei, sekmējot IPPI monitoringā ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanu. AS grupas servisi izmanto IzS grupas servisu darbības rezultātu.
- Informācijas izplatīšanas apakšfunkcijai atbilstošā **Prezentācijas servisu (PS) grupa**. Lai nodrošinātu analīzes rezultātu atspoguļošanu IPPI monitoringā ieinteresētajām pusēm dažādu tabulu, grafiku un attēlu formā, ir nepieciešami atbilstoši prezentācijas servisi, proti, identificētās IPPI pārskata iegūšanai un IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanai.

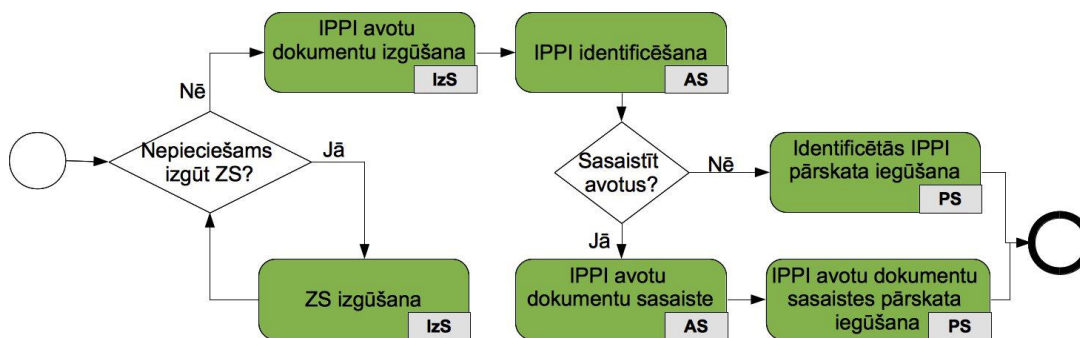
Lai identificētu pamata servisu obligātumu, to iespējamās variācijas, kā arī izpildes secību, pamata servisu modelī ir definētas arī prasības pret pamata servisiem. Atbilstoši prasības ir definētas trīs kategorijās: 1) obligātuma prasības — nosaka servisu obligātumu, t. i., vai bez servisa ir iespējama ieinteresēto pušu mērķu sasniegšana; 2) variācijas prasības — nosaka pamata servisu iespējamo variāciju, balstoties uz ieinteresēto pušu mērķiem un problēmvides

izpētes rezultātiem; 3) izpildes prasības — nosaka pamata servisu un/vai to variantu izpildes nosacījumus.

Ieinteresēto pušu potenciālā iesaiste servisu izpildē ir attēlota 3.2. att. labajā pusē. Redzams, ka vislielākā iesaistīto pušu dalība ir patērēšanas aktivitātē. Taču, lai šo aktivitāti varētu veikt, ir jābūt izpildītām izgūšanas un analīzes aktivitātēm. Pušu dalība minētajās aktivitātēs nosaka arī to dalību VIPPIMON pamata servisos. Piemēram, mācībspēkiem ir paredzēta iesaiste analīzes aktivitātē, kas nozīmē to, ka ir paredzēta šīs lomas iesaiste VIPPIMON pamata servisos, kuros tiek veikta IPPI identificēšana izgūtajos IPPI avotu dokumentos un IPPI avotu dokumentu sasaistes izveidošana

3.2. Pamata servisu plūsmas modelis

Balstoties uz pamata servisiem un tiem definētajām prasībām, ir izstrādāts pamata servisu plūsmas modelis, kas ir vērsts uz IPPI monitoringā ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanu (skat. 3.3. att.). Šis modelis atspoguļo sistēmu, abstrahējoties no iespējamās sistēmas uzvedības dažādības.



3.3. att. VIPPIMON pamata servisu plūsmas modelis. Pie katra servisa norādīts servisa grupas saīsinājums

Katru plūsmas modelī esošo servisu var izpildīt tad, ja eksistē nepieciešamie resursi, proti, dokuments vai zināšanu struktūra ir sasniedzama vai eksistē cita nepieciešamā servisa darbības rezultāts. Pamata servisiem ir identificēti servisa varianti (pamatojoties uz promocijas darbā definētām pamata servisu variācijas prasībām), tāpēc VIPPIMON pamata servisu plūsmā ir iespējama pamata servisu izpildes dažādība. Katram servisa variantam var būt arī viens vai vairāki realizācijas varianti (zemāks abstrakcijas līmenis), kā rezultātā VIPPIMON pamata servisu plūsmas realizācijai var būt dažādas alternatīvas, kas tiek noteiktas ar servisu realizācijas variantu jeb konkrēto servisu plūsmām. Lai strukturētā veidā definētu konkrēto servisu plūsmas, arhitektūrā ir ieviests funkcionālās struktūras dažādības skats, uz kā balstoties ir izstrādāta metode servisu plūsmu izveidei (skat. 3.3. un 3.4. sadaļas).

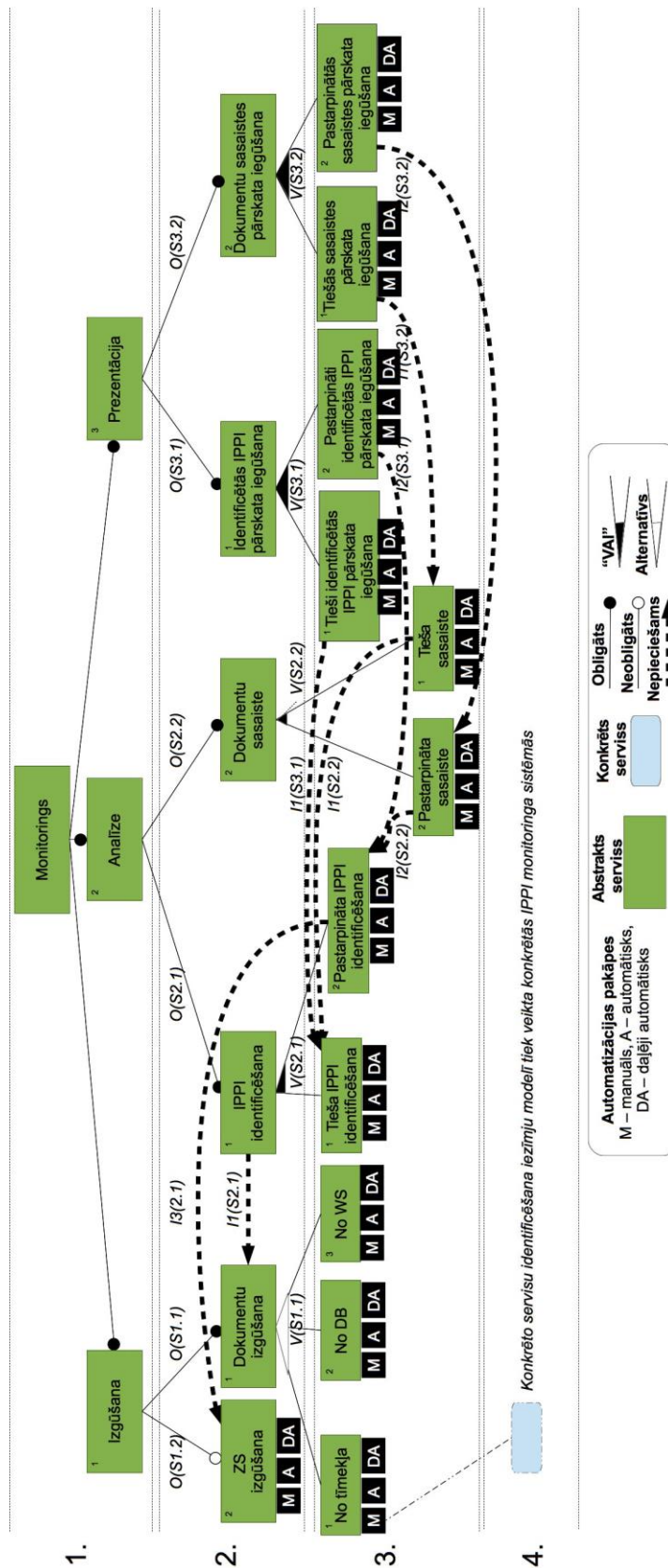
3.3. Funkcionālās struktūras dažādības modelis

Definējot variācijas prasības pamata servisiem, jau tika iezīmēta servisu funkcionālā dažādība. Kā tika noskaidrots 2.4. sadaļā, iezīmju modeli tiešā veidā nevar izmantot servisu sistēmas dažādības atspoguļošanā, jo tajā nav iespējams attēlot servisu tipus un automatizācijas pakāpes. Šim nolūkam promocijas darbā ir izstrādāts iezīmju modeļa paplašinājums ar mērķi tajā ieviest iespēju atspoguļot abstraktos servissus, proti, servisu grupas (variācijas punktus) un grupu servissus (variantus), kā arī konkrētos servissus jeb abstrakto servisu realizācijas variantus, kas tiek raksturoti ar automatizācijas pakāpēm.

Iezīmju modelī abstraktie servisi tiek atspoguļoti kā variācijas punkti taisnstūra formas figūrās, savukārt konkrētie servisi tiek atspoguļoti kā abstrakto servisu realizācijas varianti ieapaļas formas figūrās (skat. 3.4. att.). Ar variācijas punktu tiek apzīmēta noteikta vieta sistēmā, kur ir jāveic izvēle par to, kādu variantu izmantot [60]. Variants ir viena no izvēlēm variācijas punktā. Konkrētie servisi implementē jeb realizē abstraktos servissus, tāpēc tie tiek saukti arī par servisu realizācijas variantiem. Abstrakto servisu apzīmēšanai turpmāk ir izmantots saīsinājums S_i , savukārt konkrēto servisu — $S_i^{[A,M,DA]}$, kur augšējā indeksā ir norādīta kāda no servisa automatizācijas pakāpēm, proti, A — automātisks, M — manuāls vai DA — daļēji automātisks (automatizācijas pakāpju nozīme ir skaidrota 1.1. sadaļā). Gan abstrakto, gan konkrēto servisu apzīmējumā tiek lietots arī apakšējais indekss, kas norāda uz servisa numuru. Paplašinātā iezīmju modeļa piemērs ir parādīts 3.4. att.

Svarīgākais ieguvums no promocijas darbā ar servisu tipiem un automatizācijas pakāpēm paplašinātā iezīmju modeļa ir spēja pat pirms servisu kompozīcijas skaidri identificēt servissus, kuros ir nepieciešama cilvēka līdzdalība (M un DA automatizācijas pakāpes), kā arī servisu kompozīcijas (plūsmu) veidošanas laikā ir iespēja identificēt pārejas starp servisiem ar dažādām automatizācijas pakāpēm.

Izmantojot paplašināto iezīmju modeli, ir definēts skatu punkts [65] funkcionālās struktūras dažādībai. Izmantojot piedāvāto skatu punktu, ir izstrādāts atbilstošs arhitektūras skats VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādībai. Lai nodrošinātu arhitektūras skatu punktā definētās attiecības ar citiem modeļiem, iezīmju modeļa abstraktajiem servisiem ir jāatbilst pamata servisu modelī definētajiem servisiem un to variantiem. Lai nodrošinātu šo atbilstību, ir izstrādāta iezīmju modeļa izstrādes (IMI) metode, kas paredz iezīmju modeļa izstrādi, pamatojoties uz pamata servisu modelī identificētajiem servisiem un pret tiem definētajām obligātuma, variācijas un izpildes prasībām. Izmantojot šo metodi, tika izstrādāts VIPPIMON iezīmju modelis (skat. 3.4. att.), kurā atspoguļoti abstraktie servisi un kurā ir paredzēts atspoguļot abstraktos servissus realizējošos konkrētos servissus.



3.4. att. Iezīmju modelis, kas atspoguļo VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības skatu. O, V un I pie attieksmēm norāda attiecīgi uz obligātuma, variācijas un izpildes prasībām, kas ir pamatā attiecīgajai attiecībai. Modelī atspoguļoto servisu apzīmējums veidojas no numuriem, kas norādīti pie servisa, piemēram, Tiešās IPPI identifikācijas servisa numurs ir 2.1.1, kas arī ir indekss pie servisa apzīmējuma — S_{2.1.1}

3.4. Uzvedības dažādības modelis

Balstoties uz vispārīgo VIPPIMON arhitektūru, ir izstrādāta detalizētā arhitektūra, kuru veido sistēmas funkcionālās struktūras dažādības modelis (skat. modeļa aprakstu 3.3. sadaļā) un sistēmas uzvedības dažādības modelis. Šajā sadaļā ir raksturots izstrādātais sistēmas uzvedības dažādības modelis, kura mērķis ir saskaņā ar sistēmas funkcionālās struktūras dažādības modeli definēt sistēmas uzvedības dažādību.

Sistēmas uzvedības dažādībai ir definēts skatu punkts, kas uzvedības atspoguļošanai par pamatu izmanto paplašinātas servisu plūsmas. Izmantojot piedāvāto skatu punktu, ir izstrādāts atbilstošs VIPPIMON arhitektūras skats. Lai nodrošinātu arhitektūras skatu punktā definētās attiecības ar citiem modeļiem (servisu plūsmu modeļa abstraktajiem un konkrētajiem servisiem ir jāatbilst iezīmju modeli definētajiem servisiem un to variantiem), ir izstrādāta **mērķorientēta servisu kompozīcijas (MSK) metode** (tā sākotnēji aprakstīta promocijas darba autora publikācijā [71]). Metode paredz veikt servisu kompozīciju jeb servisu sakārtošanu servisu plūsmā, izmantojot paplašinātajā iezīmju modeli atspoguļotos abstraktos un konkrētos servissus, kā arī attiecības starp šiem servisiem. Lai šo metodi izmantotu, ir jābūt pieejamam iezīmju modelim, kas balstīts uz paplašinātā iezīmju modeļa notāciju (skat. 3.3. sadaļu). Metodes lietošanas rezultātā tiek iegūtas konkrēto servisu plūsmas noteikta mērķorientētā servisa realizācijai. Papildus sistēmas uzvedības dažādības atspoguļošanai plūsmas tiek izmantotas arī, lai sistēmas projektēšanas laikā nodrošinātu iespēju analizēt pārejas starp servisiem ar dažādām automatizācijas pakāpēm un identificētu sistēmā implementējamās konkrētos servissus un pārejas starp tiem.

Nākamajā nodaļā ir izklāstīta VIPPIMON modeļa konkrētas realizācijas *EduMON* portāla un *KIVIS* rīka programmatūras prototipos. Šim nolūkam ir papildināts VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības modelis ar konkrētiem servisiem, kā ir izmantota MSK metode, lai iegūtu mērķorientētos servissus realizējošās konkrēto servisu plūsmas, attiecīgi iegūstot sistēmas uzvedības dažādības modeli.

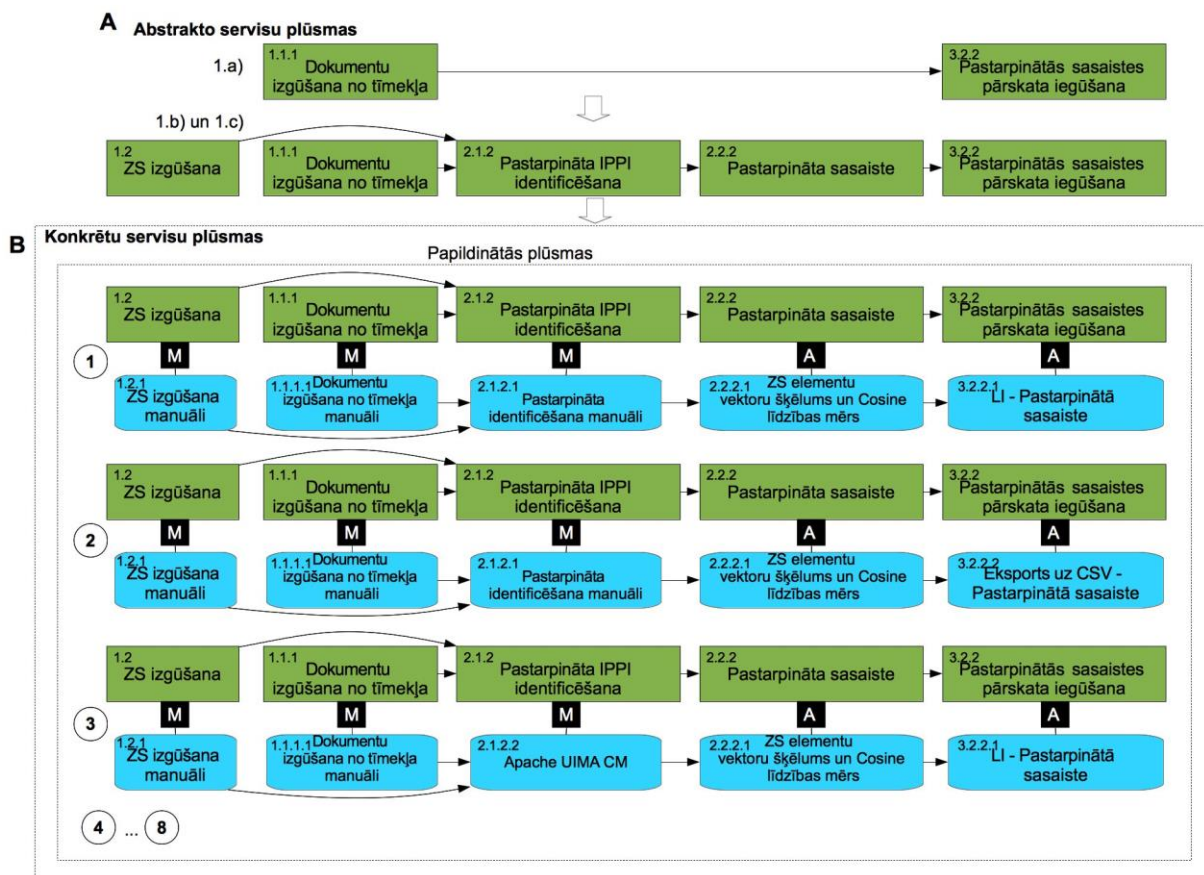
4. VIPPIMON SERVISU REALIZĀCIJA

Iepriekšējā nodaļā tika prezentēts promocijas darbā izstrādātais VIPPIMON modelis, kas ir definēts kā divu līmeņu IPPI monitoringa sistēmas arhitektūra. Sistēmas vispārīgo arhitektūru (1. līmenis) veido pamata servisu modelis un pamata servisu plūsmu modelis. Uz vispārīgās arhitektūras pamata ir izstrādāta detalizētā arhitektūra (2. līmenis), ko veido sistēmas funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības modeļi. Atbilstoši izstrādātajiem VIPPIMON funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības modeļiem ir veikta tajos identificēto servisu realizācija un integrācija vienotā sistēmā, tādējādi pierādot servisu darboties spēju un veicinot IPPI monitoringa problēmas risināšanu. Promocijas darbā ir veiktas divas VIPPIMON modeļa implementācijas, proti, *EduMON* portāla un konceptuālu struktūru sasaistes rīka *KIVIS* [24] implementācijas programmatūras prototipos. *KIVIS* rīks ir izstrādāts zinātniskajā projektā N° ZP-2009/15 «Kompetenču aprakstu automatizētas normalizēšanas un sasaistes metodes un prototipa izstrāde», sadarbojoties Rīgas Tehniskajai universitātei un industrijas uzņēmumam SIA «Lattelecom Technology». Uzņēmuma dalība rīka izstrādē arī pierāda industrijas ieinteresētību IPPI monitoringa problēmas risināšanā. *EduMON* servisos un *KIVIS* rīka servisos ir adaptētas un realizētas pastarpinātās IPPI identificēšanas un pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes metodes, kas sākotnēji ir izklāstītas promocijas darba autora publikācijās [24]–[27], [73].

Manuālie servisi ir realizēti kā manuāli izpildāmas darbības, kuru rezultāti tiek padarīti pieejami citiem sistēmas servisiem, saglabājot tos sistēmas datu bāzē ar ievades formu palīdzību vai transformējot uz formātu, kas ir pieņemams citiem sistēmas servisiem. Automātiskos servisos nodrošina atsevišķo sistēmu programmatūras komponenti, tajās integrētās bibliotēkas vai tajās integrētie citu platformu nodrošinātie servisi.

EduMON funkcionālās struktūras dažādības modeļa izstrādei ir izmantots 3.3. sadaļā prezentētais VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības modelis, kas balstās uz promocijas darbā paplašināto iezīmju modeli. Tātad *EduMON* funkcionālās struktūras modelis ir izveidots, paplašinot VIPPIMON funkcionālās struktūras modeli ar konkrētiem *EduMON* servisiem (skat. 4.1. att.).

EduMON uzvedības dažādības skatu veido mērķorientētie servisi ar to realizējošajām mērķorientētām servisu plūsmām. Mērķorientētos servissus formulē ar *EduMON* iezīmju modelī atspoguļotajiem abstraktajiem servisiem. 4.2. att. parādīts MSK metodes (skat. 3.4. sadaļu) izmantošanas rezultāts, proti, tiek atspoguļotas iegūtās servisu plūsmas mērķorientētajam servisam $MS_{(1.1.1; 3.2.2)}$ (paredzēts dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem un pastarpinātās sasaistes pārskata iegūšanai). Šis mērķorientētais serviss ir daļa no *EduMON* uzvedības dažādības skata (šajā skatā ir atspoguļojami arī citi mērķorientētie servisi). Lai iegūtu šo servisu realizējošās servisu plūsmas ir izmantota MSK metode, kas izmanto 4.1. att. atspoguļoto *EduMON* iezīmju modeli. Ilustrācijai daļa no $MS_{(1.1.1; 3.2.2)}$ atbilstošajām servisu plūsmām parādītas grafiskajā attēlojumā 4.2. att., kā arī formālajā pierakstā, kas seko pēc minētā attēla.



4.2. att. MSK metodes izmantošanas rezultāts (fragments), kas atspoguļo *EduMON* mērķorientētā servisa $MS_{(1.1.1; 3.2.2)}$ realizējošās plūsmas. Servisu plūsmu modeļi veido *EduMON* uzvedības dažādības skatu

Mērķorientētā servisa $MS_{(1.1.1, 3.2.2)}$ realizējošo plūsmu variantu vienkāršākam pierakstam tiek izmantots šāds formulējums (numuri pie plūsmu variantiem ir indikatīvi un norāda uz atbilstošo plūsmu 4.2. att. parādītajā grafiskajā atspoguļojumā; «•» — servisu kompozīcijas apzīmējums, «U» — plūsmu realizācijas variantu kopas apzīmējums [74]):

$$MS^P_{(1.1.1, 3.2.2)} = U ($$

$$1. \bullet (S^M_{1.2.1}, S^M_{1.1.1.1}, S^M_{2.1.2.1}, S^A_{2.2.2.1}, S^A_{3.2.2.1}),$$

2. $\bullet (S^M_{1.2.1}, S^M_{1.1.1.1}, S^M_{2.1.2.1}, S^A_{2.2.2.1}, S^A_{3.2.2.2}),$
3. $\bullet (S^M_{1.2.1}, S^M_{1.1.1.1}, S^A_{2.1.2.2}, S^A_{2.2.2.1}, S^A_{3.2.2.1}),$
4. $\bullet (S^M_{1.2.1}, S^M_{1.1.1.1}, S^A_{2.1.2.2}, S^A_{2.2.2.1}, S^A_{3.2.2.2}),$
5. $\bullet (S^M_{1.2.1}, S^A_{1.1.1.2}, S^M_{2.1.2.1}, S^A_{2.2.2.1}, S^A_{3.2.2.1}),$
6. $\bullet (S^M_{1.2.1}, S^A_{1.1.1.2}, S^M_{2.1.2.1}, S^A_{2.2.2.1}, S^A_{3.2.2.2}),$
7. $\bullet (S^M_{1.2.1}, S^A_{1.1.1.2}, S^A_{2.1.2.2}, S^A_{2.2.2.1}, S^A_{3.2.2.1}),$
8. $\bullet (S^M_{1.2.1}, S^A_{1.1.1.2}, S^A_{2.1.2.2}, S^A_{2.2.2.1}, S^A_{3.2.2.2});$

EduMON portāls nodrošina servisu plūsmu izpildi, kurās ir iekļauti šādi servisi (servisu numuri atbilst 4.1. att. attēlotajiem servisu numuriem).

- Serviss $S^M_{1.1.1.1}$ manuālai IPPI avotu dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem. Servisa izpildi veic cilvēks, apmeklējot IPPI avotu un izgūstot IPPI avota dokumentus. IPPI avotu dokumentu izgūšanas rezultātā tie tiek saglabāti, piemēram, teksta failos. Lai nodrošinātu šā servisa darbības rezultātu pieejamību citiem *EduMON* servisiem, ir realizēts lietotāja interfeiss šo dokumentu ievadei un saglabāšanai *EduMON* datu bāzē.
- Serviss $S^M_{1.2.1}$ manuālai zināšanu struktūru izgūšanai. Servisa izpildi veic cilvēks, apmeklējot tīmekļa vai citus resursus, kur ir pieejama interesējošā zināšanu struktūra, kā arī izgūstot šo zināšanu struktūru. Servisa darbības rezultātā izgūtā zināšanu struktūra tiek saglabāta, piemēram, teksta failos. Taču, lai nodrošinātu šā servisa rezultāta pieejamību citiem *EduMON* servisiem, ir realizēta pāreja starp šiem servisiem, proti, zināšanu struktūra ir transformēta uz citiem servisiem izmantojamu formātu.
- Serviss $S^A_{2.1.2.2}$ pastarpinātai IPPI identificēšanai ar *Apache UIMA*. Servisa izpildi veic *Apache UIMA ConceptMapper* [75] teksta analīzes dzinis, kuram ir adaptēta konfigurācija, lai tas spētu dokumentu tekstā identificēt promocijas darbā aplūkoto zināšanu struktūru elementus. Pastarpinātās IPPI identificēšanas gadījumā tiek izveidots dokumentā atspoguļoto zināšanu struktūras elementu vektors. Servisa darbības princips sākotnēji aprakstīts [27], [73].
- Serviss $S^A_{2.1.1.2}$ tiešai IPPI identificēšanai ar teksta indeksētāju un serviss $S^A_{2.2.1.1}$ tiešai IPPI avotu dokumentu sasaistei ar teksta meklētāju. Šie servisi pamatā izmanto teksta indeksēšanas un meklēšanas programmatūras bibliotēku *Lucene* [76]. Šī bibliotēka ir integrēta *EduMON* portālā un tā veic IPPI avota dokumentu teksta analīzi, izveidojot indeksu un dokumentu meklēšanu šajā indeksā (t. i., dokumentu sasaisti).

- Serviss $S_{2.2.2.1}^A$ pastarpinātai IPPI avotu dokumentu sasaistei, izmantojot zināšanu struktūru elementu vektorus un *Cosine* [77] līdzības mēru. Servisa darbības princips sākotnēji aprakstīts promocijas darba autora publikācijā [24].
- Prezentācijas servisi dažādu pārskatu iegūšanai:
 - serviss $S_{3.1.2.1}^A$ pastarpināti identificētās IPPI pārskata iegūšanai, izmantojot lietotāju interfeisu;
 - serviss $S_{3.1.2.2}^A$ pastarpināti identificētās IPPI pārskata iegūšanai, eksportējot to uz CSV formāta failu;
 - serviss $S_{3.2.1.1}^A$ tiešās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanai, izmantojot lietotāja interfeisu;
 - serviss $S_{3.2.2.1}^A$ pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanai, izmantojot lietotāja interfeisu;
 - serviss $S_{3.2.2.2}^A$ pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanai, eksportējot to uz CSV formāta failu.

Līdzīgi kā *EduMON*, arī *KIVIS* rīka detalizētās arhitektūras modeļi, proti, funkcionālās struktūras dažādības un uzvedības dažādības modeļi, ir iegūstami, paplašinot atbilstošos VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības un uzvedības dažādības modeļus. *KIVIS* rīks nodrošina servisu plūsmu izpildi, kurās ir iekļauti šādi servisi (rīka nodrošināto servisu izmantoto metožu un darbības rezultātu apraksti sākotnēji ir prezentēti promocijas darba autora publikācijās [24]–[26]).

- Serviss manuālai IPPI avotu dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem un serviss manuālai zināšanu struktūru izgūšanai. Šo servisu darbības princips ir līdzīgs kā atbilstošiem *EduMON* servisiem.
- Serviss manuālai pastarpinātai IPPI identificēšanai.
- Serviss automātiskai IPPI avotu dokumentu pastarpinātai sasaistei, izmantojot zināšanu struktūru elementu vektorus.
- Prezentācijas servisi pastarpināti identificētās IPPI un pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskatu iegūšanai, izmantojot lietotāja interfeisu.

Izstrādātie konkrēto sistēmu detalizētās arhitektūras modeļi un uz tiem balstītie programmatūras prototipi ir izmantoti kā līdzekļi, lai novērtētu VIPPIMON modeļa lietojamību konkrētu IPPI monitoringa sistēmu izstrādei, kā arī tā praktisko lietderību.

5. VIPPIMON MODEĻA NOVĒRTĒJUMS

Atbilstoši projektēšanas pētījumu zinātniskai metodei izstrādātais VIPPIMON modelis ir artefakts (skat. 1.3. sadaļu). Artefakta novērtēšanai ir izmantojamas novērošanas, analītiskās, eksperimentālās, testēšanas un aprakstošās novērtēšanas metodes [13]. Promocijas darbā VIPPIMON modeļa novērtēšanai ir izmantotas divas aprakstošās metodes, proti, informētais arguments (angl. *informed argument*) un scenāriji. Izmantojot informāciju par VIPPIMON modeļa uzbūvi, tiek veidoti argumenti tā piemērotībai IPPI monitoringa problēmas risināšanai. Par pamatu tiek izmantoti modeļu kvalitātes kritēriji [78], proti, atbilstība prasībām un lietojamība (angl. *usability*). Ar kvalitātes kritēriju «atbilstība prasībām» tiek saprasts VIPPIMON arhitektūras pilnīgums un nepretrunība, kas novērtēti kā VIPPIMON spēja atspoguļot IPPI monitoringa dažādību un VIPPIMON vispārīgās arhitektūras saskaņotību ar detalizēto arhitektūru (skat. 5.1. sadaļu). Savukārt ar kritēriju «lietojamība» tiek saprasta arhitektūras izmantojamība IPPI monitoringa sistēmu, proti, *EduMON* portāla un *KIVIS* rīka projektēšanai un izstrādei (skat. 5.2. sadaļu). Papildus artefakta atbilstībai prasībām un lietojamībai ir novērtēta arī tā praktiskā lietderība ar scenāriju metodi, proti, ir izstrādāti *EduMON* izmantošanas scenāriji, kas parāda tās lietderību (skat. 5.3. sadaļu). Šī sistēma ir kā līdzeklis sistēmas praktiskās lietderības novērtēšanai.

5.1. VIPPIMON modeļa pilnīgums un nepretrunība

VIPPIMON arhitektūras izstrāde ir veikta divos abstrakcijas līmeņos, proti, ir izstrādāta vispārīgā un detalizētā arhitektūra (skat. 3. nodaļu). Vispārīgā arhitektūra sastāv no pamata servisu modeļa un pamata servisu plūsmas modeļa. Detalizētā arhitektūra sastāv no funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības modeļiem. Līdzekļi dažādības atspoguļošanai un abstrakto servisu implementācijas varianti ir pamatoti ar pētījumiem IPPI monitoringa problēmvidē, proti, ar pētījumiem par IPPI avotu pārvaldības risinājumiem, monitoringa sistēmām, servisu sistēmām un sistēmas dažādības apstrādi. Piedāvātais modelis ļauj atspoguļot servisu dažādību gan sistēmas funkcionālās struktūras dažādības, gan uzvedības dažādības modeļos. Funkcionālās struktūras dažādības modelī dažādība ir atspoguļota ar promocijas darbā paplašināto iezīmju modeli. Paplašinātais iezīmju modelis nodrošina iespēju atspoguļot abstrakto servisu dažādību, kā arī abstrakto servisu realizācijas variantu un to automatizācijas pakāpi dažādību.

Iezīmju modelī (tas ir pamatā funkcionālās struktūras dažādības modelim) abstraktie servisi ar iespējamo dažādību ir atspoguļoti kā variācijas punkti, piemēram, abstraktajam IPPI identificēšanas servisam $S_{2.1}$, pamatojoties uz pamata servisu prasībām, ir divi varianti (skat.

3.3. sadaļā atspoguļoto modeli), proti, servisi tiešai un pastarpinātai IPPI identificēšanai. Abstrakto servisu dažādības atspoguļošana ir veikta ar izstrādāto iezīmju modeļa izveides (IMI) metodi, kas arī nodrošina sistēmas funkcionālās struktūras dažādības modeļa saskaņotību ar pamata servisu prasībām. Savukārt abstrakto servisu realizācijas varianti, proti, konkrētie servisi paplašinātajā iezīmju modelī ir atspoguļoti kā atsevišķs slānis. Piemēram, tiešās un pastarpinātās IPPI identificēšanas servisu realizācijas dažādība *EduMON* (VIPPIMON implementācija) ir parādīti ar konkrētiem servisiem un to automatizācijas pakāpēm (skat. 4.1. att.).

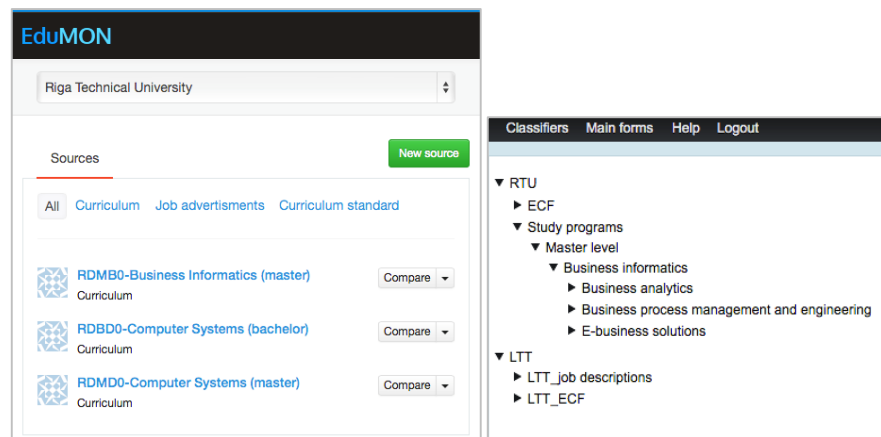
Savukārt sistēmas uzvedības dažādības modelī ir atspoguļotas abstrakto servisu plūsmas un tās realizējošās konkrēto servisu plūsmas. Viena un tā pati abstrakto servisu plūsma, kas nodrošina viena mērķa sasniegšanu ir realizējama ar vairākām konkrēto servisu plūsmām. Piemēram, *EduMON* mērķorientētā servisa MS_(1.1.1; 3.2.2) (paredzēts dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem un pastarpinātās sasaistes pārskata iegūšanai) realizācijai iespējamās astoņas konkrēto servisu plūsmas (skat. 4.2. att.). Sistēmas uzvedības dažādības atspoguļošanai un saskanības nodrošināšanai ar funkcionālās struktūras dažādības modeli tiek izmantota izstrādātā mērķorientētā servisu kompozīcijas (MSK) metode.

Dažādības atspoguļošanas kontekstā ir iespējams novērtēt arī to, kā VIPPIMON modelis apmierina IPPI monitoringa prasības (tās definētas 1.3. sadaļā). Pr1 ir apmierināta ar to, ka VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības skatā ir atspoguļoti abstraktie servisi dažādu IPPI avotu dokumentu izgūšanai no dažādām vietām, proti, tīmekļa vietnēm, datu bāzēm, tīmekļa servisiem, kā arī atspoguļoti servisi, kas paredzēti nestrukturēta teksta apstrādei un IPPI avotu dokumentu sasaistei. Pr2 ir apmierināta ar to, ka VIPPIMON pamata servisu modelī ir atspoguļotas IPPI monitoringā ieinteresētās puses. Pr3 ir apmierināta ar to, ka VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības un uzvedības dažādības modeļi nodrošina abstrakto servisu realizācijas variantu (ar dažādām automatizācijas pakāpēm) atspoguļošanu.

VIPPIMON modelis ļauj atspoguļot sistēmu un tās dažādību divos abstrakcijas līmeņos un apmierina trīs galvenās IPPI monitoringa prasības, tāpēc var secināt, ka modelis ir pilnīgs un izmantojams IPPI monitoringa dažādības atspoguļošanai. VIPPIMON vispārīgā arhitektūra ir saskaņota ar detalizēto arhitektūru (t. i., pamata servisu modelis ir saskaņots funkcionālās struktūras dažādības modeli), un VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības modelis ir saskaņots ar uzvedības dažādības modeli, tāpēc var secināt, ka VIPPIMON modelis ir nepretrunīgs. Pamatojoties uz šiem secinājumiem, tiek pierādīta promocijas darbā izvirzītā tēze **T1**, jo izstrādātais VIPPIMON modelis nodrošina saistītu ieinteresēto pušu un tām būtiskāko servisu, kā arī sistēmas strukturālās un uzvedības dažādības atspoguļojumu.

5.2. VIPPIMON modeļa lietojamība

VIPPIMON modelis ir izmantots, lai izstrādātu konkrētu sistēmu, proti, *EduMON* portāla un *KIVIS* rīka, funkcionālās struktūras dažādības un uzvedības dažādības modeļus. Šie modeļi ir izmantojami, lai veiktu šo sistēmu realizāciju programmatūras prototipos (skat. ilustratīvus sistēmas skatus 5.1. att.). *EduMON* portāla un *KIVIS* rīka apraksts ir dots 4. nodaļā. Šajā sadaļā tiek aprakstīts, kā izstrādātie sistēmas prototipi apmierina IPPI monitoringa prasības.



5.1. att. *EduMON* portāla (kreisā puse) un *KIVIS* rīka (labā puse) lietotāja interfeisi, kas atspoguļo informācijas avotus

EduMON portāla (skat. 4. nodaļu) projektēšana un realizācija tika veikta, paplašinot VIPPIMON funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības modeļus ar konkrētiem servisiem. *EduMON* portālā ir realizēti VIPPIMON pamata servisu modelī iekļauto pamata servisu varianti zināšanu struktūru izgūšanai, IPPI avotu dokumentu izgūšanai, tiešai un pastarpinātai IPPI identificēšanai IPPI avotu dokumentos, tiešai un pastarpinātai IPPI avotu dokumentu sasaistei un identificēšanas un sasaistes rezultātu prezentācijai. 5.1. tabulā ir dots skaidrojums, kā *EduMON* portāls apmierina izvirzītās prasības IPPI monitoringam.

5.1. tabula. Implementētā *EduMON* portāla apmierinātās prasības

Prasība	<i>EduMON</i>
Pr1	<i>EduMON</i> portāla nodrošinātie servisi ļauj apstrādāt dažāda tipa un daudzuma IPPI avotu dokumentus, kas iegūti no dažādām vietām (piemēram, darba sludinājumi, kursu apraksti, kas pieejami tīmeklī vai datu bāzēs), kā arī ļauj iegūt atbilstību starp IPPI avotu dokumentiem. <i>EduMON</i> nodrošinātie analīzes servisi ir spējīgi apstrādāt nestrukturētus teksta dokumentus, kuru apstrāde specifisku metožu izmantošanas dēļ ir sarežģītāka nekā strukturētu vai daļēji strukturētu dokumentu apstrāde.
Pr2	Dažādām ieinteresētajām pusēm (piemēram, mācībspēki, uzņēmumu pārstāvji, sistēmas uzturētāji un citi) ir nodrošināta piekļuve <i>EduMON</i> portālam, lai izpildītu servissus, saglabātu manuālu servisu izpildes rezultātus, kā arī lai patērētu analīzes servisu rezultātus, izmantojot prezentācijas servissus.
Pr3	<i>EduMON</i> portālā ir realizēti servisi ar dažādām automatizācijas pakāpēm. Bez realizētajiem servisiem ir arī servisi, kuru realizācija ir plānota turpmākajos darbos. Servisu realizācijas varianti ir atspoguļoti <i>EduMON</i> funkcionālās struktūras dažādības modelī un uzvedības dažādības modelī.

KIVIS rīks arī atbilst izstrādātajam modelim, proti, tajā ir realizēti *VIPPIMON* pamata servisu modelī atspoguļoto pamata servisu varianti zināšanu struktūru izgūšanai, *IPPI* avotu dokumentu izgūšanai, pastarpinātai *IPPI* identificēšanai *IPPI* avotu dokumentos un pastarpinātai *IPPI* avotu dokumentu sasaistei, kā arī identificēšanas un sasaistes rezultātu prezentācijai. Līdzīgi kā *EduMON* portāls, arī *KIVIS* rīks apmierina izvirzītās prasības *IPPI* monitoringam, taču atšķirībā no *EduMON* portāla, *KIVIS* rīks nodrošina mazāku skaitu ar servisiem un prasa lielāku cilvēka iesaisti analīzes servisu izpildē, kā arī *KIVIS* rīka analīzes servisi ir spējīgi apstrādāt tikai strukturēta teksta dokumentus.

Ņemot vērā, ka uz *VIPPIMON* pamata ir projektēts un izstrādāts *EduMON* portāls, kā arī šim modelim atbilst *KIVIS* rīks, kas apmierina *IPPI* monitoringa prasības pēc *IPPI* avotu īpatnību apstrādes, ieinteresēto pušu iesaistes un dažādību servisu realizācijas variantos, var secināt, ka *VIPPIMON* modelis ir izmantojams *IPPI* monitoringa sistēmu projektēšanai un izstrādei. Šis secinājums pastiprina jau iepriekšējā sadaļā doto pierādījumu promocijas darbā izvirzītajai tēzei **T1** ar to, ka izstrādātais modelis ir piemērots *IPPI* monitoringa sistēmu projektēšanai un izstrādei.

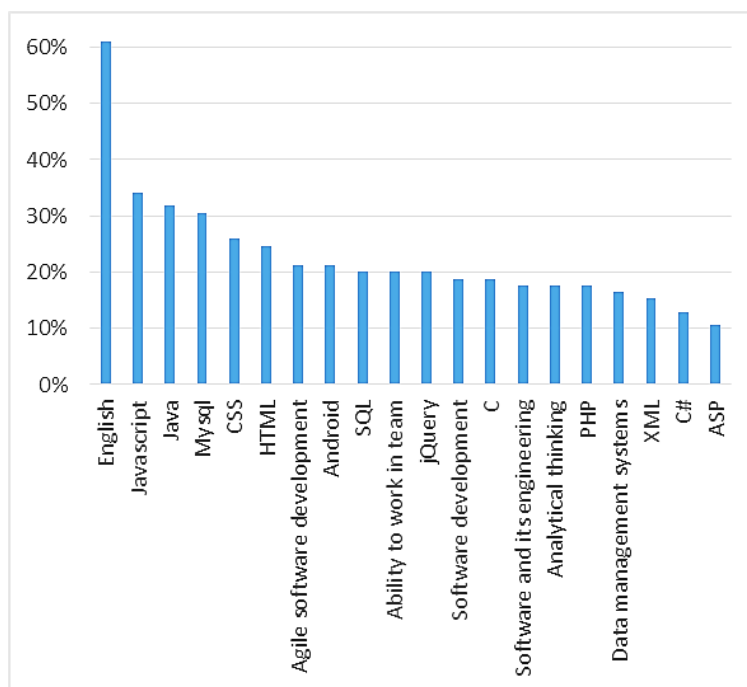
5.3. *VIPPIMON* modeļa praktiskā lietderība

VIPPIMON modeļa praktiskā lietderība ir novērtēta ar tā realizāciju, tas ir, izstrādāto *EduMON* portāla prototipu, kas atbalsta scenārijus ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanai, proti, scenārijs sistēmiskai *IPPI* stāvokļa novērošanai (atbilst M1) un scenārijs sistēmiskai *IPPI* atbilstības novērošanai (atbilst M2).

IPPI stāvokļa novērošanai ir tiek pārbaudīts šāds scenārijs: studiju programmas direktors vēlas noskaidrot, kāds ir zināšanu pieprasījums programmatūras izstrādātājiem. Scenāriju realizē *EduMON* portāla uzvedības dažādības modelī definētā mērķorientētā servisa $MS_{(1.1.1.;3.1.2)}$ realizējošās konkrēto servisu plūsmas (tas pierāda, ka scenārija tips jau tiek definēts sistēmas projektējumā). Šis serviss paredz *IPPI* avotu dokumentu izgūšanu no tīmekļa un pastarpināti identificētās *IPPI* pārskata iegūšanu. Šajā scenārijā tiek apskatīta $MS^P_{(1.1.1, 3.1.2)}$ realizējošā konkrēto servisu plūsma $\bullet (S^M_{1.2.1}, S^M_{1.1.1.1}, S^A_{2.1.2.2}, S^A_{3.2.2.2})$, kur *IPPI* avotu dokumenti manuāli tiek izgūti no tīmekļa, tiek veikta pastarpināta *IPPI* identificēšana ar *Apache UIMA* (izmantojot trīs zināšanu struktūras — *ACM-CCS*, *DISCO*, *ONET*) un pastarpināti identificētās *IPPI* pārskata iegūšana, eksportējot to uz *CSV* formāta failu. Eksportēšana uz *CSV* formāta failu paver plašākas identificētās *IPPI* analīzes iespējas dažādās izklājlapu programmatūrās (piemēram, *MS Excel* vai *LibreOffice Calc*), kur pieejama funkcionalitāte šķērstabulu atskaišu (angl. *PivotTable reports*) veidošanai.

Zināšanu pieprasījumus programmatūras izstrādātājiem ir atspoguļots darba sludinājumos. Šim nolūkam no *www.cv.lv* darba sludinājumu portāla tika manuāli izgūti 85 darba sludinājumi uz programmētāja amata vietu (tika izpildīts serviss $S^M_{1.1.1.1}$; par programmētāju amatiem tika uzskatīti tie, kuru nosaukumā ir teksts «*developer*», «*programmer*», «*software engineer*» vai «*software architect*»).

Automātiski identificēto IPPI var aplūkot katrā IPPI avota dokumenta skatā *EduMON* portālā (prezentācijas serviss $S^A_{3.1.2.1}$ pastarpināti identificētās IPPI pārskata iegūšanai, izmantojot lietotāju interfeisu), taču paplašinātai rezultātu interpretēšanai iegūtie rezultāti tiek eksportēti CSV formāta failā un veikta to apstrāde ar *MS Excel* izklājlapu programmatūras šķērstabulu atskaišu funkcionalitāti.



5.2. att. Identificētie zināšanu struktūru elementi dokumentos (dokumentu skaits % no visiem darba sludinājumiem uz «Programmētāja» amata vietu)

Ar *EduMON* nodrošinātajiem servisiem ir iespējams iegūt pārskatu par identificēto IPPI, kā arī veikt šīs informācijas interpretēšanu, izmantojot šķērstabulu funkcionalitāti. Līdz ar to var secināt, ka *EduMON* portāls atbalsta scenāriju, kas sekmē ieinteresēto pušu mērķa M1 sasniegšanu. Tādējādi daļēji tiek pierādīta promocijas darbā izvirzītā tēze **T2**. Šajā scenārijā sistēmiski tika iegūti IPPI identificēšanas rezultāti darba sludinājumos uz «Programmētāja» amata vietu un veikta to interpretācija. Interpretācijas rezultātā tika secināts (skat. 5.2. att.), ka 61 % no apskatītajiem darba sludinājumiem pieprasa angļu valodas zināšanas, 34 % — skriptēšanas valodas *Javascript* zināšanas, 32 % — programmēšanas valodas *Java* zināšanas, 31 % datu pārvaldības sistēmas *MySQL* zināšanas.

IPPI avotu dokumentu atbilstības novērošanai (atbilst mērķim M2 «sistēmiski novērot IPPI atbilstību») tiek pārbaudīts šāds scenārijs: Rīgas Tehniskās universitātes (RTU) bakalaura līmeņa studiju programmas «Datorsistēmas» direktors vēlas noskaidrot šīs programmas kursu atbilstību uzņēmuma «Accenture» darba sludinājumiem. Kopumā tika identificēti 10 darba sludinājumi un 85 studiju kursi. Scenāriju realizē *EduMON* portāla uzvedības dažādības modelī definētā mērķorientētā servisa MS_(1.1.1.;3.2.2) realizējošās konkrēto servisu plūsmas (tas pierāda, ka arī šis scenārija tips jau tiek definēts sistēmas projektējumā). Šis serviss paredz IPPI avotu dokumentu izgūšanu no tīmekļa un pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanu. Šajā scenārijā tiek apskatīta konkrēto servisu plūsmas, kur IPPI avotu dokumenti manuāli tiek izgūti no tīmekļa, tiek veikta pastarpināta IPPI identificēšana ar *Apache UIMA*, veikta pastarpināta IPPI avotu dokumentu sasaiste, izmantojot zināšanu struktūru elementu vektorus un pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanu, izmantojot lietotāja interfeisu vai eksportējot to uz CSV formāta failu. Kā jau minēts iepriekš, rezultātu eksportēšana uz CSV formāta failu paver plašākas analīzes iespējas.

Pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskats, kas iegūts un attēlots *EduMON* portāla lietotāja interfeisā ir parādīts 5.3. att.

IOS DEVELOPER	+ [B1] Applied System Software	0.283
	+ [C] Web Application Development Using ASP.NET	0.259
	+ [C] Web-applications Development for Internet	0.254
JAVA ARCHITECT	+ Technology of Large Databases	0.330
	+ [C] PHP Language for Interactive Web-application Developing	0.287
	+ Introduction to Computer Architecture	0.282
	+ [C] Business Process Modeling: Methods and Tools	0.242

5.3. att. Fragments no *EduMON* prezentācijas servisa darbības rezultāta — «Accenture» darba sludinājumu atbilstība RTU studiju programmas «Datorsistēmas» kursiem

Izmantojot šo *EduMON* lietotāja interfeisā attēloto pārskatu, nav iespējama detalizētāka sasaistes analīze. Lai iegūtu iespēju veikt detalizētāku sasaistes analīzi, tiek darbināts prezentācijas serviss, kas sasaistes rezultātus eksportē CSV formāta failā. Tad, izmantojot šķērstabulas, šos rezultātus var analizēt, lai novērtētu, kādi viena IPPI avota dokumentos identificētie zināšanu struktūru elementi ir/nav identificēti otra IPPI avota dokumentos. Tādējādi uzņēmuma pārstāvis vai studiju programmas direktors var novērtēt, vai tas, ko uzņēmums pieprasa ir/nav apgūstams izvēlētās studiju programmasursos. 5.4. att. parādīts

fragments no iegūtajiem rezultātiem. Redzams, ka no studiju programmas nav nosegtas šādas «Accenture» darba sludinājumā «Java Architect» pieprasītās prasmes: mākoņskaitļošana (angl. *cloud computing*), programmēšanas valoda *Groovy* un programmēšanas valodas *Java* ietvars *Spring*. Savukārt darba devējs (t. i., «Accenture» uzņēmuma pārstāvis) var izmantot šos rezultātus, lai identificētu tālākizglītības iespējas vai, sadarbojoties ar attiecīgo kursu mācībspēkiem, pilnveidotu studiju programmas kursus.

A	
9	DEVOPS ENGINEER - CONFIGURATION SPECIALIST
10	FRONT - END DEVELOPER FOR MEDIA CLIENT
11	IOS DEVELOPER
12	JAVA ARCHITECT
13	Architectures
14	Cloud computing
15	(blank)
16	Design patterns
17	Functionality
18	Groovy
19	(blank)
20	Java
21	[C] Aspect-Oriented Programming
22	[C] Programming Language Java
23	Object-Oriented Programming
24	Technology of Large Databases
25	languages
26	Mathematical optimization
27	Other architectures
28	Procedures, functions and subroutines
29	Project staffing
30	responsiveness
31	Spring
32	(blank)

5.4. att. Fragments no paplašinātās analīzes rezultātiem — «Accenture» darba sludinājumu atbilstība RTU studiju programmas «Datorsistēmas» kursiem. Sarkani iezīmētie zināšanu struktūru elementi norāda, ka tie netiek mācīti studiju programmasursos

Ar *EduMON* nodrošinātajiem servisiem ir iespējams iegūt pārskatu par pastarpinātas IPPI avotu sasaistes rezultātiem, kā arī veikt šo rezultātu interpretēšanu, izmantojot šķērstabulu funkcionalitāti. Līdz ar to var secināt, ka *EduMON* portāla prototips atbalsta scenāriju, kura izpildes rezultātā tiek sekmēta ieinteresēto pušu mērķa M2 sasniegšana. Tātad, kopumā var secināt, ka izstrādātais *EduMON* portāla prototips atbalsta scenārijus ieinteresēto pušu mērķu M1 un M2 sasniegšanai, proti, atbilstošie scenāriju tipi ir definēti jau sistēmas projektējumā, veidojot konkrētos funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības modeļus, kā arī scenāriji tiek atbalstīti realizētajā sistēmas prototipā. Tādējādi tiek pierādīta arī promocijas darbā izvirzītā tēze T2.

REZULTĀTI UN SECINĀJUMI

Promocijas darbā ir pētīts ar izglītības jomu saistītas informācijas apstrādes process, kas paredzēts sistēmiskai izglītības pieprasījuma un piedāvājuma novērošanai. Šim nolūkam promocijas darbā ir izstrādāts izglītības pieprasījuma un piedāvājuma informācijas monitoringa sistēmas (VIPPIMON) modelis, kas apmierina IPPI monitoringā izvirzītās prasības, sekmējot ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanu. Sistēmiskas IPPI monitoringa problēmas risināšanai tika izstrādāts VIPPIMON modelis (arhitektūra), iekļaujot šādus apakšmodeļus: pamata servisu modeli, pamata servisu plūsmu modeli, sistēmas funkcionālās struktūras dažādības modeli un sistēmas uzvedības dažādības modeli. Lai nodrošinātu apakšmodeļu saskaņotību, tika izstrādātas metodes iezīmju modeļa izveidošanai (IMI) un mērķorientētai servisu kompozīcijai (MSK). VIPPIMON modeļa novērtēšanai ir izstrādātas divas modeļa realizācijas sistēmu prototipos, proti, *EduMON* portālā un *KIVIS* rīkā. VIPPIMON modelis ir piemērots IPPI monitoringa problēmas risināšanai, jo tas:

- nodrošina vispārēju ietvaru IPPI monitoringa sistēmas struktūrai un uzvedībai;
- nodrošina iespēju atspoguļot dažādību IPPI monitoringā gan sistēmas struktūrā, gan uzvedībā;
- nodrošina metodes vispārīgās un detalizētās arhitektūras skatu saskaņotībai;
- ir izmantojams konkrētu IPPI monitoringa sistēmu izstrādei;
- atbalsta scenārijus, kas sekmē IPPI monitoringa mērķu sasniegšanu.

Darba teorētiskie rezultāti

Darba izstrāde ir devusi teorētiskus rezultātus, kurus iespējams grupēt šādi:

- izstrādāts VIPPIMON modelis, kas ir reprezentēts kā divu līmeņu sistēmas arhitektūra un kas apmierina prasības pēc dažādu IPPI īpatnību apstrādes, vairāku ieinteresēto pušu iekļaušanas sistēmā, kā arī pēc dažādības informācijas apstrādes aktivitāšu realizācijas variantos (ar dažādām automatizācijas pakāpēm), sekmējot ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanu, proti, IPPI stāvokļa un IPPI atbilstības sistēmisku novērošanu:
 - izstrādāts iezīmju modeļa paplašinājums, lai atspoguļotu abstraktos un konkrētos servissus, kas ir raksturoti ar automatizācijas pakāpēm;
 - izstrādāts sistēmas arhitektūras skatu punkts un skats sistēmas funkcionālās struktūras dažādības atspoguļošanai, izmantojot paplašināto iezīmju modeli;
 - izstrādāta iezīmju modeļa izveides (IMI) metode, kas nodrošina VIPPIMON pamata servisu modeļa saskaņotību ar funkcionālās struktūras dažādības modeli (t. i., paplašināto iezīmju modeli);

- izstrādāts sistēmas arhitektūras skatu punkts un skats sistēmas uzvedības dažādības atspoguļošanai ar servisu plūsmām, kas iekļauj gan abstraktos, gan konkrētos servissus;
- izstrādāta mērķorientēta servisu kompozīcijas (MSK) metode, kas nodrošina VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības modeļa saskaņotību ar sistēmas uzvedības dažādības modeli;
- IPPI monitoringa jomai adaptētas un realizētas tiešās un pastarpinātās IPPI identificēšanas un IPPI avotu sasaistes metodes, kas sakņojas pastāvošajos IPPI avotu pārvaldības risinājumos;
- veikta literatūras analīze un iegūti sistematizēti apkopojumi:
 - dažādu monitoringa sistēmu uzbūves īpašību apkopojums;
 - izstrādāts monitoringa sistēmu uzbūves aprakstīšanas ietvars, kuru veido monitoringa sistēmu raksturojošie parametri;
 - servisu sistēmu iedalījumu apkopojums.

Darba praktiskie rezultāti

Darba izstrāde ļāvusi sasniegt šādus **praktiskos rezultātus**:

- implementēts *EduMON* portāla prototips, kas nodrošina:
 - ievades formas manuālu IPPI avotu dokumentu izgūšanas servisu darbības rezultātu saglabāšanai *EduMON* datu bāzē;
 - pastarpinātās IPPI identificēšanas servisu, izmantojot *Apache UIMA* teksta analīzes platformu;
 - tiešās IPPI identificēšanas un tiešās IPPI avotu dokumentu sasaistes servissus, izmantojot teksta indeksēšanas un meklēšanas programmatūras bibliotēku *Lucene*;
 - pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes servisu, izmantojot zināšanu struktūru elementu vektorus un *Cosine* līdzības mēru;
 - pastarpinātās IPPI identificēšanas un pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes rezultātu pārskata iegūšanas servissus rezultātu attēlošanai *EduMON* portāla lietotāja interfeisā, kā arī eksportēšanai uz *CSV* formāta failu;
 - tiešās IPPI avotu dokumentu sasaistes rezultātu pārskata iegūšanas servissus rezultātu attēlošanai *EduMON* portāla lietotāja interfeisā;
 - sistēmas lietotāju pārvaldību un sistēmā esošo IPPI avotu dokumentu pārvaldību;
- sadarbībā ar industrijas uzņēmumu SIA «*Lattelecom Technology*» (saistībā ar zinātnisko projektu N^o ZP-2009/15 «Kompetenču aprakstu automatizētas

normalizēšanas un sasaistes metodes un prototipa izstrāde») implementēts *KIVIS* rīka prototips, kas nodrošina:

- ievades formas manuālo IPPI avotu dokumentu izgūšanas, zināšanu struktūru izgūšanas un pastarpinātās IPPI identificēšanas servisu darbības rezultātu saglabāšanai *KIVIS* datu bāzē;
- pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes servisu, izmantojot zināšanu struktūru elementu vektorus;
- pastarpinātās IPPI identificēšanas un IPPI avotu dokumentu sasaistes rezultātu pārskata iegūšanas servisu rezultātu attēlošanai *KIVIS* rīka lietotāja interfeisā;
- lietotāju pārvaldību un IPPI avotu dokumentu pārvaldību;
- noteikta atbilstība starp dažādu IPPI avotu dokumentiem, proti, Rīgas Tehniskās universitātes bakalaura līmeņa studiju programmas «Datorsistēmas» kursiem un darba sludinājumiem no dažādiem uzņēmumiem informācijas tehnoloģijas jomā.

Turpmākos pētījumos risināmās problēmas

Promocijas darba teorētiskie un praktiskie rezultāti rada iespēju turpmākiem pētījumiem un praktiskām izstrādēm:

- izstrādāt rīka atbalstu iezīmju modeļa izveides IMI metodei un mērķorientētai servisu kompozīcijas MSK metodei;
- paplašināt izstrādāto *EduMON* pastarpinātās IPPI identificēšanas servisu ar automatizētiem teksta semantiskās nozīmes analīzes mehānismiem, tādējādi uzlabojot identificēšanas rezultātus;
- izstrādāt automātisku tīmekļa pārmeklēšanas servisu IPPI avotu dokumentu izgūšanai un integrēt to *EduMON* portālā;
- paplašināt pastarpinātās sasaistes servisu ar kvalitātes atribūtiem, piemēram, iespēju norādīt, kādas zināšanas, prasmes vai kompetences nozīmību attiecībā pret konkrētu sistēmā ieinteresēto pusi, kas nodrošinātu uz lietotāju orientētus sasaistes rezultātus;

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- [1] S. H. Rubin and S.-C. Chen, «The 2013 IEEE International conference on information reuse and integration: Forward,» in *2013 IEEE 14th International Conference on Information Reuse & Integration (IRI)*, 2013, pp. xii–xii.
- [2] R. Parasuraman, T. B. Sheridan, and C. D. Wickens, «A model for types and levels of human interaction with automation,» *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics. Part A, Systems and humans : a publication of the IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society*, vol. 30, no. 3, pp. 286–97, May 2000.
- [3] R. Patton and P. Patton, «What can be automated? What cannot be automated?,» in *Springer Handbook of Automation*, 2009, pp. 305–313.
- [4] A. Sasa, M. B. Juric, and M. Krisper, «Service-Oriented Framework for Human Task Support and Automation,» *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 4, no. 4, pp. 292–302, Nov. 2008.
- [5] F. Falcone, P. Sanchis, A. Lopez-Martin, M. P. Milagros, and A. Alejos, «The role of university-industry liaisons in achieving comprehensive curricula in engineering,» in *2014 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2014, pp. 519–522.
- [6] M. O. Ahmad, K. Liukkunen, and J. Markkula, «Student perceptions and attitudes towards the software factory as a learning environment,» in *2014 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2014, pp. 422–428.
- [7] P. Thompson and D. Surgeoner, «Bridging the gap: university to professional qualifications,» *Proceedings of the ICE - Management, Procurement and Law*, vol. 167, no. 4, pp. 189–200, Aug. 2014.
- [8] R. Strazdina and M. Kirikova, «Interaction model supporting collaboration between university and industry,» *EDULEARN09 Proceedings*, pp. 4879–4885, 2009.
- [9] P. Rudzajs and M. Kirikova, «IT Knowledge Requirements Identification In Organizational Networks: Cooperation Between Industrial Organizations And Universities,» in *Information Systems Development: Asian Experiences*, W. W. Song, S. Xu, C. Wan, Y. Zhong, W. Wojtkowski, G. Wojtkowski, and H. Linger, Eds. Springer New York, 2011, pp. 187–199.
- [10] B. Liu, *Web Data Mining*. 2011.
- [11] H. Jaakkola and B. Thalheim, «Architecture-Driven Modelling Methodologies,» in *Proceedings of the 2011 conference on Information Modelling and Knowledge Bases XXII.*, 2011, vol. XXII, pp. 97–116.
- [12] N. Rozanski and E. Woods, «Applying Viewpoints and Views to Software Architecture,» 2005.
- [13] A. Hevner, S. March, J. Park, and S. Ram, «Design science in information systems research,» *MIS quarterly*, no. 520, 2004.
- [14] S. T. S. March and G. F. G. Smith, «Design and natural science research on information technology,» *Decis. Support Syst.*, vol. 15, no. 4, pp. 251–266, 1995.
- [15] K. Peffers, T. Tuunanen, M. a. Rothenberger, and S. Chatterjee, «A Design Science Research Methodology for Information Systems Research,» *Journal of Management Information Systems*, vol. 24, no. 3, pp. 45–77, Dec. 2008.
- [16] R. J. Wieringa, *Design Science Methodology for Information Systems and Software Engineering*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014.
- [17] K. F. Vajargah and S. Jahani, «Application of ICT in University Curriculum Development,» in *2009 International Conference on Education Technology and Computer*, 2009, pp. 60–64.
- [18] E. G. S. Watson, P. J. Moloney, S. M. Toohey, C. S. Hughes, S. L. Mobbs, J. B. Leeper, and H. P. McNeil, «Development of eMed: a comprehensive, modular curriculum-

- management system.,» *Academic medicine : journal of the Association of American Medical Colleges*, vol. 82, no. 4, pp. 351–60, Apr. 2007.
- [19] J. E. Hoch and J. H. Dulebohn, «Shared leadership in enterprise resource planning and human resource management system implementation,» *Human Resource Management Review*, vol. 23, no. 1, pp. 114–125, Mar. 2013.
 - [20] D. Soergel, «The rise of ontologies or the reinvention of classification,» *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 50, no. 12, pp. 1119–1120, 1999.
 - [21] M. Asgrahani and V. Shankararaman, «Skills frameworks: A tool for reform in Information Technology higher education,» in *2014 9th International Conference on Computer Science & Education*, 2014, pp. 81–88.
 - [22] M. Vrang, A. Papantoniou, E. Pauwels, P. Fannes, D. Vandenstein, and J. De Smedt, «ESCO: Boosting Job Matching in Europe with Semantic,» *Computer*, vol. 47, no. 10, pp. 57–64, 2014.
 - [23] European Commission, «European Interoperability Framework (EIF) for European public services,» *COM (2010)*. pp. 1–40, 2010.
 - [24] P. Rudzajs and M. Kirikova, «Mediated competency comparison between job descriptions and university courses,» *Scientific journal of Riga Technical university, Applied Computer Systems*, vol. 47, pp. 48–56, 2011.
 - [25] P. Rudzajs, L. Penicina, M. Kirikova, and R. Strazdina, «Towards Narrowing a Conceptual Gap Between IT Industry and University,» *Scientific journal of Riga Technical university, Applied Computer Systems*, vol. 43, pp. 9–16, 2010.
 - [26] P. Rudzajs, M. Kirikova, R. Strazdina, and U. Sukovskis, «Learning outcomes in the mirror of qualification frameworks,» in *The 3rd International Conference: Institutional Strategic Quality Management – ISQM201*, 2011, pp. 247–254.
 - [27] P. Rudzajs, «Towards automated education demand-offer information monitoring: The Information Extraction,» in *Sixth International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS 2012)*, 2012, pp. 453–454.
 - [28] P. Rudzajs, «Towards Automated Education Demand-Offer Information Monitoring: the System's Architecture,» in *Lecture Notes in Business Information Processing (Workshops on Business Informatics Research)*, L. Niedrite, R. Strazdina, and B. Wangler, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2012, pp. 252–265.
 - [29] «Association for Computing Machinery (ACM) taxonomy,» 2012. [Online]. Available: <http://www.acm.org/about/class/2012>.
 - [30] H. Müller-Riedlhuber, «The european dictionary of skills and competences (DISCO): An example of usage scenarios for ontologie,» in *Proceedings of I-KNOW 2009 - 9th International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies and Proceedings of I-SEMANTICS 2009 – 5th International Conference on Semantic Systems*, 2009, pp. 467–479.
 - [31] European Committee For Standardization, «European e-Competence Framework 2.0,» 2010. [Online]. Available: <http://ecompetences.eu/>.
 - [32] Occupational Information Network, «Onet resource center.» [Online]. Available: <http://www.onetcenter.org/supplemental.html>.
 - [33] H. Cunningham, «Information Extraction , Automatic,» *Science*, vol. 5, no. November, pp. 1–22, 2004.
 - [34] D. FERRUCCI and A. LALLY, «UIMA: an architectural approach to unstructured information processing in the corporate research environment,» *Natural Language Engineering*, vol. 10, no. 3–4. pp. 327–348, 2004.
 - [35] H. Cunningham, «GATE, a general architecture for text engineering,» *Computers and the Humanities*, vol. 36, no. 2, pp. 223–254, 2002.

- [36] V. Janev, V. Mijović, and S. Vraneš, «Automatic Extraction of ICT Competences from Unstructured Sources,» in *ENTERprise Information Systems*, vol. 110, J. E. Quintela Varajão, M. M. Cruz-Cunha, G. D. Putnik, and A. Trigo, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 391–400.
- [37] Princeton University, «About WordNet,» 2010. [Online]. Available: <http://wordnet.princeton.edu>.
- [38] L. Carrizo, C. Sauvageot, and N. Bella, *Information tools for the preparation and monitoring of education plans*, no. 5. 2003.
- [39] D. Wagner, B. Day, and T. James, *Monitoring and evaluation of ICT in education projects. A handbook for developing countries*. Washington, DC: infoDev / World Bank, 2005.
- [40] F. Rodrigues and P. Oliveira, «A system for formative assessment and monitoring of students' progress,» *Computers & Education*, vol. 76, pp. 30–41, Jul. 2014.
- [41] F. Li, K. Huang, B. Yang, H. Wang, Z. Dai, and H. Ma, «Research on SOA-Based Education Resource Service System,» *2008 Second International Conference on Genetic and Evolutionary Computing*, pp. 427–430, Sep. 2008.
- [42] Y. Schikhof, I. Mulder, and S. Choenni, «Who will watch (over) me? Humane monitoring in dementia care,» *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 68, no. 6, pp. 410–422, Jun. 2010.
- [43] P. Phillips and D. Diston, «A knowledge driven approach to aerospace condition monitoring,» *Knowledge-Based Systems*, vol. 24, no. 6, pp. 915–927, Aug. 2011.
- [44] B. Krishnamurthy, «A Top Down Approach to Enterprise Monitoring Using Change Point Detection,» *2012 Annual SRII Global Conference*, pp. 859–862, Jul. 2012.
- [45] M. Kaschesky, P. Sobkowicz, J. M. Hernandez Lobato, G. Bouchard, C. Archambeau, N. Scharioth, R. Manchin, A. Gschwend, and R. Riedl, «Bringing Representativeness into Social Media Monitoring and Analysis,» *2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 2003–2012, Jan. 2013.
- [46] F. Johansson, J. Brynielsson, and M. N. Quijano, «Estimating Citizen Alertness in Crises Using Social Media Monitoring and Analysis,» *2012 European Intelligence and Security Informatics Conference*, pp. 189–196, Aug. 2012.
- [47] B. Kang, D. Kim, and S.-H. Kang, «Real-time business process monitoring method for prediction of abnormal termination using KNNI-based LOF prediction,» *Expert Systems with Applications*, vol. 39, no. 5, pp. 6061–6068, Apr. 2012.
- [48] P. Rudzajs, M. Kirikova, and R. Strazdina, «Capabilities and Challenges of Contemporary Service Based Monitoring Systems,» in *Lecture Notes in Business Information Processing (Perspectives in Business Informatics Research)*, vol. 158, A. Kobylński and A. Sobczak, Eds. Warsaw, Poland: Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 278–289.
- [49] A. Avotiņš, «Monitoringa sistēmu lietojums mēdiju monitoringā (bakalaura darbs),» Rīgas Tehniskā universitāte, 2014.
- [50] T. Erl, *SOA Principles of Service Design*. Prentice Hall PTR, 2008.
- [51] J. Spohrer, P. Maglio, J. Bailey, and D. Gruhl, «Steps Toward a Science of Service Systems,» *Computer*, no. January, pp. 71–77, 2007.
- [52] S. Alter, «Viewing systems as services: a fresh approach in the IS field,» *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 26, no. 11, pp. 195–224, 2010.
- [53] J. Spohrer, H. Demirkan, and V. Krishna, «Service and Science,» in *The Science of Service Systems*, H. Demirkan, J. C. Spohrer, and V. Krishna, Eds. Boston, MA: Springer US, 2011.
- [54] C. Ba, U. Costa, M. Halfeld-ferrari, M. a Musicante, V. Peralta, and S. Robert, «Preference-Driven Refinement of Service Compositions *,» pp. 268–275, 2013.

- [55] M. Galster, D. Weyns, D. Tofan, B. Michalik, and P. Avgeriou, «Variability in Software Systems – A Systematic Literature Review,» *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2014.
- [56] T. Nguyen, A. Colman, M. Talib, and J. Han, «Managing service variability: state of the art and open issues,» in *Proceedings of the 5th Workshop on Variability Modeling of Software-Intensive Systems*, 2011, pp. 165–173.
- [57] K. C. Kang and H. Lee, «Variability Modeling,» in *Systems and Software Variability Management: Concepts, Tools and Experiences*, R. Capilla, J. Bosch, and K.-C. Kang, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 25–43.
- [58] M. Galster, P. Avgeriou, T. Männistö, and D. Weyns, «Variability in Software Architecture – State of the Art,» *Journal of Systems and Software*, Feb. 2014.
- [59] J. van Gurp, J. Bosch, and M. Svahnberg, «On the notion of variability in software product lines,» in *Proceedings of the Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture*, 2001, pp. 45–54.
- [60] M. Svahnberg, J. van Gurp, and J. Bosch, «A Taxonomy of Variability Realization Techniques: Research Articles,» *Softw. Pract. Exper.*, vol. 35, no. 8, pp. 705–754, 2005.
- [61] J. Ralyté, A. Khadraoui, and M. Léonard, «From Information Systems to Information Services Systems: Designing the Transformation,» in *The Practice of Enterprise Modeling SE - 6*, vol. 165, J. Grabis, M. Kirikova, J. Zdravkovic, and J. Stirna, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 69–84.
- [62] K. C. Kang, S. G. Cohen, J. A. Hess, W. E. Novak, and A. S. Peterson, «Feature-oriented domain analysis (FODA) feasibility study,» 1990.
- [63] P. Sochos, M. Riebisch, and I. Philippow, «The feature-architecture mapping (FARm) method for feature-oriented development of software product lines,» in *13th Annual IEEE International Symposium and Workshop on Engineering of Computer-Based Systems (ECBS'06)*, 2006, p. 9 pp. 318.
- [64] K. Petersen, N. Bramsiepe, and K. Pohl, «Applying Variability Modeling Concepts to Support Decision Making for Service Composition,» in *Service-Oriented Computing: Consequences for Engineering Requirements, 2006. SOCCER '06*, 2006, p. 1.
- [65] B. Tekinerdogan and H. Sözer, «Variability viewpoint for introducing variability in software architecture viewpoints,» *Proceedings of the WICSA/ECSA 2012 Companion Volume on - WICSA/ECSA '12*, p. 163, 2012.
- [66] P. Rudzajs and M. Kirikova, «Enhancing Knowledge Flow by Mediated Mapping Between Conceptual Structures,» in *Third International Conference on Information, Process, and Knowledge Management*, 2011, pp. 36–41.
- [67] R. Strazdina, M. Kirikova, L. Penicina, and P. Rudzajs, «Knowledge Requirements Monitoring System: Advantages for Industry and University,» in *2010 Second International Conference on Information, Process, and Knowledge Management*, 2010, pp. 120–125.
- [68] P. Rudzajs, M. Kirikova, and R. Strazdina, «Configurative Alignment of Business and Application Services: A Work Systems Perspective,» in *Lecture Notes in Business Information Processing (Business Information Systems)*, Poznan, Poland: Springer Berlin / Heidelberg, 2013, pp. 100–111.
- [69] M. Kirikova and P. Rudzajs, «Multimode Information Logistics for Conceptual Correspondence Monitoring,» in *5th Workshop on Information Logistics and Knowledge Supply (held in conjunction with BIR2012)*, 2012, pp. 31–42.
- [70] P. Rudzajs and M. Kirikova, «Multimode Information Logistics in Conceptual Correspondence Monitoring,» *Complex Systems Informatics and Modeling Quarterly (CSIMQ)*, vol. 1, no. 1, pp. 57–73, 2014.

- [71] P. Rudzajs and M. Kirikova, «Variability Handling in Multi-Mode Service Composition,» in *Proceedings of 2nd International Conference on the Human Side of Service Engineering*, 2014, pp. 1–10.
- [72] P. Rudzajs and M. Kirikova, «Service Functioning Mode in Variability Model,» in *Lecture Notes in Business Information Processing (Advanced Information Systems Engineering Workshops)*, vol. 178, L. Iliadis, M. Papazoglou, and K. Pohl, Eds. Thessaloniki, Greece: Springer International Publishing, 2014, pp. 124–135.
- [73] P. Rudzājs, «Problēmspecifisku datu izgūšana no dokumentiem, izmantojot dažādas zināšanu struktūras (Valsts pētījumu programmas projekta uzdevuma atskaite),» 2012.
- [74] C. Rolland, M. Kirsch-Pinheiro, and C. Souveyet, «An intentional approach to service engineering,» *IEEE Transactions on Service Computing*, vol. 3, no. 4, pp. 292–305, 2010.
- [75] M. Tanenblatt, A. Coden, and I. Sominsky, «The conceptmapper approach to named entity recognition,» in *LREC Conference, Malta*, 2010, pp. 546–551.
- [76] A. Bialecki, R. Muri, and G. Ingersoll, «Apache Lucene 4,» in *Proceedings of the SIGIR 2012 Workshop on Open Source Information Retrieval*, 2012, pp. 17–24.
- [77] A. Huang, «Similarity Measures for Text Document Clustering,» no. April, 2008.
- [78] M. Wiczorek, D. Vos, and H. Bons, «Systems and Software Quality,» *New York*, pp. 97–126, 2014.